



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MACERATA

DIPARTIMENTO DI GIURISPRUDENZA

Dottorato di Ricerca in Scienze Giuridiche

(ciclo XXX)

**Le metodologie di stima dell'età in ambito forense:
il contributo dell'AgEstimation Project**

Relatore:

Dott. Roberto Cameriere

Candidato:

Dott.ssa Fiorella Bestetti

Coordinatore:

Chiar.mo Prof. Mariano Cingolani

Anno 2018

SOMMARIO

SCOPO DELLA RICERCA	4
INTRODUZIONE	9
CAPITOLO 1: IL QUADRO GENERALE ED ALCUNI CONCETTI FONDAMENTALI	20
UN PO' DI STORIA	20
DIVERSE ETÀ	22
LE IMMIGRAZIONI E I MINORI NON ACCOMPAGNATI IN EUROPA	24
ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLE METODOLOGIE	26
CARATTERISTICHE DEI METODI, VALIDITÀ E LIMITI	26
ATLANTI, "SCORE SYSTEM", METODI QUALITATIVI E METODI QUANTITATIVI	28
QUESTIONE ETICA	29
CAPITOLO 2: METODI DI STIMA DELL'ETÀ NEI SOGGETTI IN CRESCITA	34
PREMESSA METODOLOGICA	34
METODOLOGIE IN USO PER LA VALUTAZIONE DELL'ETÀ SCHELETRICA NEI SOGGETTI IN CRESCITA	39
VALUTAZIONE DELL'ETÀ DENTARIA NEI SOGGETTI IN CRESCITA	46
POSSIBILI SVILUPPI FUTURI	50
CAPITOLO 3: LA STIMA DELL'ETÀ E L'AMBITO GIURIDICO	51
LA STIMA DELL'ETÀ NELL'IDENTIFICAZIONE PERSONALE	51
IL DIALOGO TRA IL MONDO GIURIDICO E LE SCIENZE BIOLOGICHE	52
ALCUNI CONCETTI STATISTICI E LA LORO FUNZIONE RISPETTO ALLA SCELTA DELLA METODOLOGIA	55
LA TUTELA DEI MINORI NON ACCOMPAGNATI	60
ALCUNI PRINCIPI INTERNAZIONALI	61
I PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI IN ITALIA E LE PRASSI DI ATTUAZIONE DELL'ACCERTAMENTO	65
LA PRATICA DELL'ACCERTAMENTO NEI PAESI EUROPEI	69

CAPITOLO 4: LA STIMA DELL'ETÀ NEGLI ADULTI	75
ALCUNE PREMESSE	75
INDICATORI SCHELETRICI DELL'ETÀ ADULTA	78
LA SINFISI PUBICA	78
SUPERFICIE AURICOLARE DELL'ILEO	80
LE SUTURE CRANICHE	81
L'ESTREMITÀ STERNALE DELLE COSTE	83
CRITERI DENTARI PER LA STIMA DELL'ETÀ NEGLI ADULTI	84
ALCUNI METODI BASATI SUI DENTI: GUSTAFSON E LAMENDIN	88
IL FENOMENO DELL'APPOSIZIONE DELLA DENTINA SECONDARIA	91
DIVERSI APPROCCI, ANALISI MULTIFATTORIALE E COMBINAZIONE DI METODI	94
CAPITOLO 5: PRESENTAZIONE DEL "METODO CAMERIERE"	98
1-CAMERIERE'S METHOD-: L'AREA DEL CARPO E DELLE OSSA CARPALI	102
2-CAMERIERE'S METHOD-: L'INDICE DEL TERZO MOLARE E L'UTILIZZO DEL CUT-OFF	106
3-CAMERIERE'S METHOD-: LA RIDUZIONE DELLA CAVITÀ PULPARE NELL'ETÀ ADULTA	112
CAPITOLO 6: APPLICAZIONI PRATICHE	125
I) RADIOGRAFIE DELLA MANO DELLA COLLEZIONE BURLINGTON	126
L'AAOF ED IL PROGETTO "LONGINAL STUDIES OF GROWTH"	127
ALCUNE QUESTIONI PRELIMINARI: LA DEFINIZIONE DELL'AREA DEL CARPO E DELLE OSSA CARPALI	129
IL CAMPIONE ANALIZZATO	131
II) L'INDICE DEL TERZO MOLARE IN DUE CAMPIONI STRANIERI	132
IIA) CAMPIONE DELLA COLOMBIA: MATERIALI E SCOPI DELL'INDAGINE	132
IIB) CAMPIONE DEL CILE: MATERIALI E SCOPI DELL'INDAGINE	134
III) LA RIDUZIONE DELLA CAVITÀ PULPARE E L'APPLICAZIONE AD UNA COLLEZIONE DI ETÀ NOTA	138
CAPITOLO 7: RISULTATI, CONSIDERAZIONI E DISCUSSIONE	144
VALUTAZIONE CRITICA DELLE METODOLOGIE APPLICATE	144
I) IL METODO DELL'AREA DEL CARPO E DELLE OSSA CARPALI	144

II) IL METODO DELL'INDICE DEL TERZO MOLARE	148
RISULTATI RELATIVI AL CAMPIONE DELLA COLOMBIA	149
RISULTATI RELATIVI AL CAMPIONE DEL CILE	151
CONSIDERAZIONI RIGUARDO AI RISULTATI OTTENUTI SU CILE E COLOMBIA	152
III) IL METODO BASATO SULL'APPOSIZIONE DELLA DENTINA SECONDARIA	155
DISCUSSIONE	158
CONCLUSIONI	163
<hr/>	
BIBLIOGRAFIA	166
<hr/>	
ALLEGATI	186
<hr/>	
ALLEGATO 1	187
ALLEGATO 2	188

SCOPO DELLA RICERCA

In medicina legale la stima dell'età su cadaveri o resti scheletrici ha una lunga storia, tuttavia nelle ultime decadi si è affermata una particolare applicazione di questo specifico tema di ricerca. Con l'incremento delle ondate migratorie infatti, c'è stato un aumento di richieste di stima dell'età su soggetti viventi; questo specifico campo di indagine attualmente riveste un'importanza sempre più crescente, perché crescente è, nella nostra società, il numero di soggetti privi di documenti coinvolti in procedimenti amministrativi o penali.

L'esistenza nelle leggi di limiti di età per la tutela dei soggetti o per l'adempimento di obblighi determina la necessità di conoscere l'età anagrafica dei soggetti, mentre nelle società del passato l'età era prevalentemente una questione biologica relativa alle capacità sviluppate da un soggetto: la capacità di lavorare, la capacità di riprodursi etc...

Distinguere tra un soggetto adolescente di quattordici anni e uno di diciannove anni non ha alcun significato biologico, se non quello di verificare che il soggetto stia crescendo secondo i normali *range* di sviluppo fisico. Tuttavia dal punto di vista della legge, i due soggetti si trovano in posizioni diametralmente opposte: da una parte l'individuo di quattordici anni è un minore e come tale viene trattato, protetto e tutelato dalla legge, dall'altra invece, il diciannovenne è un soggetto adulto e la legge lo riconosce come tale.

L'età cronologica di un soggetto resta però un dato anagrafico: per stabilirla occorre conoscere la data di nascita dell'individuo.

Dal un punto di vista biologico però si può cercare di determinare quanto sia "vecchio" un soggetto, ma non è detto che le informazioni recuperate in tal senso dall'analisi dell'individuo, corrispondano esattamente agli anni reali vissuti dalla persona. Gli elementi anatomici utilizzabili a tal fine sono definiti indicatori biologici o fisiologici d'età. Per verificare il corretto sviluppo di un adolescente in campo medico vengono presi in considerazione degli indicatori di età scheletrica e vengono utilizzati alcuni metodi che sono stati sviluppati proprio per valutare la differenza tra età cronologica ed età biologica in diverse condizioni auxologiche; tali metodologie possono servire anche per stimare il potenziale di crescita residuo o per la diagnosi e il monitoraggio di malattie croniche.

Gli indicatori dell'età scheletrica sono indici affidabili in uso nella medicina clinica come l'endocrinologia, l'ortopedia, la pediatria e l'odontoiatria clinica, ma rivestono una

grande importanza anche nelle applicazioni medico-legali, perché sono utilizzati per stimare l'età cronologica dei soggetti.

Nell'ambito dell'AgEstimation Project dell'Università di Macerata, coordinato dal Dott. Cameriere, negli ultimi dieci anni sono state sviluppate delle metodologie di stima dell'età che sono state oggetto di numerose pubblicazioni su riviste internazionali accreditate nell'ambito della medicina legale e delle scienze forensi.

Si tratta di tecniche di misurazione di immagini radiografiche, basate sull'esame di distretti o indicatori scheletrici tradizionalmente indagati ai fini della stima dell'età: la cavità orale (per verificare lo sviluppo e la mineralizzazione dei denti), il distretto polso-mano, l'area del ginocchio, l'estremità mediale della clavicola e le vertebre cervicali.

Le metodologie sono accomunate dalla denominazione "Cameriere's method", ma ciascuna si basa su un indicatore diverso che risulta determinante per l'analisi di soggetti di specifiche classi d'età: la mineralizzazione dei denti e lo sviluppo delle ossa del palmo della mano nei bambini/adolescenti e la riduzione della cavità pulpare nei denti degli adulti.

Negli anni, queste tecniche sono state oggetto di studi e applicazioni su svariati campioni, relativi a soggetti che vivono in diverse aree geografiche. Lo studio di campioni di gruppi etnici differenti è finalizzato all'acquisizione dei dati, in modo che nel caso di accertamento dell'età su un soggetto proveniente da una specifica area geografica, possano essere disponibili informazioni utilizzabili come confronto, che definiscano l'affidabilità e la precisione della metodologia nella specifica applicazione a quel gruppo umano.

Questa ricerca di dottorato è stata svolta in due principali direzioni: una più teorica e l'altra prettamente più pratica.

In una prima parte sono state affrontate alcune questioni chiave relative ai concetti che stanno alla base del tema di ricerca, necessarie per la ricostruzione del quadro generale e per riassumere lo "stato dell'arte" della stima dell'età, che ormai da diversi anni è una questione dibattuta sia a livello nazionale che internazionale. Per questo motivo sono stati effettuati approfondimenti su diverse tematiche quali:

- lo sviluppo storico di alcuni concetti; quando è nata la necessità di stimare l'età e come si è poi sviluppata, quali sono stati i primi approcci alla problematica ed i primi indicatori utilizzati (CAP. 1);
- le definizioni di età cronologica e di età biologica di un soggetto (CAP. 1);
- quali sono i limiti di applicazione delle metodologie stesse, i differenti approcci sia alle tecniche che alle problematiche; i criteri per il riconoscimento e la convalida dei metodi (CAP. 1);
- le metodologie utilizzabili per la stima dell'età dei soggetti in crescita (CAP. 2);
- il dialogo tra le scienze biologiche ed il mondo forense (CAP. 3);
- i diritti dei minori non accompagnati in Europa (CAP. 3);
- l'accertamento dei minori nei paesi europei (CAP. 3);
- la stima dell'età nei soggetti adulti, i principali indicatori d'età biologica dell'età adulta, le metodologie più comuni e le problematiche connesse alle diverse tecniche (CAP. 4).

La seconda parte di questa ricerca invece, ha previsto l'applicazione pratica di alcune delle metodologie del "Cameriere's method" allo studio di specifici campioni. Si tratta di campioni di radiografie relativi a soggetti di età nota, pertanto attraverso questi studi è stato possibile valutare la discrepanza tra la stima dell'età ottenuta con queste tecniche e l'età reale dei soggetti. La differenza tra i due valori dell'età permette di valutare la precisione e l'affidabilità delle tecniche.

Per la realizzazione di questa parte di ricerca è stato necessario apprendere le metodologie, riorganizzare i dati di ciascun campione ed effettuare le misurazioni delle radiografie secondo le indicazioni fornite per ciascuna tecnica.

Gli argomenti relativi a questa seconda parte del lavoro sono:

- le principali tecniche elaborate dal Dott. Cameriere, le caratteristiche di ciascuna e le eventuali modifiche che sono state elaborate negli anni. Nello specifico le tecniche impiegate in questa ricerca sono state: il metodo dell'area del palmo e delle ossa carpali (utilizzato per lo studio delle radiografie della mano di bambini e adolescenti), il metodo dell'indice del terzo molare (utilizzato per riconoscere i soggetti che hanno compiuto diciotto anni) e il metodo della riduzione della cavità pulpare (utilizzato per stimare l'età negli adulti) (CAP. 5);

- riorganizzazione dei dati relativi ai diversi studi effettuati, analisi delle caratteristiche specifiche di ciascun campione e scopo dell'indagine condotta (CAP. 6);
- discussione sulle problematiche riscontrate nell'applicazione delle metodologie e presentazione dei risultati ottenuti (CAP. 7);
- verifica dei risultati e confronti (CAP. 7);
- conclusioni.

I PARTE

INTRODUZIONE

Ad un'analisi preliminare la ricerca riguardante il tema della stima dell'età potrebbe apparire un argomento piuttosto limitato e gli ambiti ad esso collegati potrebbero sembrare pochi, tuttavia il panorama delle discipline che gravitano intorno al concetto e alla stima dell'età è notevolmente più vasto di quanto si possa pensare.

Ai fini identificativi la stima dell'età su cadaveri e su scheletri in medicina legale ha una lunga tradizione, mentre l'applicazione su soggetti viventi costituisce un'area di indagine recente, che sta diventando sempre più importante. Nel vivente infatti, la stima dell'età può ad esempio essere rilevante per stabilire lo *status* di un individuo minore, nei casi di responsabilità penale, di richieste di asilo, di pedopornografia o di adozione.

Per la prima volta l'identificazione dell'età è diventata un'esigenza concreta con la rivoluzione industriale; in quel periodo infatti si sviluppò la necessità di conoscere l'età dei bambini per regolamentarne l'accesso al lavoro nelle fabbriche; tuttavia è con l'impulso dello sviluppo scientifico, da un lato, e con la tutela dei diritti umani dall'altro, che si è trasformato radicalmente l'approccio alla ricerca in questo specifico settore.

Nella nostra società il dato dell'età è fondamentale: l'accesso al mondo della scuola e a quello del lavoro è regolamentato dall'età: bisogna avere 18 anni per poter votare e per poter conseguire la patente di guida; questi sono solo alcuni esempi, ma molti sono i campi disciplinati in base all'età del soggetto.

Nel mondo giuridico per poter essere riconosciuti come adulti i soggetti devono aver compiuto, in Italia, 18 anni; è così anche per molti altri paesi europei, ma nel mondo la situazione non è omogenea.

La problematica principale relativa a questo ambito di indagine è la divergenza -che può essere più o meno marcata- tra l'età anagrafica di un soggetto e la sua età biologica, cioè gli anni che gli possono essere attribuiti applicando delle metodologie, che possono analizzarlo solo dal punto di vista biologico. Il dato che si ottiene dall'applicazione dei metodi è un'informazione relativa al grado di maturità/invecchiamento del soggetto.

Esistono diversi distretti scheletrici che possono essere utilizzati per stabilire l'età di un soggetto; si tratta di elementi che si modificano proprio in relazione al trascorrere del tempo; per questo motivo queste regioni anatomiche vengono definite "indicatori d'età". Il dato che permettono di stabilire è l'età biologica del soggetto, che come vedremo, è

sicuramente relazionata alla sua età cronologica, ma risulta influenzata anche da altri fattori.

Per accertare l'età di un soggetto non ancora adulto si prendono in considerazione: lo sviluppo dei caratteri sessuali, dei denti e delle ossa.

C'è una stretta correlazione tra gli indicatori d'età biologica e l'età reale del soggetto, solo che questa correlazione non è lineare.

L'esempio classico che si può fare per spiegare in maniera semplice questa discrepanza è quello relativo a due persone della stessa età: il primo soggetto si presenta in ottimo stato fisico, ha sempre vissuto in condizioni favorevoli, non ha mai avuto grossi problemi di salute e non ha praticato un lavoro fisicamente impegnativo; il secondo invece, ha sofferto di problemi di salute, pratica un lavoro logorante ed ha vissuto in condizioni non ottimali. Entrambi i soggetti hanno un'età di quarant'anni, ma tra i due sarà evidente un divario nell'età che potrà essere loro attribuita in base al loro aspetto: il primo individuo molto probabilmente sembrerà più giovane e dimostrerà quattro o cinque anni di meno, mentre il secondo apparirà più provato e sembrerà quindi più vecchio; probabilmente dimostrerà quarantacinque o quarantasei anni, forse di più.

Lo stesso tipo di considerazioni può essere effettuato anche sui soggetti in crescita: basti pensare alle volte in cui un bambino sembra più grande (o più piccolo) della sua età reale. Talvolta queste osservazioni si basano sull'aspetto fisico del bambino ("è molto più alto dei bambini della sua età") altre sullo sviluppo mentale ("è più maturo").

Due soggetti possono essere confrontati quindi sulla base ad uno o più aspetti: il soggetto A risulta più maturo del soggetto B se per quell'aspetto mostra uno stadio più avanzato. Se il soggetto A mostra uno stadio avanzato rispetto al soggetto B per un particolare aspetto, molto probabilmente lo farà anche per gli altri.

Nella specie umana la maturazione scheletrica comincia in età fetale e si conclude all'incirca dopo vent'anni; Il processo di maturazione progredisce con l'avanzare degli anni del soggetto, ma il ritmo varia da un individuo all'altro. Analizzando un gruppo di ragazzini di età compresa tra gli undici e i quattordici anni la differenza tra le manifestazioni fisiche dell'età biologica è abbastanza evidente: all'interno del gruppo si possono trovare individui con proporzioni corporee del tutto infantili, sia anche individui quasi completamente sviluppati come adulti.

Nel caso di soggetti non ancora adulti però, un elemento determinante da tenere in considerazione è il sesso dell'individuo, perché è risaputo che lo sviluppo femminile è mediamente anticipato di circa due anni rispetto a quello maschile.

Il principale problema legato alle metodologie di stima dell'età è quindi l'impossibilità di determinare l'età anagrafica di un soggetto, che può essere definita solo conoscendo la sua esatta data di nascita. Possiamo cercare di avvicinarci il più possibile a questo dato, ma gli elementi che abbiamo a disposizione non possono fornire certezze. Il problema relativo alla stima dell'età non è quindi semplicemente un problema di tipo tecnico.

Ad un'età cronologica possono corrispondere svariate età biologiche e soggetti che presentano la stessa età biologica possono in realtà avere età cronologiche differenti.

Purtroppo attraverso le metodologie è possibile definire soltanto l'età biologica del soggetto e questo dato viene utilizzato per desumere la sua età anagrafica.

I soggetti sono caratterizzati da una variabilità individuale che le metodologie a fatica riescono a registrare; le diverse condizioni ambientali, sommate al patrimonio genetico ed alle abitudini di vita di ciascuno, confluiscono nelle risposte sviluppate dal singolo individuo.

Diversi sono gli indicatori scheletrici che possono essere utilizzati per determinare l'età biologica; l'ideale sarebbe utilizzare indicatori che subiscono solamente in minima parte l'influenza dei fattori esterni, ma non è sempre possibile farlo: ciascun caso è un caso a parte e non tutti gli indicatori sono sempre disponibili.

Esiste una sostanziale differenza tra gli indicatori che possono essere valutati per accertare l'età di un soggetto in fase evolutiva da quelli utilizzati per un adulto: negli adulti gli indicatori sono in numero inferiore e sono meno precisi di quelli che possono essere invece utilizzati per i subadulti.

Attraverso le metodologie è quindi possibile arrivare a determinare l'età di un soggetto, senza però conoscerne realmente il margine d'errore: l'età può essere sovrastimata, sottostimata oppure precisa, ma la metodologia non è in grado di definire l'errore di stima in maniera puntuale. L'unica possibilità è effettuare studi specifici per fare in modo che si possa conoscere, almeno in via teorica, l'errore interno a ciascun metodo. Questi studi consistono nell'applicazione delle tecniche a campioni di sesso e di età nota: dopo aver analizzato il campione con la metodologia si verifica l'errore esistente tra l'età stimata e quella reale.

Questo tipo di studi non risolve il problema, ma permette di comprendere quanto possano essere differenti i dati stimati da quelli reali; questo porta logicamente alla discussione sulla necessità di dati statistici specifici per le diverse popolazioni. Nella pratica resta comunque il problema dell'impossibilità di controllare la variabilità umana se non è nota l'età anagrafica dei soggetti.

Nelle ultime decadi c'è stato un aumento nella richiesta di tecniche di stima dell'età sempre più precise, che è dovuto principalmente a due motivazioni: da una parte il crescente numero di cadaveri o di resti umani non identificati, dall'altro l'incremento esponenziale del numero di persone prive di un documento di identità valido.

Non sono facilmente reperibili statistiche relative al numero di soggetti non identificati nella comunità europea: a novembre del 1998 le autorità della Germania contavano 1214 cadaveri non identificati e 6076 persone scomparse. Non esistono dati in merito riguardanti l'Italia, ma dal 1995 la città di Milano ha registrato 91 casi di cadaveri o resti umani non identificati (Ritz-Timme *et al.* 2000).

Per quanto possa sembrare strano, la mancanza di identificazione di un cadavere comporta gravi conseguenze, non solo a carattere etico ed amministrativo, ma soprattutto legale. Non si deve infatti dimenticare che la morte di una persona ha forti ripercussioni sullo stato giuridico dei familiari, per questioni legate all'eredità ed alla successione, ma ha anche ripercussioni connesse alla potestà genitoriale. Ad esempio, i figli minori di migranti scomparsi nelle ormai tristemente note tragedie del mare non possono essere ricongiunti con i familiari (zii, nonni...) già presenti sul suolo europeo, fino al riconoscimento dell'avvenuto decesso dei genitori.

Nel caso di soggetti in vita privi di documenti validi, l'accertamento dell'età può permettere di chiarire questioni legali legate all'imputabilità, o anche al diritto alla pensione; tuttavia le richieste di verifica dell'età sono prevalentemente connesse ai migranti e alle richieste di asilo.

Secondo l'Alto Commissariato delle Nazioni Unite per i rifugiati (UNHCR) quasi la metà delle persone sfollate forzatamente dalle loro case sono bambini, che rappresentano un gruppo particolarmente esposto al rischio di abusi, sfruttamenti, violenza o reclutamento militare forzato. Per questo motivo sono stati introdotti principi di protezione internazionali e nazionali a tutela di queste possibili vittime vulnerabili.

I bambini di bassa estrazione socioeconomica sono maggiormente esposti al rischio di divenire oggetto di vendita o di tratta di esseri umani; possono essere impiegati in risposta alla domanda di lavoro a basso costo, possono essere obbligati a svolgere attività criminali o essere coinvolti nel giro della prostituzione e delle adozioni clandestine. Esistono quindi varie motivazioni per la tratta di esseri umani, tra cui: lo sfruttamento sessuale, il lavoro o l'attività militare forzata, l'accattonaggio e il traffico di organi; in molti paesi, come ad esempio la Turchia, esiste anche il problema delle "spose bambine". Le vittime di questi abusi di solito provengono da regioni come l'Asia meridionale e orientale, l'Europa centrale, l'Africa subsahariana e il Sud America. È anche noto che la tratta di esseri umani avviene in paesi più sviluppati, tra cui l'America del Nord e nell'Europa occidentale e centrale.

Notizie riguardanti la vendita all'asta degli immigrati sono purtroppo state portate alla ribalta dalla cronaca proprio in questi ultimi tempi; si tratta di un fenomeno molto più diffuso di quanto si possa credere, che arriva ed avviene alle porte della nostra società.

I richiedenti asilo e i bambini lasciati da famiglie in cerca di asilo sono particolarmente esposti alla tratta di esseri umani.

La legislazione italiana è particolarmente attenta alla tutela dei minori non accompagnati che non possono essere oggetto di espulsione o trattenimento amministrativo.

L'errata identificazione dell'età di un soggetto può avere quindi gravi ripercussioni sulla vita di un minore migrante: se riconosciuto come tale il soggetto ha il diritto di rimanere, mentre se dovesse essere erroneamente identificato come maggiorenne la procedura prevede il rimpatrio; verrebbero così lesi i diritti del soggetto e la mancata protezione lo esporrebbe a gravi pericoli. La separazione del minore dalla sua famiglia è una delle gravi conseguenze che possono verificarsi qualora un soggetto venga erroneamente ritenuto adulto.

Un'altra categoria di soggetti che è necessario identificare e tutelare sono i giovani che non hanno compiuto ancora 18 anni. In molti paesi infatti i soggetti non ancora adulti sono ritenuti consapevoli delle loro azioni, ma non hanno la piena responsabilità penale di un adulto; nei casi di colpa, vengono comunque giudicati da un tribunale dei minori. Gli individui in questa fascia di età sono sottoposti a riabilitazione piuttosto che a punizione e vengono perciò tenuti separati dagli adulti.

Questa segregazione è giustificata al fine di limitare l'esposizione dei giovani ai comportamenti, alla mentalità e all'influenza dell'adulto, ma è anche finalizzata a proteggerli dalle violenze sessuali e fisiche che gli adulti potrebbero infliggere loro.

Da un punto di vista umanitario la detenzione di un minore è una preoccupazione seria e reale, poiché gli adolescenti sono particolarmente vulnerabili al disagio mentale ed emotivo.

Nel 2008 in Italia il numero dei minori non accompagnati era di 7797; di questi 1797 risultavano non identificati (EMN 2010, p.15). La situazione più critica è stata registrata a Lampedusa dove arrivarono 2372 minori, 1948 dei quali non accompagnati; l'incremento rispetto al 2007 è stato notevole visto che in quell'occasione erano stati conteggiati "solo" 1700 minori non accompagnati.

Un paese che nel 2008 ha registrato un notevole incremento dei minori non accompagnati è stata la Finlandia dove si è passati dai 165 minori del 2007, ai 706 del 2008, con un incremento del 330%.

Secondo dati più recenti, forniti dal Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, nel luglio 2013, i minori non accompagnati non richiedenti asilo segnalati in Italia erano 7402¹. A fronte di una prevalente presenza di minori non accompagnati di età compresa tra i 16 e i 17 anni², l'accertamento dell'età risulta fondamentale per garantire l'effettivo esercizio dei diritti di cui sono titolari.

Il riconoscimento della minore età di migranti e richiedenti asilo può costituire un problema per le autorità ed i servizi preposti all'identificazione. Molti minori non accompagnati giungono in Europa senza documenti, che possono essere stati abbandonati o persi nel corso del viaggio o rimasti in possesso di genitori o di adulti dai quali, per motivi non noti, i minori sono stati separati.

L'accertamento dell'età di un soggetto può essere necessario nei casi di persone che deliberatamente falsificano l'anno di nascita per aumentare (o abbassare) la loro età. Le motivazioni che possono portare una persona a mentire sulla sua reale età possono essere diverse: è possibile che un minore si dichiari maggiorenne per aver accesso al

1 Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, Direzione generale dell'immigrazione e delle politiche di integrazione, Divisione IV, Report nazionale minori stranieri non accompagnati, Aggiornato al 31 luglio 2013.

2 A titolo di esempio, su un totale di 7402 minori non accompagnati riportati dai dati forniti dal Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali al 31 luglio 2013, 4152 minori risultano avere 17 anni, 1724 risultano avere 16 anni, e solo 1526 risultano avere meno di 15 anni.

lavoro, per non essere separato da connazionali adulti, per contrarre matrimonio o per raggiungere la soglia di età richiesta per arruolarsi; mentre un maggiorenne potrebbe dichiararsi minorenni per avere accesso a particolari diritti e benefici, come appunto fare richiesta di asilo.

La falsificazione dell'età negli sport professionistici è un'altra pratica relativamente comune, interessa in particolare gli individui rappresentanti di regioni che affrontano gravi difficoltà economiche.

Come detto non esiste un metodo di accertamento in grado di fornire risposte sicure, ma purtroppo l'illusione delle false certezze è ancora prevalente nel mondo del diritto; la primaria esigenza di tutela dei minori quindi, deve purtroppo fare i conti con la mancanza di un metodo affidabile e preciso di stima dell'età.

Il collegamento con il mondo giuridico ha comportato un aumento delle richieste di verifica dell'età, ma ha reso evidente il difficile dialogo tra questi due ambiti, legge e biologia, la cui natura specifica è nettamente in contrasto: il modo del diritto necessita di chiarezza e di certezze, mentre l'ambito biologico si occupa della variabilità e può al massimo parlare in termini di probabilità.

L'impossibilità che le metodologie manifestano nel definire come "bianco o nero" ciò che invece nella biologia umana è "grigio" è un limite che il mondo giuridico dovrebbe comunque conoscere e tenere in considerazione.

Utilizzando le caratteristiche dei diversi indicatori biologici, gli antropologi forensi si sforzano di fornire un *range* d'età il più stretto possibile, mentre la variabilità umana richiederebbe invece degli intervalli d'età più dilatati.

L'incertezza nella stima dell'età cronologica dedotta dal grado di maturità dello scheletro è data da diversi componenti, primo tra tutti la variabilità nei tempi di sviluppo dei singoli soggetti. Si deve inoltre tenere in considerazione che i metodi non offrono un risultato puntuale, ma un intervallo d'età, che dovrebbe essere espresso da un valore con un relativo margine d'errore. Le fonti di errore che possono essere presenti e il livello di incertezza nella stima finale sono quindi problematiche che necessitano di essere affrontate.

Per ovviare a questi problemi ci si avvale di calcoli statistici che permettono di determinare intervalli di fiducia o di previsione; questi intervalli esprimono il grado di attendibilità con cui il valore stimato è riconducibile alla vera età del soggetto.

Ecco quindi che la statistica ed i metodi utilizzati per rielaborare i dati diventano un valido supporto alla ricerca, ma bisogna riconoscere i propri limiti e avvalersi di professionalità in grado di affrontare queste problematiche. Infatti l'utilizzo di un approccio statistico, piuttosto che un altro, può risultare determinate alla luce dei risultati finali.

L'incertezza nel risultato finale è legata alla precisione della metodologia utilizzata ed ai suoi margini d'errore, così come anche alla discrezionalità dell'operatore che può compiere errori nel valutare uno o più indicatori, o nel ritenerne uno più importante di altri. Questo è un punto abbastanza nevralgico del problema. Spesso infatti la mancanza, negli accertamenti effettuati, del margine di errore ha portato erroneamente le persone non esperte in materia a ritenere che il risultato ottenuto fosse un dato preciso e puntuale, quando di fatto non è così.

Purtroppo però in questo specifico campo della ricerca la confusione regna sovrana.

È evidente la mancanza in materia di una chiara disciplina normativa; al momento il tutto è regolato da circolari, pareri e protocolli, che hanno avuto come prevedibile risultato la messa in atto di prassi e trattamenti diversificati sia sul territorio nazionale che su quello internazionale.

Pur fornendo indicazioni sui principi generali e sulle garanzie procedurali che devono essere rispettate nell'espletamento della verifica dell'età, gli strumenti giuridici nazionali (ma anche quelli internazionali), non disciplinano le procedure, le metodologie da applicare, né tantomeno indicano i soggetti responsabili.

Un ulteriore problema risulta dal fatto che le metodologie sono state messe a punto su popolazioni specifiche che vengono prese quindi come standard di riferimento; questi standard però oggi sono molto criticati perché si ritiene che siano troppo lontani (nel tempo, nello spazio e come caratteristiche socio-economiche) dai soggetti che vengono oggi sottoposti ad accertamento. È noto ad esempio che la stima dell'età di presunti minori venga effettuata attraverso una radiografia della mano. Questa radiografia viene confrontata con gli standard di riferimento costituiti, nel caso del metodo di Greulich e Pyle (che risulta essere il metodo più utilizzato), da un campione di bambini ed adolescenti anglosassoni della metà del XX secolo.

In molti ritengono che questa metodologia non sia adatta per desumere l'età cronologica dei giovani immigrati di oggi, la maggior parte dei quali risulta proveniente da Asia e Africa.

La disponibilità di numerose tecniche e metodologie, basate sostanzialmente sempre sugli stessi indicatori, ma trattati ed analizzati in modo differente, costituisce un ulteriore problema; numerose sono le pubblicazioni che riguardano nello specifico i risultati di un metodo applicato ad uno specifico campione, mentre sicuramente inferiore (perché più dispendioso in tempo e denaro e più complesso) è il numero degli studi che confrontano i risultati di più metodi applicati ad uno stesso campione.

Infine non bisogna dimenticare che in questo campo, come in tutti gli ambiti scientifici, il progresso tecnologico può aprire la porta a nuove ricerche e a nuovi approcci, proprio come avvenne con la scoperta dei raggi X. Il quadro perciò può infittirsi sempre più e sarebbe opportuna una specifica formazione per potersi muovere con abilità in mezzo a tutte queste problematiche, formazione che non è richiesta, né prevista.

In tempi molto recenti anche l'aspetto etico è entrato in campo ad influenzare in modo determinante l'approccio alla questione, limitando fortemente la ricerca in questo settore, a tutela dei diritti delle persone. Il problema non riguarda solo l'esposizione ai raggi X per scopi non terapeutici, ma coinvolge tutta la prassi in uso, visto che il soggetto sottoposto ad accertamento potrebbe sentirsi obbligato ad accettare tale procedura a causa della sua posizione di "inferiorità" dovuta alla sua condizione di straniero.

Il diritto di ogni bambino ad avere un nome ed una nazionalità è sancito dalla Convenzione sui diritti dell'infanzia, approvata dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite il 20 novembre 1989, ratificata dall'Italia con legge del 27 maggio 1991, depositata presso le Nazioni Unite il 5 settembre 1991.

Secondo l'Articolo 7:

il fanciullo è registrato immediatamente al momento della sua nascita e da allora ha diritto a un nome, ad acquisire una cittadinanza e, nella misura del possibile, a conoscere i suoi genitori e a essere allevato da essi.

Gli Stati membri devono rispettare e garantire i diritti di ciascun minore all'interno della propria giurisdizione, senza alcuna discriminazione.

Nonostante 193 nazioni delle 195 delle nazioni Unite (ONU) abbiano firmato la convenzione, la nascita di milioni di bambini nel mondo resta non registrata.

Per la natura stessa del dato, si dispone solo di cifre approssimative, tuttavia secondo una stima del 2008 (fonte Unicef) 51 milioni di bambini (più di 2/5 dei bambini nati nel mondo intero) non sono stati registrati alla nascita.

Il problema dell'immigrazione, che negli ultimi anni è diventato un'emergenza concreta ormai per tutta l'Europa, ha portato nuovi impulsi alle ricerche su questo tema; tuttavia l'immigrazione, che richiede approcci culturali e sociologici, necessita soprattutto di discussioni ed approfondimenti scientifici in materia di stima dell'età.

Il quadro degli ultimi anni è stato ulteriormente complicato dal fatto che i soggetti immigrati non solo siano cresciuti esponenzialmente nel numero, ma siano anche molto diversificati rispetto all'area di provenienza ed ai gruppi etnici di appartenenza.

Mentre da una parte la metodologia necessita di una regolamentazione, di una standardizzazione e di un approccio sempre più multifattoriale, dall'altra, l'applicazione di tali tecniche in ambito giuridico richiede sia la formazione di personale fortemente specializzato, sia la presa di coscienza da parte del mondo giuridico delle problematiche metodologiche di base e dei limiti impliciti alla metodologia stessa.

Le metodologie utilizzate per accertare l'età dei soggetti non sono nate specificatamente per questo scopo, ma sono state sviluppate per poter valutare la corretta crescita dei soggetti; sotto l'aspetto fisiologico i metodi sono utilizzati per verificare il corretto sviluppo dei soggetti in fase di accrescimento e per stimare il potenziale residuo di crescita. Possono queste metodologie essere adatte per accertare l'età di un soggetto a fini amministrativi, civili o penali?

Da una parte per il mondo della legge tutto ruota intorno al concetto di età anagrafica dei soggetti, in campo medico invece, è l'età biologica che risulta particolarmente informativa: in auxologia ad esempio, è un parametro fondamentale per comprendere se un individuo si sviluppa in maniera corretta; così come è nuovamente uno dei dati fondamentali nello studio delle società e nell'analisi dei *secular trend* delle popolazioni.

Dal punto di vista clinico è importante riconoscere l'età biologica del soggetto per intervenire nel momento più opportuno con pratiche correttive.

Attualmente la stima dell'età è di grande interesse anche nell'ambito dello studio dei resti umani provenienti da contesti archeologici. In questo specifico settore lo scopo è

quello di verificare se nelle popolazioni antiche individui di fasce d'età diverse fossero oggetto di rituali diversificati o di aree di inumazione specifiche; oltre a questo, attraverso la definizione dei parametri demografici di base, quali sesso ed età alla morte degli individui, la popolazione viene analizzata per verificare se il campione possa essere considerato demograficamente rappresentativo, cioè per valutare se tutti i soggetti del gruppo fossero sepolti nello stesso luogo.

In questa prospettiva alcune delle metodologie di stima dell'età basate sui denti possono fornire una valida alternativa ai metodi tradizionali, essendo i denti una delle componenti scheletriche più resistenti, che risulta presente anche quando altri distretti risultano assenti o danneggiati e quindi inutilizzabili.

Le scienze forensi, la medicina, la medicina legale e l'antropologia sono quindi esempi di discipline molto diversificate tra loro che sono accomunate dall'interesse intorno al tema specifico dell'età.

CAPITOLO 1: IL QUADRO GENERALE ED ALCUNI CONCETTI FONDAMENTALI

UN PO' DI STORIA

Nelle società moderne l'informazione anagrafica dell'età è un dato elementare, talvolta quasi scontato: ciascuno di noi sa quanti anni ha e qual è la sua data di nascita.

L'età è tra le prime informazioni che vengono trasmesse ai bambini.

Nelle nostre società l'età di una persona costituisce un elemento chiave per molti aspetti della vita: definisce ad esempio l'obbligo scolastico, regola l'accesso al voto, al matrimonio, al mondo del lavoro e alla possibilità di ottenere la patente di guida.

Giuridicamente l'età definisce una soglia limite oltre la quale si acquisisce un diritto o un dovere o sotto la quale si è ritenuti oggetto di tutela o si è ritenuti incapaci di comprendere le conseguenze delle proprie azioni.

Tuttavia nella storia la registrazione dei dati anagrafici è un'acquisizione che possiamo considerare recente.

Il primo tentativo di costituire un registro civile a livello nazionale è stato fatto in Francia nel 1539, il secondo invece fu fatto quasi un secolo dopo in Svezia, nel 1631.

In Inghilterra e Galles il 1 luglio del 1837 fu emanato il *Births and Death Registration Act*, ma la registrazione dei dati divenne obbligatoria solamente con la legge *Registration of birth and death Act* del 1874, che riteneva responsabili della comunicazione dell'avvenuta nascita alle autorità tutte le persone presenti al parto.

In Italia i registri anagrafici furono istituiti nel 1871, mentre si hanno sporadiche notizie relative ai battesimi del 1379 a Gemona, del 1381 a Siena, del 1428 a Firenze e del 1459 a Bologna. Nonostante quindi la registrazione delle nascite e dei decessi sia stata tardiva, precedentemente alla creazione di questi sistemi nazionali, le informazioni relative ai battesimi, ai decessi ed ai matrimoni venivano occasionalmente registrate negli archivi parrocchiali delle diverse chiese, senza tuttavia un controllo centralizzato ed una rigorosa sistematicità.

I registri parrocchiali divennero in seguito obbligatori per battesimi e nozze nel 1563, mentre nel 1614 fu resa obbligatoria la registrazione dei decessi.

Storicamente è con la rivoluzione industriale che si è posto su larga scala il problema della stima dell'età dei soggetti, nello specifico dei bambini, quali individui da inserire nel

mondo lavorativo delle fabbriche (Saunders 1837). In quel particolare momento storico, nonostante fossero già stati istituiti i registri di nascita, nella realtà non si era arrivati ad una loro concreta applicazione, poiché il vero obbligo alla registrazione, come detto, è stato ottenuto in Inghilterra con la legge del 1874.

La *Factory Act* emanata nel 1837 è stata di fatto una legge sul lavoro a tutela dei piccoli lavoratori; non permetteva infatti che i bambini al di sotto dei nove anni fossero impiegati nella fabbriche e stabiliva inoltre, per i bambini tra i 9 ed i 13 anni, un limite massimo di nove ore lavorative al giorno.

Purtroppo però, nonostante lo sforzo di tutela dei diritti dei bambini, poiché le famiglie erano in condizioni di estrema povertà e bisogno, le norme erano aggirate dagli stessi genitori, che pur di consentire l'accesso al lavoro ai figli, dichiaravano per loro date di nascita false.

Estremamente semplicistico risultava inoltre l'accertamento dell'età di bambini non registrati: non avendo a disposizione metodi scientifici gli elementi presi in considerazione erano la forza e l'altezza del soggetto. Questi principi, del tutto aleatori, furono gradualmente abbandonati dopo la pubblicazione dell'opera di Saunder nel 1837, intitolata *The Teeth a test of Age, Considered with Reference to Factory Children*, a seguito della quale il Parlamento inglese sancì che l'eruzione dentaria era il metodo più accurato per definire l'età dei soggetti in crescita.

Prima della scoperta da parte di Röntgen nel 1895 di un nuovo tipo di raggi (ancora ignoti e per questo denominati X), la possibilità di guardare all'interno del corpo di un soggetto in vita, non era mai stata presa in considerazione.

I raggi X sono onde elettromagnetiche ad alta frequenza; quando un fascio di questi raggi colpisce un corpo, questo corpo ne assorbe una parte, mentre una parte viene ritrasmessa. I raggi trasmessi possono essere impressi su una pellicola fotografica ed in questo modo si ottengono immagini che danno informazioni sulla struttura interna del corpo. Più denso è il corpo, maggiore è la quantità di raggi assorbiti e conseguentemente minore è la quantità di raggi trasmessi.

Questa scoperta, che fu rivoluzionaria per il mondo della medicina, ha dato nuovo impulso alla ricerca sullo sviluppo fisico dei soggetti in fase di accrescimento; infatti uno dei metodi di stima dell'età tra i più utilizzati ancora oggi è quello di Greulich e Pyle del

1959, costituito da una vera e propria raccolta di radiografie della mano di soggetti di varie età.

DIVERSE ETÀ

In concetto di età, che sembra al primo approccio piuttosto semplice e chiaro, in realtà può presentare diverse sfaccettature. Si possono identificare infatti varie accezioni:

- età reale, cronologica o anagrafica,
- età biologica o fisiologica,
- età sociale,
- età psicologica,

I principali concetti che entrano in gioco nella ricerca e nelle metodologie di stima dell'età sono sostanzialmente i primi due, cioè l'età cronologica e l'età biologica: mentre la prima si definisce come il numero di anni, mesi e giorni vissuti dal soggetto (fino al momento in questione), la seconda esprime lo stato di invecchiamento di una persona, tenendo presente diversi parametri biologici.

L'età biologica sono gli anni che si possono attribuire ad un soggetto sulla base delle sue condizioni morfologiche e funzionali, valutate sulla base di standard di riferimento.

Pur essendo correlata ed in parte determinata dall'età cronologica, l'età fisiologica è influenzata da numerosi fattori, inclusi il patrimonio genetico, le abitudini comportamentali (l'alimentazione, lo stile di vita) e le condizioni ambientali (clima ed inquinamento).

Ciascun soggetto è diverso dagli altri e reagisce in maniera soggettiva agli stimoli esterni, sulla base anche del suo bagaglio genetico e sviluppa una risposta all'ambiente esterno che terrà appunto conto delle condizioni ambientali in cui è inserito.

Nonostante l'età biologica sia influenzata da vari fattori, ha una sua correlazione con l'età cronologica, solo che non si tratta di una correlazione lineare: ad ogni età cronologica può corrispondere una molteplicità di possibili età biologiche, mentre è vero anche che i soggetti che condividono una stessa età biologica possono presentare età cronologiche assai differenti.

Tutte le metodologie che sono a disposizione permettono di definire, in maniera più o meno accurata, l'età biologica; le metodologie ritenute più valide sono quelle che garantiscono un'ottima corrispondenza tra l'età biologica e quella reale, quindi le

tecniche migliori sono quelle che si basano su indicatori e distretti anatomici che risentono solo in minima parte dell'influenza di fattori esterni.

Oltre a tutti questi elementi, bisogna tenere presente che gli studi attualmente utilizzati come punto di riferimento per lo sviluppo delle metodologie sono il risultato dell'analisi di popolazioni moderne. Le collezioni scheletriche di sesso e di età nota che fungono da campione fondamentale per lo sviluppo delle metodologie sono generalmente relative alla fine del 1800 o all'inizio del 1900.

Ignoriamo se la relazione tra età biologica ed età cronologica individuata in una popolazione moderna, sia la stessa delle popolazioni del passato più remoto. I modelli costruiti su popolazioni moderne dovrebbero essere applicati solo a popolazioni simili, sia per antichità che per condizioni alimentari, sanitarie e socioeconomiche.

L'assenza di popolazioni di riferimento dell'epoca preindustriale ha costretto l'antropologia ad accettare l'idea di una uniformità biologica, in base alla quale i fenomeni biologici sarebbero costanti nel tempo e nello spazio (Howell 1976): in base a questa teoria la mortalità e la fecondità degli uomini del passato sono uguali a quelle attuali.

Questa teoria è stata messa in discussione già vent'anni fa, poiché il fenomeno della crescita non sembra essere regolare nel tempo, né tantomeno nello spazio.

Nell'ambito delle scienze giuridiche si pone sempre il problema dell'età cronologica e dell'impossibilità di determinarla con una certezza assoluta partendo dai parametri biologici del soggetto. Da questa prospettiva sembra quindi che l'età cronologica sia il dato fondamentale e l'età biologica, che accertiamo tramite le metodologie, sia un dato accessorio.

Risulta interessante anche provare a ribaltare il punto di vista e osservare il problema anche da altre prospettive, quali ad esempio quella dell'ortodonzia. Effettuando una ricerca in rete con i termini «età biologica + ortodonzia» si trovano molti siti nei quali è spiegato perché è utile, in questo specifico ambito medico, conoscere l'età biologica del soggetto, definita nel modo più preciso possibile.

L'età cronologica del bambino non sempre coincide con la sua età scheletrica né ci indica con precisione in quale periodo della crescita questo si trovi. Conoscere il periodo di crescita del piccolo paziente si dimostra utile per stabilire quale sia il

momento migliore per intraprendere un trattamento ortodontico\ortopedico.

Per stabilirlo ci si avvale di alcuni indicatori biologici di maturazione scheletrica:

- quantificazione dell'aumento della statura
- studio della maturazione scheletrica della mano e del polso
- analisi dello stadio d'eruzione e crescita dentaria
- controllo della comparsa dei caratteri sessuali secondari
- valutazione della maturazione delle vertebre cervicali

(Tratto dal sito di uno specialista in odontostomatologia³)

In ortodonzia quindi lo studio dei parametri biologici serve per valutare il miglior momento per effettuare il trattamento, che deve necessariamente tenere presente lo sviluppo osseo del giovane paziente al fine di rendere il più efficace possibile il trattamento ortodontico\ortopedico della sua malocclusione.

Come si può notare gli indicatori d'età utilizzati per l'accertamento sono sostanzialmente gli stessi, perciò anche le metodologie applicate in questo specifico settore della medicina non sono diverse. L'unica eccezione in questo senso risulta essere l'analisi delle vertebre cervicali, che negli ultimi anni sono state utilizzate come indicatore d'età specifico per l'ortodonzia. Infatti, grazie alle tecniche radiografiche è stato possibile indagare la correlazione tra l'età cronologica e lo sviluppo delle vertebre cervicali, nello specifico osservando le modificazioni che il corpo vertebrale subisce nel tempo nelle sue proporzioni (Lamparski 1972, Hassel e Farman 1995, Cameriere *et al.* 2015b).

LE IMMIGRAZIONI E I MINORI NON ACCOMPAGNATI IN EUROPA

La realtà dei flussi migratori non è per nulla omogenea anche se si tende a generalizzare e a parlare di immigrazione come se le persone coinvolte in questo fenomeno fossero tutte uguali. I protagonisti di queste immigrazioni sono sempre più diversificati dal punto di vista dell'età, dell'etnia, della condizione sociale e politica e anche per le motivazioni che portano un soggetto ad abbandonare il proprio paese.

I migranti sono ritenuti dei soggetti particolarmente vulnerabili, sia nella fase di transito che in quella di permanenza nel paese di arrivo; quando il viaggiatore è un minore, e ancor di più quando è un minore non accompagnato, questa vulnerabilità è massima.

³http://www.docvadis.it/studiodottpolidori/page/odontoiatria/ortodonzia/et_biologica_e_ortodonzia.html, ultimo accesso il 4/11/2016

Per questo motivo la categoria dei “minori non accompagnati o separati” è oggetto di particolare attenzione e di protezione da parte del diritto internazionale e nazionale.

È molto difficile accertare il numero totale di immigrati minori non accompagnati presenti nei Paesi europei, perché in ciascun paese persiste l'incertezza sulle statistiche relative a questi soggetti, a causa di motivazioni diversificate.

Prima di tutto si tratta di persone per le quali non si dispone di dati certi relativi all'età e quindi è difficile sapere se si tratta effettivamente di minori, poi perché è stato dimostrato che un certo numero di minori non accompagnati, registrati, fa perdere le proprie tracce, mentre altri studi hanno invece verificato l'esistenza di minori non accompagnati presenti nelle città europee, ma non noti alle autorità (European Migration Network, 2010); infine esistono problematiche relative all'esistenza di un conteggio centralizzato di questi soggetti, conteggio che talvolta è ripartito tra gli enti autonomi di uno stato.

Nel 2008 in Germania il censimento dei minori non accompagnati era di 763 soggetti; di questi 324 erano al di sotto dei 15 anni e 438 erano di età compresa tra 16 e 17 anni. La maggior parte di questi era arrivata nel corso del 2007 da paesi quali l'Iraq e l'Afghanistan; mentre nel periodo tra il 2003 e il 2006 le nazionalità più diffuse erano quella turca e quella cinese, ma erano presenti anche soggetti di nazioni più insolite come Russia, Serbia, Vietnam e Nigeriana (Ufficio federale per Migrazione e Rifugiati, 2009).

Il censimento dei minori non accompagnati condotto in Spagna alla fine del 2008 ha contato 6000 minori sotto l'amministrazione delle autorità spagnole; la nazionalità prevalente era quella marocchina e quasi tutti erano arrivati dal Magreb e da paesi africani sub-sahariani (Schmeling 2011, p. 78).

Secondo dati più aggiornati (EMN 2015), il numero di minori non accompagnati che cercano asilo nell'Unione Europea è aumentato costantemente dal 2010, raggiungendo nel 2014 un totale di 24075 soggetti.

I paesi che hanno ricevuto il maggior numero di minori non accompagnati sono: Svezia (29%), Germania (18 %), Italia (10%), Austria (8%) e Regno Unito (8%); considerati nella complessità, i soggetti presenti in questi cinque paesi rappresentano più del 70% del totale dei minori non accompagnati che hanno richiesto asilo nel 2014.

La maggior parte di questi minori sono di sesso maschile (86%) (Fig. 1), mentre le ragazze sono solo il 14%; l'unica eccezione è rappresentata dai soggetti di nazionalità somala per i quali le ragazze sono in maggior numero rispetto ai ragazzi (EMN 2010).

L'età più rappresentata è quella tra i 16 e i 17 anni (65%), con una piccola percentuale di soggetti ricadente nella classe dei soggetti inferiori ai 14 anni (Fig 2).

I principali paesi di provenienza sono: Afghanistan, Eritrea, Siria, Somalia, Gambia e Marocco.

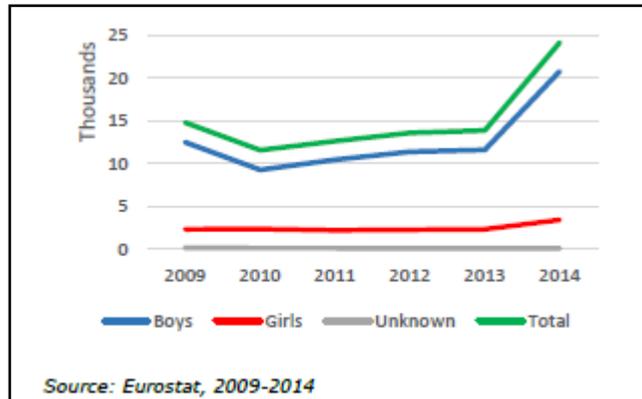


Figura 1: Numero dei minori non accompagnati (in migliaia) richiedenti asilo in Europa e Norvegia dal 2009 al 2014 suddivisi per sesso (da EUM 2015).

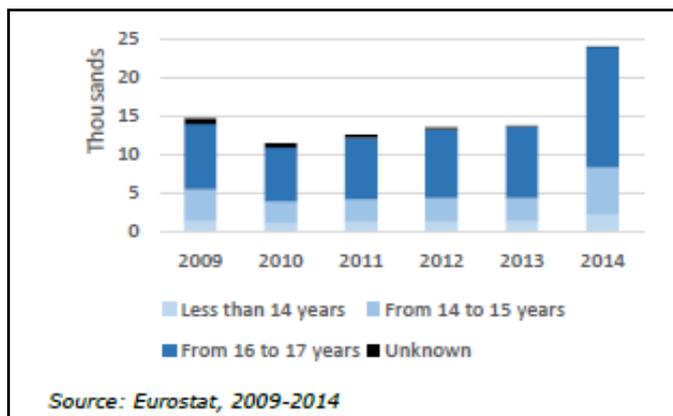


Figura 2: Numero dei minori non accompagnati (in migliaia) richiedenti asilo in Europa e Norvegia dal 2009 al 2014 (da EUM 2015).

ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLE METODOLOGIE

Caratteristiche dei metodi, validità e limiti

Numerosi sono i distretti anatomici che si possono indagare per valutarne la correlazione con l'età cronologica; oltre a questo, radicali cambiamenti hanno fortemente influenzato e continueranno ad influenzare lo sviluppo di questi temi di ricerca, in particolare i progressi in campo tecnologico e la necessità di rispondere alla sempre crescente e pressante richiesta che il mondo giuridico fa, di metodologie più precise soprattutto nel caso di procedimenti penali.

Occorre precisare che per essere ritenuti validi i metodi devono rigorosamente rispettare una serie di caratteristiche (Ritz-Timme *et al.* 2000):

1) devono essere chiari e riconosciuti dalla comunità scientifica, a cui vengono sottoposti attraverso pubblicazioni su riviste accreditate. Queste pubblicazioni devono contenere tutte le informazioni sui materiali e sulla loro analisi, in modo che il metodo risulti trasparente e la sua validità possa essere verificata anche da altri studiosi;

2) il numero del campione in esame deve essere adatto ad una rielaborazione statistica, che deve essere effettuata secondo i metodi più opportuni; devono essere presenti chiare informazioni relative alla precisione che il metodo raggiunge; questa precisione deve essere calcolata utilizzando validi sistemi statistici chiaramente descritti e definiti; devono possibilmente essere disponibili le informazioni sull'errore inter- ed intra- osservatore;

3) i metodi devono avere una precisione che deve esaudire le richieste dell'ambito di applicazione. Secondo Rösing e Kvall (1998) un errore standard di regressione di più di 5 o 6 anni, non è accettabile nel campo medico-legale. Un errore standard di 7 anni tradotto nella pratica, significa che nel 95% dell'intervallo è stato considerato un errore di 14 anni o più.

4) nel caso di applicazione del metodo a soggetti in vita, devono essere rispettati i principi etici e medici.

5) devono essere fornite le indicazioni riguardanti l'origine genetica/geografica della popolazione, le condizioni socioeconomiche e lo stato di salute.

6) la tecnica applicata dovrebbe essere descritta nel dettaglio in modo che possa essere replicata anche da altri ricercatori.

Le continue modificazioni dei metodi e lo sviluppo di nuove tecniche, volte alla ricerca di una sempre maggiore precisione del risultato finale, hanno in realtà contribuito alla formazione di una fitta rete di metodi basati su indicatori differenti, all'interno della quale il ricercatore deve districarsi. Talvolta risulta persino complessa la comparazione dei dati che si ottengono applicando tecniche diverse: non sono infatti sempre disponibili tutte le informazioni relative ad una metodologia (per citarne alcuni si ricordano: la precisione, il numero degli osservatori, la variabilità intra- ed inter-osservatore...) e/o le

caratteristiche di composizione del campione analizzato (origine etnica, numero dei soggetti, età, classe sociale, condizioni di salute).

Tutte le metodologie sviluppate e sviluppabili si basano sul presupposto che costituisce il punto di partenza, ma anche il limite stesso di queste ricerche: la correlazione tra età cronologica ed età biologica.

La legge richiede l'età cronologica del soggetto, cioè il numero degli anni trascorsi dalla sua nascita (questo è il dato riportato nei documenti), tuttavia ciò che le metodologie possono determinare può essere soltanto l'età biologica del soggetto.

Atlanti, “score system”, metodi qualitativi e metodi quantitativi

Le tecniche di stima dell'età dei sub-adulti, inerenti l'età scheletrica o l'età dentaria, prevedono fondamentalmente due approcci: un sistema a punteggio o l'utilizzo di un atlante di riferimento.

Nei metodi di “**score system**” solitamente si osserva ciascun singolo elemento (dente o osso che sia) attribuendogli un valore. La somma finale dei punti ottenuta valutando i diversi elementi disponibili potrà essere poi tramutata in età attraverso delle tabelle appositamente predisposte, solitamente differenziate per il sesso dei soggetti.

Nei metodi basati sugli **atlanti** (o su schemi) invece, si confronta la situazione generale con l'immagine che meglio la rappresenta, attraverso un approccio globale d'insieme ed una valutazione complessiva.

Altre metodologie possono essere definite **metodi qualitativi**, poiché sono basati sull'identificazione di uno stadio o di una fase e non è prevista alcuna misurazione oggettiva di elementi concreti. L'inserimento nello stadio di riferimento prevede quindi la valutazione di un aspetto, di una qualità e da questo deriva la designazione di questo tipo di metodo. Molto spesso, soprattutto le metodologie di studio dei soggetti adulti, prevedono l'identificazione dello stadio a cui l'indicatore preso in esame può essere ricondotto. È stato riscontrato che la ripartizione in stadi di molti metodi non corrisponde ad una equa divisione in intervalli di anni: solitamente mentre ai primi stadi corrispondono range piuttosto contenuti, le fasi in cui si inseriscono i soggetti più maturi risultano invece molto più dilatate.

I lavori proposti da Cameriere *et al.* dal 2004 in poi hanno introdotto un approccio diverso, contrapponendo ai metodi qualitativi dei **metodi quantitativi**.

Il sostanziale approccio metodologico introdotto con questi lavori consiste nella stima dell'età attraverso la misurazione di valori oggettivi; nel caso specifico i metodi prevedono la misurazione di aree o di lunghezze: il metodo basato sull'apposizione della dentina secondaria prevede infatti la misurazione dell'area della cavità pulpare e dell'area totale del dente, mentre il metodo basato sulla valutazione dello sviluppo dello scheletro del distretto polso-mano prevede la misurazione dell'area delle ossa carpali, dell'area delle estremità di ulna e radio e dell'area del palmo della mano. Il metodo dell'indice del terzo molare prevede invece la misurazione di due lunghezze: l'altezza del dente lungo il suo asse e la distanza tra i due punti estremi della porzione del dente ancora in formazione (apici). Il risultato di queste misurazioni è che l'età cronologica è descritta come funzione lineare dei rapporti tra queste specifiche misure.

L'approccio è risultato innovativo tanto da essere stato applicato da altri ricercatori per modificare in questa direzione un metodo che permette la stima dell'età tramite l'analisi di radiografie del bacino (Wittschieber *et al.* 2013).

Nel pieno dell'era digitale sono stati fatti dei tentativi per sviluppare metodi automatici che permettessero ad un sistema automatizzato di effettuare la stima dell'età, riducendo teoricamente in maniera drastica la variabilità soggettiva dell'esperto che deve "leggere ed interpretare" l'immagine.

In questo senso ad esempio sono stati fatti diversi tentativi per sviluppare un software per la valutazione automatizzata delle radiografie della mano tramite il metodo TW2 e TW3, tuttavia, i risultati ottenuti non si possono considerare ottimali, dato che non sono ancora comparabili con quelli ottenuti tramite il metodo tradizionale (Schmeling 2011, p. 84).

QUESTIONE ETICA

Negli ultimi anni il quadro della stima dell'età, già piuttosto articolato da un punto di vista metodologico, è stato ulteriormente complicato da problemi di carattere etico.

Le metodologie utilizzate ai fini della stima dell'età basate sull'uso delle radiografie e la visita medica condotta per esaminare la maturità sessuale dei soggetti, hanno sollevato importanti questioni etiche.

Naturalmente le questioni etiche legate alle metodologie in questo ambito non possono essere separate dal quadro generale dei principi dell'etica medica.

Riguardo alle procedure basate su metodi radiografici, tutte le legislazioni devono aderire alla posizione delle organizzazioni internazionali delegate alla tutela dei minori, come UNICEF e UNHCR.

Occorre ricordare che l'utilizzo di metodi che prevedono l'esposizione del soggetto a radiazioni risulta essere uno dei temi più spinosi e dibattuti che affliggono la tematica della stima dell'età. Infatti è stato ribadito che non è considerato eticamente corretto sottoporre un soggetto in crescita ad analisi tramite raggi X, in assenza di motivazioni cliniche.

L'European Union of Medical Specialists definisce come atto medico:

the medical act encompasses all the professional action, e.g. scientific, teaching, training and educational, clinical and technical steps, performed to promote health, prevent diseases, provide diagnostic or therapeutic care to patients. The medical act must always be performed by a licensed medical doctor/physician or under his/her direct supervision and/or prescription⁴.

Data questa definizione, l'utilizzo di raggi X per scopi amministrativi non può essere considerato un atto medico e risulta perciò un atto illecito.

A questo proposito però bisogna ricordare che la definizione di salute data dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità è tuttavia più ampia rispetto alla semplice assenza di malattia. Si legge infatti che:

Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity.⁵

Si potrebbe quindi analizzare la stima dell'età in questa prospettiva: verificare l'età del soggetto per un suo corretto inserimento nella società o nella scuola o per verificare il diritto alla richiesta d'asilo, che comporterebbe tutta una serie di tutele e di benefit.

La questione risultava ancora aperta quando nel 1996 il Royal College of Radiologists di Londra ha sancito che è:

⁴ European Union of Medical Specialists (UEMS) News 2005/15 en: European Definition of Medical Act, Outcomes of the UEMS Council Meeting (Munich 21–22/10/2005). http://www.uems.eu/___data/assets/pdf_file/0012/1371/649.pdf.

⁵ World Health Organization (1946) Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19–22 giugno 1946; firmato il 22/07/ 1946 dai rappresentanti di 61 Stati ed entrato in vigore il 7/04/ 1948

unjustified to undertake a radiograph examination for age estimation purposes. It is not acceptable to expose children to ionizing radiation for an examination which has no therapeutic benefit and is purely for administrative purposes.⁶

In Australia, il Royal Australasian Colleges of Physicians and Radiologists e l'Australasian Paediatric Endocrine Group si sono opposti all'uso della radiografia per la stima dell'età⁷. Per quanto riguarda l'Italia (Focardi *et al.* 2014) il Decreto Legislativo del 26 maggio del 2000, n° 187, sancisce che:

La ricerca con radiazioni ionizzanti su persone deve venir giustificata sulla base del beneficio diretto che può derivarne per le persone esposte o, allorché questo non sia ipotizzabile, sulla base dell'utilità sociale dei risultati conseguibili.

Riguardo alle conseguenze dell'esposizione ai raggi X diversi studi hanno mostrato un elevato rischio di comparsa di tumori, soprattutto nei soggetti in crescita (Kleinermann 2006; Baysson *et al.* 2012). Tuttavia questo rischio dipende da molte variabili tra le quali: l'intensità dei raggi, la frequenza dell'esposizione, il tempo intercorso tra una radiografia e l'altra e la regione anatomica interessata (Linnet *et al.* 2009).

Sulla base della documentazione disponibile è chiaro che l'utilizzo della radiografia per scopi amministrativi è contrario ai principi etici e potenzialmente illegale, per diverse ragioni:

- 1) l'immagine radiografica non può comunque indicare con precisione l'età cronologica di un individuo, ma consente solo di valutarne lo sviluppo biologico;
- 2) la stima dell'età non viene effettuata confrontando l'età biologica del soggetto con standard di riferimento relativi all'età biologica specifica del gruppo etnico da cui proviene l'individuo, ma con soggetti su cui è stato sviluppato il metodo e pertanto il risultato è ancor meno accurato;
- 3) l'interpretazione dell'immagine radiografica richiede la presenza di personale specializzato, che deve quindi essere coinvolto nel procedimento;
- 4) la dose di radiazioni associata alla radiografia della mano o alle ortopantomografie risulta effettivamente bassa, ma i radiologi ed i dentisti non possono semplicemente minimizzare gli effetti di esposizione, poiché uno dei principi base per chi lavora con le radiazioni è quello espresso dall'acronimo ALARA (= As Low As Reasonably Achievable),

⁶ Council of Europe, Directorate of Communications (2011) Methods for assessing the age of migrant children must be improved. <https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp?id=1818617&Site=CommDH>.

⁷ Australian Paediatric endocrine Group. The unethical use of ionizing radiation and/or genital examination. Letter to Minister for Immigration and Citizenship.

che significa che l'esposizione alle radiazioni deve essere tenuta tanto bassa quanto è ragionevolmente possibile. Il principio è usato soprattutto nei casi in cui i limiti di esposizione non sono definiti sulla base di una soglia, ma sulla base di un rischio accettabile: in queste circostanze è ragionevole minimizzare un rischio che si può presumere esista anche a livelli inferiori ai limiti raccomandati, considerato che ciò che costituisce un rischio accettabile varia molto da individuo a individuo.

Le radiografie del distretto polso-mano e le OPT sono caratterizzate da una bassa dose di radiazioni rispetto a quella richiesta per l'analisi di altre parti del corpo, soprattutto le OPT sono ritenute uno strumento ad alto potere diagnostico e a basso impatto di radiazioni (Mansour *et al.* 2017).

Un caso diverso è rappresentato dalle analisi tramite TAC dell'estremità mediale della clavicola (utilizzato per verificare l'età dei soggetti tra 18 e 25 anni), che richiede dosi molto più elevate di radiazioni (Focardi *et al.* 2014; Linet *et al.* 2012; Regulla e Eder 2005).

Sebbene le radiografie del polso e le OPT non siano prive di radiazioni, al momento non si dispone di metodi scientifici alternativi in grado di fornire lo stesso tipo di informazione.

Negli ultimi tempi è stato fatto uno sforzo notevole per cercare di sviluppare al meglio procedure e tecniche alternative, come la risonanza magnetica e gli ultrasuoni, ma i risultati ottenuti non sono ancora buoni quanto quelli che derivano dall'uso dei raggi X.

Nonostante il dibattito sull'uso delle radiografie resti una questione aperta, una recente revisione dei metodi in uso nei principali paesi europei nelle pratiche di accertamento dell'età, mostra come molte tecniche radiografiche siano in uso (EASO 2013) dato che al momento non sono disponibili altre opzioni valide.

Nonostante la pesante critica mossa nei riguardi dell'uso dei raggi X, il loro uso quindi continua ad essere perpetrato e addirittura raccomandato.

A titolo esemplificativo, si ricorda che nelle indicazioni fornite dall'AGFAD per la stima dell'età sono presenti le indagini radiografiche: sono raccomandate infatti una radiografia della mano sinistra, un'ortopantomografia e la tac del distretto relativo alle estremità mediali delle clavicole. Tuttavia poiché l'esame previsto per le estremità delle clavicole prevede un'alta dose di radiazioni, nelle stesse raccomandazioni si afferma che questo esame non deve essere effettuato sempre, ma solamente nei casi in cui l'ossificazione della mano risultasse completa.

La problematica relativa all'aspetto etico è stata rivolta anche alla visita medica a cui i giovani devono essere sottoposti; nello specifico quella che è stata messa in discussione è la visita per la valutazione della maturità sessuale.

Questa pratica infatti risulterebbe lesiva dei diritti dei bambini/adolescenti, che trovandosi in una posizione di "inferiorità" si sentirebbero in obbligo a sottostare a tale procedura; infatti i soggetti che sono sottoposti a questa pratica sono spesso privi dell'assistenza dei genitori o dei familiari; la possibilità di sottrarsi alla visita purtroppo spesso appare solo teorica.

Inoltre i soggetti potrebbero erroneamente pensare che il rifiuto a sottoporsi a queste analisi possa influenzare negativamente, e addirittura precludere, la possibilità di ottenere il diritto d'asilo.

Sia l'UNICEF (Smith e Brownless 2011) che altri autori considerano la pratica "highly intrusive and ethically questionable when conducted without medical or therapeutic benefit".

CAPITOLO 2: METODI DI STIMA DELL'ETÀ NEI SOGGETTI IN CRESCITA

PREMESSA METODOLOGICA

Non esiste un metodo di stima dell'età universalmente valido per tutti i soggetti e per tutte i casi: condizioni fondamentali sono le caratteristiche specifiche di ciò che si deve studiare (cadavere, resti scheletrici o soggetto in vita).

Uno studio effettuato tra il 1997 e il 2001 nell'area di Montpellier, (che ha una popolazione di circa 1,5 milioni di abitanti), ha rivelato che più di 1500 corpi sono giunti nelle strutture medico legali a fini identificativi. Di questi corpi, il 10% era ben conservato, il 33% era carbonizzato, il 33% si presentava in stato di decomposizione -a diversi livelli- e solo il 20% era in condizione di totale scheletrizzazione (Baccino e Schmitt 2006).

Le condizioni di rinvenimento di un corpo hanno diverse implicazioni pratiche per la stima dell'età, non solo perché determinano la metodologia che è possibile applicare. Quando un corpo è ben conservato o solo leggermente decomposto si deve tenere presente che dovrà essere restituito alla famiglia per la veglia; questo implica che i metodi di stima dell'età che risultano troppo invasivi per l'aspetto esteriore del corpo debbano essere evitati. Pertanto, oltre ad essere accurati e affidabili, i metodi di stima dell'età in ambito forense preferibilmente dovrebbero prevedere l'intervento su piccole parti del corpo (Baccino e Schmitt 2006).

Oltre alle condizioni di rinvenimento, un altro fattore che influenza necessariamente la scelta della metodologia, è lo stadio di sviluppo biologico del soggetto (adulto o soggetto in crescita).

In base a tutti questi aspetti variabili è possibile procedere con la scelta della metodologia più adeguata al singolo caso.

La stima dell'età sarà più o meno precisa a seconda che il soggetto sia in fase di crescita o sia un adulto. Per i soggetti in fase di crescita si dispone infatti di metodologie più precise. Questa maggiore precisione è dovuta a due principali fattori:

- nei soggetti in crescita si dispone di un maggior numero di indicatori biologici correlati all'età;

- questi indicatori, oltre ad essere quantitativamente più numerosi rispetto a quelli degli adulti, sono migliori anche in senso qualitativo, in quanto sono meglio correlati all'età dell'individuo.

Queste due condizioni fanno sì che nei soggetti in fase di accrescimento si possano definire dei *range* di anni più ristretti, anche di qualche anno, mentre per gli adulti, talvolta sarebbe ragionevole fornire solamente un'indicazione generica (adulto giovane, adulto, soggetto senile).

Attualmente la stima dell'età di soggetti non ancora adulti, viene effettuata principalmente basandosi sulla mineralizzazione dei denti, sulla comparsa e sulla sinostosi dei centri secondari di ossificazione e sulle curve di accrescimento.

Le analisi radiologiche hanno fornito un valido aiuto nello studio dello sviluppo dello scheletro, portando alla definizione di fasi standard, universalmente utilizzate per valutare l'accrescimento nell'età infantile ed adolescenziale. I raggi X hanno permesso di determinare, infatti, la sequenza dei periodi di comparsa dei centri di ossificazione e successivamente quella relativa alla fusione tra epifisi e diafisi.

Ai fini della stima dell'età di soggetti in crescita gli indicatori maggiormente utilizzati sono quelli che permettono la valutazione della maturità sessuale, della maturità scheletrica e della maturità dentaria.

Le modificazioni che ossa e denti presentano durante la crescita di un individuo sono strettamente connesse a quelle del sistema riproduttivo, che è direttamente responsabile di molti cambiamenti fisici del corpo.

Le metodologie utilizzate in questo settore allo scopo di stimare l'età, sono molto diverse, poiché variano in base al distretto scheletrico utilizzato, al metodo d'indagine e per il tipo di approccio (mono o multifattoriale).

Per questo motivo nel 1999, in seguito al congresso dei medici legali tedeschi, è stata proposta l'idea di fondare un gruppo di ricerca composto da medici legali, odontoiatri, radiologi, auxologi ed antropologi (denominato AGFDAD -Study Group on Forensic Age Diagnostics-), al fine di uniformare e standardizzare i criteri e le metodologie in uso; le prime raccomandazioni del gruppo furono pubblicate nel 2001 (Schmeling *et al.* 2001), successivamente aggiornate nel 2008 (Schmeling *et al.* 2008).

Anche altri gruppi internazionali di esperti hanno pubblicato linee guida e raccomandazioni sulla stima dell'età⁸.

Secondo le raccomandazioni dell'AGFAD, l'accertamento dell'età nel vivente deve avvenire secondo una procedura che prevede tre esami distinti:

- un **esame fisico** volto alla rilevazione dei dati antropometrici, del grado di sviluppo sessuale e di eventuali disturbi dello sviluppo;
- un **esame radiografico** della mano sinistra;
- un **esame della cavità orale**, sia attraverso visita odontoiatrica che tramite ortopantomografia (OPT)⁹ per osservare il livello di sviluppo dei denti.

Secondo quanto indicato da questi specialisti, nel caso in cui l'ossificazione della mano risultasse completa, è opportuno procedere con **un ulteriore esame** per valutare lo stadio di formazione delle estremità sternali della clavicola, tramite tomografia computerizzata (TC). Questo distretto infatti è l'ultimo a completare il suo processo di formazione e pertanto la sua analisi può risultare determinante per quei soggetti in cui tutti gli altri distretti scheletrici avessero già raggiunto la completa ossificazione.

Recentemente altri distretti scheletrici sono stati presi in considerazione, come l'apofisi della cresta iliaca, anch'essa caratterizzata da un tardivo completamento della maturità scheletrica (Chiaracane 2014).

L'età biologica di un soggetto in crescita, come si evince dalle linee guida elaborate dall'AGFDA, può perciò essere "scomposta" in: età sessuale, età dentaria ed età scheletrica.

Come si può chiaramente desumere dalla procedura appena descritta, le competenze richieste per portare avanti tutte queste analisi sono molteplici: ne risulta che la stima dell'età di un soggetto in crescita richiede un approccio interdisciplinare, che vede coinvolte le figure del medico legale, del radiologo, dell'auxologo, dell'odontoiatra.

⁸ Le raccomandazioni pubblicate dall'American Board of Forensic Odontology (ABFO) sono disponibili al sito: <http://abfo.org/wp-content/uploads/2017/08/ABFO-DAA-Standards-and-Guidelines-2017.pdf>
Anche l'International Organization for Forensic Odonto-Stomatology (IOFOS) ha dato indicazioni in questo settore.

⁹ L'ortopantomografia o ortopantomogramma (OPT), più comunemente definita come "radiografia panoramica delle arcate dentarie" è un esame radiologico che permette di analizzare contemporaneamente i denti, le arcate dentarie e le ossa della mascella e della mandibola.

La moltiplicazione dei fattori di indagine non comporta necessariamente una migliore accuratezza del risultato, anzi, quando i risultati ottenuti dai diversi esami sono divergenti tra loro, il *range* d'età si dilata notevolmente.

A causa del fatto che la crescita non è un fenomeno uniforme nei diversi individui, la determinazione dell'età attraverso indicatori diversi può fornire risultati estremamente lontani tra loro: la risposta di un organismo ad uno stato di malnutrizione o di malattia non si traduce allo stesso modo su un osso o su un dente. Il fatto quindi di "moltiplicare" gli indicatori non significa necessariamente arrivare ad un risultato più accurato, anzi, molte volte si ottiene il risultato contrario.

L'**età sessuale** viene determinata sulla base dello sviluppo dei caratteri sessuali secondari; il metodo di riferimento è quello di Tanner (1962).

La visita medica accerta inoltre alcuni caratteri antropometrici quali: la statura, il peso, lo sviluppo corporeo complessivo, la perimetria toracica e addominale, l'apertura delle braccia, oltre al grado di maturazione sessuale.

Oltre a questi fattori, si deve prestare particolare attenzione ai segni che potrebbero richiamare una qualsiasi condizione patologica che possa interferire o aver interferito con lo sviluppo fisico del soggetto.

La valutazione della maturità sessuale ha un margine di errore piuttosto ampio e dovrebbe essere utilizzata per la determinazione dell'età solo in combinazione con la valutazione della maturità scheletrica e dello sviluppo dentario. Molte condizioni, patologiche e non patologiche, possono provocare un'ampia gamma di variazioni nell'insorgenza dei cambiamenti esterni associati alla maturazione sessuale dei diversi soggetti (Schmeling 2011, p. 82).

L'**età dentaria** viene stabilita in base all'osservazione dell'eruzione e della mineralizzazione dei denti.

L'eruzione dei denti è stato il primo criterio utilizzato per l'accertamento dell'età (Saunders 1937); tuttavia, sebbene questo metodo sia veloce, economico e non molto influenzato da errori intra- e inter-osservatore, l'eruzione non è un buon indicatore se usato da solo, a causa della variabilità del soggetto e/o della popolazione. È stato inoltre dimostrato che l'eruzione è influenzata da fattori quali: stress nutrizionali, malattie, variabilità razziale, caduta prematura dei denti decidui; perciò si ritiene che la mineralizzazione sia un criterio più affidabile.

Da sempre i denti sono considerati ottimi indicatori dell'età di un soggetto in crescita, questo è vero fino alla completa formazione del secondo molare permanente, cioè fino a circa 12 anni. Oltre questo specifico momento la precisione diminuisce a causa del fatto che si ha a disposizione un unico elemento che è lo sviluppo del terzo molare, per questo motivo infatti per i soggetti maggiori di 12 anni viene raccomandato l'utilizzo di parametri aggiuntivi, relativi al grado di sviluppo delle ossa.

Per **età scheletrica** si intende il grado di maturità dello scheletro; per la sua definizione si osservano: la comparsa dei centri secondari di ossificazione ed il grado di saldatura tra le epifisi e le diafisi delle varie ossa.

Indicativamente la comparsa dei centri di ossificazione è un criterio utile nella prima decade di vita, mentre la saldatura è un indicatore osservabile nei soggetti tra 10 e 20 anni.

Ai fini della valutazione dell'età scheletrica è fondamentale l'approccio radiografico; nella pratica medico legale solitamente l'indagine radiografica viene effettuata prediligendo alcuni distretti ossei: l'epifisi distale dell'omero, il distretto polso-mano (epifisi distale del radio e dell'ulna, ossa metacarpali, prime tre falangi della mano), il distretto caviglia-piede (epifisi distale della tibia, ossa metatarsali e falangi del piede) (Teodoro *et al.* 2014).

Tra queste, lo strumento che costituisce uno dei pilastri principali della diagnosi radiologica dell'età in bambini e adolescenti, è la radiografia del polso e della mano. Infatti tramite una semplice rx dell'area, che richiede una limitata esposizione alle radiazioni data la struttura anatomica della mano, sono osservabili contemporaneamente più indicatori: lo stadio di formazione o di fusione delle epifisi distali di ulna, radio, metacarpali e falangi, e gli stadi di formazione delle ossa carpali.

Le tecniche in uso per la stima dell'età comportano errori di sovrastima o sottostima dell'età che sono dovuti alla specifica tecnica utilizzata, alla variabilità tra i due sessi, alle caratteristiche della popolazione di riferimento ed alla composizione del campione.

Gli esperti del settore devono perciò necessariamente tenere presenti tutti i limiti delle metodologie, conoscere le applicazioni dei diversi metodi alle varie popolazioni e tenerne presenti i risultati; soprattutto dovrebbero utilizzare molteplici indicatori di maturità.

Va ricordato inoltre che nelle linee guida fornite dall'UNHCR¹⁰ viene suggerito di tenere in considerazione, oltre allo sviluppo fisico del soggetto, anche la sua maturità psicologica.

METODOLOGIE IN USO PER LA VALUTAZIONE DELL'ETÀ SCHELETRICA NEI SOGGETTI IN CRESCITA

Come ricordato in precedenza una delle procedure maggiormente applicate ai fini della determinazione dell'età scheletrica è l'indagine attraverso radiografia del distretto polso-mano sinistro.

Prima di entrare nel vivo della questione, occorre ricordare che le tempistiche di maturazione dello scheletro variano in base al sesso del soggetto: è noto infatti che le femmine presentano un sviluppo precoce rispetto ai maschi, per tutto il periodo giovanile. La richiesta specifica di una "radiografia della mano sinistra", diventata una prassi consuetudinaria, nasce in realtà in considerazione del fatto che in un soggetto l'arto preferenziale è maggiormente soggetto a sollecitazioni, a micro traumi, che potrebbero alterarne lo sviluppo, pertanto si ritiene più indicativo il distretto dell'arto non preferenziale. Questo significa che prima di procedere all'acquisizione della radiografia da esaminare bisognerebbe verificare se il soggetto è destrimane o meno e solo in seguito si potrà procedere col sottoporre ad indagine radiografica l'arto non preferenziale.

Nella prassi però è stato recepito come standard l'analisi del distretto polso-mano del lato sinistro.

La valutazione della maturità scheletrica è una procedura piuttosto comune nella radiologia pediatrica e in auxologia¹¹; viene spesso richiesta nel caso di bambini troppo bassi o troppo alti rispetto alla loro età, in quanto può permettere di stimare il potenziale residuo di crescita. Inoltre può risultare molto utile sotto l'aspetto clinico per diagnosticare e monitorare malattie croniche, carenze ormonali e turbe nutrizionali, oppure per pianificare procedure ortopediche e interventi correttivi il cui esito può

¹⁰ UN High Commissioner for Refugees (UNHCR). Guidelines on Policies and Procedures in Dealing with Unaccompanied Children Seeking Asylum, February 1997. www.unhcr.org/refworld/docid/3ae6b3360.html

¹¹ L'auxologia è una specialità della medicina che si occupa della crescita fisica della persona in età evolutiva.

essere fortemente influenzato dalla crescita del bambino. In questi ultimi casi è infatti fondamentale intervenire nel momento più opportuno, per non vanificare i possibili risultati.

Esistono vari metodi per stimare lo sviluppo delle ossa della mano: il più noto e più utilizzato è il metodo di Greulich e Pyle (1959), ma vengono applicati anche il metodo TW (Tanner *et al.* 1975) e il metodo FELS.

Con i lavori pubblicati tra il 1908 e il 1933 Pryor è stato il primo a notare che l'ossificazione nei soggetti di sesso femminile avveniva con un certo anticipo rispetto ai maschi, anche nel periodo fetale, mentre tra i primi ad aver analizzato la maturità epifisaria del carpo come principale oggetto di studio si ricorda Stevenson (1924).

Tuttavia è stato solo con i grandi studi longitudinali effettuati all'inizio del XX secolo, sia in Europa che in America, che all'area del carpo è stato riconosciuto un ruolo predominante tra le regioni anatomiche studiate per la stima dell'età nell'infanzia/adolescenza.

Nel 1937 Todd pubblicò il suo *Atlas of Maturation Skeletal* come risultato degli studi condotti a Cleveland, Ohio. Il suo lavoro fu la base per lo sviluppo dell'opera che ancora oggi rimane un punto di riferimento per gli studiosi che si occupano di questo distretto e della sua correlazione con l'età: *The Radiographic Atlas of Skeletal Development of hand and Wrist* di **Greulich e Pyle**, pubblicato nel 1950 e successivamente nel 1959, che resta, ad oggi, il metodo di riferimento più usato. Si tratta di un atlante che raccoglie le radiografie della mano di soggetti in fase di accrescimento di età nota. L'analisi prevede la comparazione tra la radiografia del soggetto e lo standard di riferimento nell'atlante (cioè la radiografia che raccoglie al suo interno più somiglianze con quella dell'individuo che sottoponiamo ad esame). Questa procedura di confronto richiede, allo specialista del settore, solo pochi minuti di tempo: una volta ottenuta la radiografia del soggetto, si procede infatti semplicemente sfogliando l'atlante alla ricerca dell'immagine con più corrispondenze.

Il lavoro di Greulich e Pyle fornisce dati relativi allo sviluppo medio, ma non fornisce informazioni relative alla variazione intorno alla media e questo costituisce il suo grosso limite.

Oltre a questa problematica numerosi studi hanno dimostrato i limiti di applicazione di questo atlante che raccoglie le radiografie di bambini caucasici, vissuti negli anni '30 e

appartenenti ad una classe economica medio-alta. Risulta infatti difficile pensare che questo atlante possa rispecchiare lo sviluppo di soggetti di altre etnie, appartenenti alle classi sociali dei livelli bassi, verosimilmente interessati da malnutrizione, che sono i principali soggetti coinvolti nelle ondate migratorie attuali.

Schmeling *et al.* (2003) hanno riconosciuto che le differenze delle condizioni socioeconomiche possono influenzare lo sviluppo della maturazione scheletrica, ma hanno giustificato l'utilizzo di questi standard di riferimento sostenendo che gli individui che provengono da popolazioni meno sviluppate, nei casi di accertamento dell'età, sarebbero risultati più giovani (in quanto appunto meno sviluppati) e ciò sarebbe risultato per loro un vantaggio.

Altri autori sono di tutt'altra opinione (Wood e Cunningham 2011, p. 9) e hanno fatto notare come in realtà questo fatto possa risultare dannoso in casi penali particolari, che vertono sul tema della pedopornografia o del rapporto sessuale con minore, in cui la sottostima dell'età del soggetto coinvolto risulta tutt'altro che vantaggiosa.

Per molto tempo il metodo di Greulich e Pyle è stato considerato l'unico riferimento per la maturità scheletrica; negli anni l'affidabilità e la riproducibilità di questo metodo sono state oggetto di studio su popolazioni di diversi paesi: il Brasile (Dantas *et al.* 2015), la Spagna (Alcina *et al.* 2015), l'Italia (Tisé *et al.* 2011), la Turchia (Koc *et al.* 2001), la Danimarca (Lynnerup *et al.* 2008) e la Francia (Zabet *et al.* 2015).

I risultati dei vari studi lasciano intendere qualche difficoltà nel ritenere il metodo pienamente valido senza specifiche modificazioni realizzate *ad hoc* per ciascuna popolazione.

E questa non è l'unica critica mossa intorno a questa metodologia:

Although the results of this method are often presented as 'scientific' and 'objective', it is in fact highly subjective with a considerable interobserver range of 'ages' given by different radiologists.
(da Aynsley-Green *et al.* 2012)

Nonostante il metodo in letteratura sia stato oggetto di numerose applicazioni e la sua validità sia stata molte volte messa in discussione, il suo utilizzo ai fini della stima dell'età in ambito forense resta una realtà concreta.

Allo scopo di incrementare la precisione dei metodi radiologici per la stima dell'età, **Tanner e Whitehouse** introdussero un nuovo procedimento tecnico, più complesso, noto

come metodo TW2 (Tanner *et al.* 1975), sviluppato analizzando 2700 radiografie di bambini inglesi delle classi medio-basse.

Il metodo prevede l'assegnazione di un punteggio per ciascun osso; il risultato finale (RUS) si ottiene sommando i punti del radio (R), dell'ulna (U) e delle ossa carpali (S) e va valutato all'interno di una carta dei percentili, simile a quelle usate per la crescita.

I dati di questo metodo furono aggiornati successivamente nel 1995 e nel 2001, con la versione del metodo denominata TW3, modificata per accogliere i cambiamenti che erano intercorsi nella crescita dei soggetti nei 30 anni trascorsi dalla pubblicazione dei primi lavori. Si ritiene che la versione denominata TW3 sia più affidabile, probabilmente perché si basa su una popolazione più contemporanea.

Anche il metodo TW2 e TW3 richiedono ovviamente l'utilizzo delle radiazioni, perché si analizzano sempre le radiografie della mano, ma riducono lievemente l'errore inter-osservatore (Aynsley-Green *et al.* 2012).

In linea teorica un metodo come quello di Tanner-Whitehouse dovrebbe essere più affidabile, tuttavia, in pratica è soggetto ad errori intra- e inter-osservatore simili al metodo Greulich e Pyle, oltre ad essere negativamente influenzato da problemi tecnici dovuti ad un posizionamento non corretto della mano durante l'acquisizione della radiografia.

Una volta effettuata la radiografia l'interpretazione avverrà con uno dei metodi disponibili, che deve essere adattato alle caratteristiche della popolazione del soggetto sottoposto ad accertamento.

I fattori che possono modificare la maturità ossea in un determinato soggetto non sono perfettamente definiti, anche se diversi studi hanno individuato fattori razziali e socioeconomici oltre ad alcune condizioni patologiche in grado di interferire con la crescita e lo sviluppo osseo.

L'impressione generale derivata dalla ricerca più recente è quella secondo la quale i fattori socioeconomici, che influenzano le modalità nutrizionali e le condizioni igieniche e sanitarie dei soggetti, siano più significativi in termini di capacità di interferire con la maturità scheletrica (Schmeling *et al.* 2000, 2001). Tuttavia altri studi, al contrario, non confermano questa ipotesi.

I fattori razziali, discussi da diversi autori, non sembrano essere responsabili di differenze significative nella maturità ossea; mentre determinate patologie mostrano che certe condizioni possono influenzare i risultati della valutazione dell'età scheletrica; tuttavia l'elenco delle condizioni patologiche responsabili di questo non può essere considerato esaustivo (Tab. 1 e 2).

Bone Age Retarded			
Addison Disease	Dubowitz syndrome	Juvenil Idiopatic Osteoporosis	Other chronic infections, as Malaria
Amonopterin fetopathy	Elite sports	Juvenil Rheumtaoid Arthritis	Papillon-Lefevre Syndrome
Anemias	Endemic Diarrhea	KBG syndrome	Parasitosis
Aspartylglucosaminuria	Extreme weight loss	Kocher-Debre-Semelaighe Syndrome	Patterson Syndrome
C Syndrome	Fetal rubella syndrome	Laron Dwarfism	Phenylketonuria
Celiac Disease	Freeman-Seldom syndrome	Larsen Syndrome	Pleonosteosis
Cistis fibrosis	Fucosidosis	Legg, Calvé, Perthes Disease	Prader- Willi Syndrome
Cleiodocraneal dysplasia	GAPO syndrome	Lenz-Manjewski hiperostotic dwarfism	Raquitism
Coffin-Lowry Syndrome	Geophagia-dwarfism hipogonadism syndrome	Lesch-Nyhan syndrome	Renal Failure
Crohn Disease	Glycogenosis tipe I Hipoadrenalism	Malnourishment	Renal tubulra acidosis
Cupper Deficiency	Hipogonadism	Marinesco-Sjögren syndrome	Rickets
De Lange Syndrome	Hipoparatiroidism	Mauriac syndrome	Rubinstein-Taybi syndrome
De Morsier syndrome	Hipopituitarism	Melnick-Needles osteodysplasty	Silver-Russel syndrome
De Sanctis-Cacchione syndrome	Hipotiroidism	Metartropic dysplasia	Talasemia
Deaf mutism-goiter euthyroidism syndrome	Histiocitosis X	Meyer dysplasia of femoral head	Thalassemia
Deprivation dwarfism	HIV infection	Mucopolipidosis II	The 3 M syndrome
Deprivation Syndrome	Hypogonadysm	Mucopolysacharidosis	Trichoheis nodosa syndrome
Diabetes Mellitus	Incontinentia pigmenti	Nephrotic syndrome	Trisomy 21
Diabetes Mellitus	Intrauterine growth retardiation	Nervous Anorexia	Weill-Marchesani Syndrome
Drugs	Johanson-Blizzard syndrome	Noonan syndrome	Wilson disease
		Osteoporosis idiopatic juvenile	Zellweger Syndrome

Tabella 1: Fattori patologici che possono rallentare lo sviluppo scheletrico (da Schmeling *et al.* 2011, p 102).

Bone Age Advanced		Drugs altering bone age
Adrenal Hiperplasia	Gigantism	Amiodarone
Acrodysostosis	Hypertiroidism	Budenoside
Adrenocortical Tumour	Idiopatic isosexual precocious puberty	Buclometasone, Dipropionate
Aldosteronism, primary	Lipodistrophy	Phenitoina
Arthrogyposis	Marshall Smith Syndrome	Metilphenidate
Beckwith-Wiedemann, syndrome	McCune Albright Syndrome	
Cerebral tumour	Neurofibromatosis	
Cockayne syndrome	Obesity	
Congenital Adrenal Hyperplasia	Peripheral dystosis (Brailsford)	
Cushing Syndrome	Sotos syndrome	
Ectopic Gonadotropine Production	Trisomy 8 Syndrome	
Familiar Advanced Bone Age	Weaver syndrome	

Tabella 2: Fattori patologici e droghe associati ad un sviluppo accelerato dello scheletro (da Schmeling et al. 2011, p 102).

La richiesta di metodologie sempre più precise per l'accertamento dell'età aumenta notevolmente quando il soggetto in fase di crescita viene a trovarsi verso la fase terminale dell'accrescimento scheletrico. La fascia d'età che pone più problemi ai ricercatori è quella associata ai limiti d'età che hanno un valore legislativo.

Nel caso specifico dei paesi europei, uno di questi limiti è rappresentato dai 18 anni.

In questa fase la maggior parte delle ossa ha già concluso la sua formazione e sono pochi gli elementi che possono consentire di valutare l'età scheletrica del soggetto, così come anche l'età dentaria. Il fatto che ci siano pochi indicatori d'età analizzabili per accertare questa particolare età stride fortemente con l'esigenza legale di definire un soggetto come minore o come adulto.

Due distretti risultano particolarmente interessanti per stimare l'età in queste fasi: l'estremità sternale della clavicola e la cresta iliaca dell'ileo. Per entrambi sono state identificate tre fasi: la mancanza di unione (le due porzioni sono separate l'una dall'altra), l'unione parziale e l'unione completa.

La cresta dell'ileo inizia a saldarsi tra il 14 e il 23 anni di età, con unione completa a 24 anni per entrambi i sessi (Owing *et al.* 1985); tuttavia, poiché esistono differenze tra le popolazioni (Scoles 1948) è necessario utilizzare standard di riferimento adeguati alla popolazione.

La fusione delle cresta iliaca è stata anche analizzata nella medicina clinica come indicatore di età biologica per stabilire la fine della crescita della colonna vertebrale;

l'informazione è finalizzata al trattamento della scoliosi nei soggetti subadulti (Risser 1948).

Per la valutazione del raggiungimento o meno dei 18 anni, può essere utile valutare lo stato di ossificazione dell'estremità mediale della clavicola, dato che quasi tutti gli indicatori scheletrici dello sviluppo hanno già completato, in questa fase, la loro crescita; questo distretto è infatti ritenuto l'ultimo elemento scheletrico a completare la sua formazione.

I metodi radiologici per esaminare l'epifisi mediale della clavicola nei soggetti viventi sono: la radiografia convenzionale e la tomografia computerizzata (CT); sono inoltre disponibili dati relativi ad applicazioni con nuovi approcci che utilizzano la risonanza magnetica e gli ultrasuoni.

Diversi autori hanno sottolineato che i dati forniti dallo studio di materiale scheletrico secco non sono direttamente confrontabili con dati ottenuti dagli studi radiologici. Krogman (Krogman e Isçan 1986) così come Kreitner (Kreitner *et al.* 1998), per esempio, hanno sostenuto che l'inizio della fusione può essere rilevato con anticipo nelle radiografie, prima che possa essere visibile un'unione tra epifisi e metafisi sull'osso secco. Pertanto, i valori di riferimento forniti da studi sull'osso secco non dovrebbero essere applicati alle valutazioni tramite radiografia.

I sistemi tradizionali individuano quattro fasi dell'ossificazione della clavicola:

- fase 1, epifisi non saldata;
- fase 2, epifisi con porzione centrale ossificata;
- fase 3, epifisi parzialmente saldata;
- fase 4, fusione completa.

Schmeling *et al.* (2004) hanno invece suddiviso la fase della fusione totale in due fasi aggiuntive (fase 4: fusione con linea di saldatura visibile; fase 5: fusione con linea non visibile). La figura 3 mostra le fasi di ossificazione clavicolare per radiografie e tomografie.

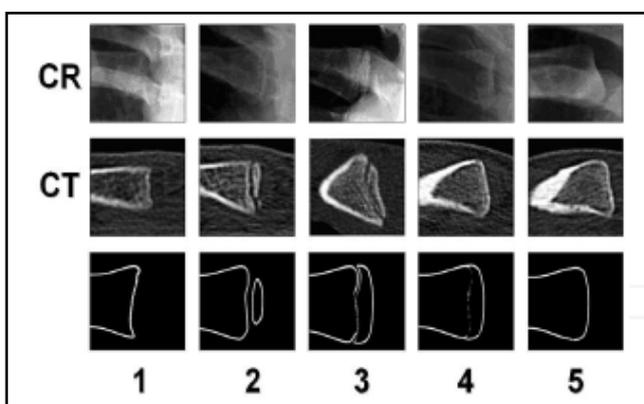


Figura 3: riproduzioni schematiche ed immagini relative alle 5 fasi di fusione dell'estremità mediale delle clavicola (da Schmeling *et al.* 2011, p. 95).

Ai fini della stima dell'età alcune metodologie prevedono la suddivisione del processo di fusione dell'estremità mediale della clavicola in tre fasi: epifisi non fusa, parzialmente fusa o fusa; la Tabella 3 sintetizza l'intervallo di età di ciascuna delle tre fasi in base ai dati riportati in alcuni studi.

Authors	Origin of sample	N	Technique	Nonunion (maximum age)	Partial union	Complete union (minimum age)	Complete union (100% of the sample)
Flecker (48)	Australia	437	X-ray	26	nd	22	26
Galstaun (49)	Bengal	654	X-ray	19	nd	19	25
Ji et al. (50)	Japan	54	Anatomical	<22		19	
Jit and Kulkarni (51)	North India	684	X-ray	19	18–24	22	25
Kreitner (52)	Europe	380	CT	22	16–26	22	27
Mc Kern and Stewart (29)	United States (of European origin)	374	Anatomical	nd	18–30	23	31
McLaughlin (53)	Portugal	32	Anatomical	<20	24–27		29
Owing Webb and Suchey (45)	United States (of European, African, and Mexican origin)	859	Anatomical	≤25	16–33	21	34
Stevenson (54)		110	Anatomical		>22		28
Szilvassy (55)	Austria	140	Anatomical	>20	21–25	26	
Todd and D'Errico (56)	United States (of European and African origin)	166	Anatomical	nd	19–27	22	28

Tabella 3: i dati relativi alla fusione dell'estremità mediale della clavicola in alcune popolazioni (da Baccino e Schmitt 2006, p. 270).

Come per la cresta iliaca, per una maggiore precisione si raccomanda di utilizzare uno standard specifico per la popolazione.

VALUTAZIONE DELL'ETÀ DENTARIA NEI SOGGETTI IN CRESCITA

Esattamente come accade per lo sviluppo dello scheletro anche lo sviluppo dei denti vede il susseguirsi di una serie di cambiamenti, sia nell'eruzione che nella mineralizzazione dei singoli denti.

Per quanti riguarda i metodi per determinare l'età dentaria, Gleiser e Hunt (1955) furono i primi a suggerire che la mineralizzazione dei denti avesse maggior rilevanza rispetto all'eruzione dei denti.

La mineralizzazione delle corone dei denti decidui inizia a circa 3 o 4 mesi di vita intrauterina e continua dopo la nascita durante il periodo neonatale; la formazione è generalmente completata tra i 18 mesi e i 3 anni di età.

Il processo di sviluppo dentale è correlato a differenti fasi di mineralizzazione che possono essere osservati tramite radiografia; questo sviluppo è molto più uniforme e

graduale rispetto a tutti gli altri indicatori di maturità; risulta inoltre maggiormente influenzato dalla genetica piuttosto che da fattori esterni. Per questo motivo sono stati sviluppati diversi metodi di valutazione dell'età dentale.

Il grado di sviluppo della mineralizzazione dei denti viene quindi osservato tramite tecnica radiografica, solitamente con ortopantomografia (OPT) che permette di acquisire con un'unica immagine una visione complessiva di tutti i denti.

Durante il periodo infantile si può osservare lo sviluppo simultaneo di diversi denti; la maggioranza dei metodi sviluppati per valutare la mineralizzazione dei denti mostra variazioni di circa 2 anni sulla media, per intervalli di confidenza del 90-95%.

Studi effettuati su campioni di età nota hanno invece rivelato differenze più basse, di circa 6 mesi (Liversidge 1994; Saunders *et al.* 1993).

Attualmente una delle metodologie più applicate e più ricorrenti in letteratura è quella di Demirjian, che prevede la classificazione secondo otto stadi di sviluppo della corona e della radice del dente (Demirjian *et al.* 1973).

Il **metodo di Demirjian** prevede la valutazione dello stadio di formazione per ciascuno dei 7 denti permanenti (escluso il terzo molare), esaminato separatamente: ad ogni dente è quindi da attribuire uno stadio da A ad H (dalla comparsa dei primi centri di calcificazione, alla chiusura degli apici delle radici). I denti sono da valutare separatamente consultando una tabella che riproduce i diversi stadi in base alla tipologia di dente: molari, premolari, canini ed incisivi (Fig. 4).

Ad ogni specifico stadio corrisponde un valore, la somma dei valori degli stadi dei 7 denti permette di ottenere uno "score maturity" che, tramite tabelle specifiche per ciascun sesso, è direttamente convertibile nell'età del soggetto.

Il metodo è considerato affidabile, sebbene alcuni studi abbiano dimostrato un'elevata dipendenza dalle caratteristiche specifiche di ciascuna popolazione. Nonostante questo la tecnica risulta particolarmente adatta alla pratica forense, sia per la definizione di stadi ben diversificati l'uno dall'altro, sia per la facilità di apprendimento e di applicazione.

Il metodo è stato rivisto dallo stesso Demirjian (Demirjian e Goldstein 1976) al fine di superarne i limiti; in quell'occasione sono stati sviluppati tre diversi altri metodi: un metodo rivisto per i 7 denti, un metodo basato su 4 denti (molari e premolari) e un altro basato su 4 incisivi. Tutti questi metodi si basano su radiografie di bambini franco-canadesi di età compresa tra 3 e 17 anni.

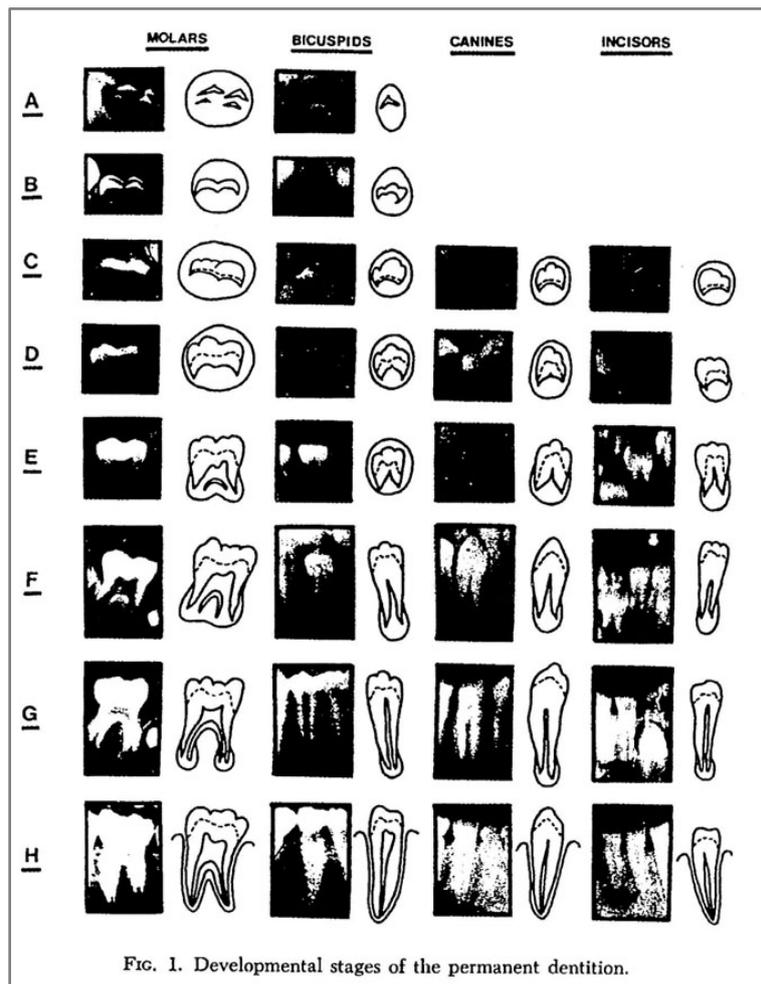


Figura 4: lo schema dello sviluppo dei denti di Demirjian.

Secondo uno studio condotto dall'American Board of Forensic Odontology (ABFO) se il terzo molare ha radici completamente chiuse e rientra nello stadio H di Demirjian c'è un'alta probabilità, pari al 90% per i maschi e al 92% per le femmine, che il soggetto abbia almeno 18 anni (Mincer *et al.* 1993).

Nonostante l'ampio utilizzo di questa tecnica, alcuni studi ne hanno illustrato i limiti: la scelta dello stadio in cui far ricadere il dente è soggettiva e non è possibile valutare l'età con precisione nei soggetti maggiori di 16 anni.

Numerosi studi effettuati nel corso degli ultimi decenni hanno inoltre rilevato un lieve ritardo nella maturazione dell'originale popolazione franco-canadese, che comporta una sovrastima nell'applicazione del metodo ad altre popolazioni.

Un altro metodo in uso è rappresentato da quello di Gleiser e Hunt (1955) che descrivono 15 stadi per lo sviluppo dentale, sintetizzati tramite disegni e tabelle (Moorees, Finning e Hunt 1963).

La valutazione dell'età diventa più complessa una volta che gli apici della radice del secondo molare permanente sono chiusi (circa 14 anni); da questo momento in poi gli indicatori d'età disponibili scarseggiano e per quanto riguarda i denti rimane da osservare solo lo sviluppo del terzo molare.

Il dente del giudizio è il dente che mostra una maggior frequenza di agenesia, ed è il più irregolare nella sua sequenza di maturazione; inoltre, al contrario di quanto accade per il resto della dentizione, tende ad apparire prima nei maschi rispetto alle femmine.

Il dibattito sull'affidabilità dello sviluppo del terzo molare come indicatore dell'età resta aperto, tuttavia, a causa della scarsità di elementi alternativi, la valutazione della maturità di questo dente rimane il primo elemento che si osserva nei soggetti di età compresa tra i 14 e i 20 anni.

Per rendersi conto della variabilità della maturità del dente del giudizio basti pensare che alcuni soggetti presentano il terzo molare completamente formato (stadio H di Demirjian) a 15 anni, mentre in altri a 25 anni presentano un dente del giudizio non ancora completamente formato (Aynsley-Green *et al.* 2012).

Ovviamente anche l'affidabilità e la validità dei differenti metodi di stima dell'età dentaria sono oggetto di numerose e continue controversie.

Numerosi studi sono stati portati avanti per testare i vari metodi ed altri ancora sono stati sviluppati nel tentativo di correlare la mineralizzazione del terzo molare all'età cronologica dei soggetti.

Nonostante quindi lo sviluppo del terzo molare non sia considerato un indicatore ideale per la stima dell'età, molti studi si sono focalizzati sulla possibilità di utilizzarlo a questo scopo, conducendo osservazioni diversificate: si può infatti prendere in considerazione la misura della sua altezza (Liversidge e Molleson 1999); il rapporto delle sue dimensioni (Thevissen *et al.* 2011; Cameriere *et al.* 2008b) o classificare il suo stadio di sviluppo o di eruzione (Willems 2001).

POSSIBILI SVILUPPI FUTURI

Come ricordato in precedenza, nuovi strumenti di indagine non invasive sono già stati sviluppati, ma la ricerca in questo settore necessita di essere messa a punto dato che i risultati ottenuti non sono paragonabili agli esiti tradizionalmente ottenuti tramite l'utilizzo dei raggi X.

La **risonanza magnetica** (RMI) è stata applicata all'analisi del distretto polso-mano in ambito sportivo, per l'accertamento dell'età nei calciatori, tramite l'elaborazione di un sistema basato su sei gradi di fusione (Dvorak *et al.* 2007a; 2007b).

Uno studio di comparazione tra immagini ottenute con risonanza magnetica ed immagini ottenute con raggi X, relative sempre all'area del polso (George *et al.* 2012), ha rivelato che mediamente le immagini ottenute con raggi X mostrano un grado più avanzato di fusione, rispetto alle immagini ottenute con risonanza.

La tecnica RMI è stata applicata anche all'analisi dell'area del ginocchio (Dedouit *et al.* 2012) per verificarne la validità dell'accertamento dell'età in soggetti di età compresa tra 10 e 30 anni. Lo studio ha mostrato una buona correlazione tra l'età e le cinque fasi individuate, oltre ad una buona correlazione tra gli osservatori e un basso errore intraosservatore.

Non vanno poi dimenticate le applicazioni della RMI allo studio della clavicola (Schmidt *et al.* 2007).

Anche gli **ultrasuoni** costituiscono un approccio privo di radiazioni che è stato oggetto di valutazione. Sono stati utilizzati per l'analisi della mano (Mentzel *et al.* 2005) in un campione di soggetti di età compresa tra 6 e 17 anni. Lo studio ha riscontrato una correlazione con il metodo di Greulich e Pyle.

Sempre tramite ultrasuoni è stata analizzata anche la cresta iliaca (Schmidt *et al.* 2011); le conclusioni di questo studio confermano la validità di questo approccio, che tuttavia necessita di ulteriori approfondimenti.

CAPITOLO 3: LA STIMA DELL'ETÀ E L'AMBITO GIURIDICO

LA STIMA DELL'ETÀ NELL'IDENTIFICAZIONE PERSONALE

L'identificazione di una persona è oggetto di studio da parte della medicina legale, sia che si tratti di resti umani, sia che si tratti di soggetti in vita.

Tra i primi parametri che permettono di identificare una persona, oltre al sesso, c'è l'età, che rimane sicuramente uno dei principali fattori discriminanti.

Nel caso infatti di soggetti deceduti, l'età è uno degli elementi che permette la definizione del profilo biologico dell'individuo, da comparare poi con i dati disponibili per i soggetti scomparsi; mentre nel caso di soggetti viventi può essere necessario accertare l'età di individui privi di documenti o con documenti la cui regolarità è messa in discussione.

L'identificazione è passaggio essenziale per la giustizia, ma risulta anche molto importante per ragioni economiche e finanziarie (premi assicurativi sulla vita), per motivi amministrativi (funerali, eredità, rimpatrio), e ultimo, ma non meno importante, per motivi psicologici. Infatti, è spesso più doloroso e difficile per i parenti arrivare all'elaborazione del lutto in assenza di un corpo.

Come indicato da alcuni autori (Schmeling *et al.* 2011, p.77) ai termini "determinazione" o "diagnosi dell'età" è da preferire il termine "stima", che racchiude al suo interno i limiti e gli errori che possono inficiare il risultato ottenuto. Sarebbe opportuno preferire questa terminologia perché chi non è abbastanza inserito nella problematica, come ad esempio le autorità giudiziarie, possa effettivamente cogliere anche dall'utilizzo della semplice parola "stima", l'incertezza che gravita intorno al dato finale.

Negli ultimi anni è notevolmente aumentata la richiesta di accertamento dell'età in soggetti viventi adolescenti o subadulti. Questo è dovuto al fatto che in molte nazioni esistono limiti d'età per accedere a particolari condizioni (richiesta d'asilo, patente di guida, possibilità di contrarre matrimonio, inserimento nel mondo del lavoro, obbligo scolastico...). Soprattutto, più rilevante ai fini giuridici, nelle leggi di molti paesi sono presenti limiti d'età al di sotto dei quali, pur avendo commesso un atto illecito, non si è ritenuti responsabili, o se si è ritenuti responsabili, si viene giudicati da una corte minorile. In molti paesi europei i limiti delle età legalmente rilevanti vanno da 14 a 21 anni. In Italia, così come in Francia e Germania, il limite d'età sopra il quale una persona è

ritenuta legalmente responsabile delle proprie azioni (MACR= Minimal Age Criminal Responsibility) è quello dei 14 anni.

I 18 anni invece, nel nostro paese, costituiscono la soglia oltre la quale un soggetto viene ritenuto legalmente un adulto e deve essere giudicato secondo la normativa penale vigente.

IL DIALOGO TRA IL MONDO GIURIDICO E LE SCIENZE BIOLOGICHE

Nel 2013 Benso e Milani hanno stilato una relazione che esprime in maniera molto chiara il difficile rapporto esistente tra le scienze biologiche e le scienze giuridiche.

Il documento critica l'approccio utilizzato in Italia per l'accertamento dell'età anagrafica dei soggetti in crescita, che è basato prevalentemente e quasi esclusivamente sull'analisi della maturità scheletrica; tale approccio risulterebbe assai diffuso perché porta a risultati celeri e meno costosi rispetto a perizie che richiedono una valutazione multidisciplinare.

Il punto dolente secondo gli autori è che molti presidi ospedalieri forniscono referti che permettono di procedere con l'assunzione di decisioni giuridicamente rilevanti riguardanti i soggetti sottoposti ad accertamento, senza tuttavia tenere in considerazione che a questi referti mancano solide basi scientifiche.

L'ampia variabilità nella maturazione osservabile tra coetanei della stessa etnia, di pari livello socioeconomico, con similari condizioni di vita e di salute (variabilità biologica), induce gli autori a ritenere che l'età cronologica di soggetti con una medesima età scheletrica vada ricompresa entro un *range* di ± 2 anni.

L'età "biologica" o "fisiologica" ricavabile dall'esame di caratteristiche maturative individuali, quali lo sviluppo puberale ..., la maturazione scheletrica, l'ecografia utero-ovarica e i dosaggi ormonali, non consente di stabilire con esattezza l'età cronologica di una persona priva di documenti. È questo un chiaro esempio della difficoltà che le Scienze Biologiche, il cui linguaggio è essenzialmente probabilistico, hanno nel dialogare con le Scienze Giuridiche, che richiedono ragionevoli certezze" ...

La relazione tra età cronologica ed età biologica non è biunivoca, poiché queste due variabili hanno differente natura. L'età cronologica è il tempo intercorso dalla nascita al momento dell'esame, ed è definita allo stesso modo per tutti. L'età biologica è il grado di maturazione raggiunto dal soggetto al momento dell'esame, che varia da soggetto a soggetto, perché ciascuno matura con il suo ritmo, anche in assenza di patologie

Ne consegue che a ogni età cronologica corrisponde una molteplicità di possibili età biologiche, e i soggetti che condividono un'identica età biologica possono presentare età cronologiche assai differenti, soprattutto in età puberale
In sintesi, la variabilità individuale nel ritmo dello sviluppo corporeo rende incerto l'uso dell'età biologica come surrogato o predittore dell'età cronologica (variabilità biologica). (Benso e Milani 2013, p.2-3)

L'altra critica che gli autori rivolgono riguarda le metodologie utilizzate principalmente in Italia per la determinazione dell'età dei soggetti in crescita. Si tratta di metodi basati sugli stadi puberali o sullo sviluppo scheletrico delle ossa della mano, che sono stati sviluppati ormai da decenni soprattutto basandosi su studi di popolazioni anglosassoni. I metodi di Tanner-Whitehouse e di Greulich-Pyle, che derivano l'età cronologica dallo sviluppo scheletrico delle ossa del distretto polso-mano, sono stati sviluppati su radiografie di bambini ed adolescenti nati a Cleveland (Ohio) negli anni '30 (per il metodo di Greulich e Pyle) o relative a soggetti di una popolazione britannica di ceto medio-basso degli anni '60 (Tanner-Whitehouse 2) o della fine degli anni '90 (Tanner-Whitehouse 3). Secondo Benso e Milani quindi, c'è una "distorsione sistemica", applicando i dati di queste popolazioni di riferimento a ragazzi/adolescenti con patrimoni genetici differenti, provenienti da aree del mondo connotate da stili di vita, abitudini alimentari e caratteristiche ambientali completamente diverse. L'errore di fondo consiste nel non aver considerato che oltre all'aumento della statura, con l'aumento del benessere si è verificato anche un anticipo della pubertà, con conseguente anticipo della maturazione scheletrica (*secular trend*).

È inoltre noto che popolazioni differenti differiscono non solo nel patrimonio genetico, ma anche nel cosiddetto ambiente (abitudini alimentari, stili di vita, caratteristiche geografiche delle regioni dove vivono), e subiscono differenti effetti dell'interazione gene-ambiente sul ritmo della maturazione biologica. Sino a oggi, non vi sono dati sufficienti per adattare questi metodi alle etnie per le quali più frequentemente sono richieste determinazioni dell'età biologica, al fine di evitare possibili distorsioni sistematiche.

Di conseguenza una perizia basata sul metodo TW2, che asserisca che l'età di un soggetto privo di documenti di identità è 14 anni, non ha alcun fondamento scientifico e può essere gravemente fuorviante. Il perito dovrebbe limitarsi a riferire nel modo seguente: "Se il soggetto in esame fosse un ragazzo inglese di ceto medio, nato negli anni Cinquanta, avrebbe circa il 94% di probabilità di avere età cronologica compresa tra 12 e 16 anni". (Benso e Milani 2013, p.3)

Una ulteriore critica mossa ai referti presentati è legata alla confusione concettuale che viene fatta tra imprecisione ed incertezza; a seguito di questa confusione può accrescere

la falsa certezza che l'autorità giudiziaria trova racchiusa nella perizia. L'imprecisione nella valutazione è quell'errore che l'operatore esperto può compiere nell'esame di una data radiografia, sovrastimando o sottostimando l'età a seconda dell'importanza che attribuisce a certe caratteristiche; questo errore varia da ± 3 a ± 6 mesi a seconda del metodo utilizzato e dell'età del soggetto.

L'incertezza invece, è legata alla variabilità biologica ed ai diversi gradi di maturazione biologica che soggetti coetanei possono presentare, infatti il 94% dei soggetti con una data maturazione scheletrica ha età cronologica compresa in un intervallo di ± 2 anni intorno all'età media corrispondente a tale grado di maturazione.

Dopo aver quindi elencato tutta una serie di motivazioni che portano ad essere molto cauti nell'utilizzare l'età scheletrica di un soggetto per determinare, con la certezza che il mondo giuridico richiede, l'età cronologica del soggetto gli autori concludono affermando che:

... non si può infine ignorare che il grado di responsabilità delle proprie azioni è più correlato all'età biologica che a quella cronologica, poiché è noto che l'attività degli ormoni sessuali favorisce lo sviluppo del pensiero formale, come le capacità di sintesi, di astrazione, di prefigurare il futuro e investire su di esso. È questo un aspetto qualitativo della maturità, la cui valutazione quantitativa, benché di grandissima importanza, risulta un compito di schiacciante complessità. (Benso e Milani 2013, p. 5).

Gli autori chiariscono il maniera inequivocabile le due condizioni estreme in cui si vengono ad operare le scienze biologiche da una parte ed il mondo giuridico dall'altra. Nonostante il documento abbia come fulcro le metodologie per l'accertamento dell'età dei soggetti in crescita, le critiche che vengono mosse sono certamente estendibili a tutte le metodologie utilizzate ai fini della stima dell'età. Si procede applicando una metodologia talvolta senza disporre né delle informazioni relative alla popolazione dalla quale è stata derivata, né delle informazioni relative al soggetto o al campione in esame, o agli errori che affliggono la stima.

Nonostante le pesanti critiche mosse da Benso e Milani, in tempi recenti la Cassazione Penale ha espresso un parere positivo circa l'utilizzo delle radiografie della mano ai fini della stima dell'età:

l'accertamento radiografico del polso dà conto dei risultati esperiti in tutti i casi consimili ed è in grado di offrire un tranquillizzante grado di certezza in ordine ai

suoi esiti circa il processo di accrescimento dell'organismo nell'età evolutiva (Cass. pen. sez. III, 25.3.2014, n. 38280).

ALCUNI CONCETTI STATISTICI E LA LORO FUNZIONE RISPETTO ALLA SCELTA DELLA METODOLOGIA

In tutti i campi scientifici vengono messe a punto delle procedure che hanno lo scopo di verificare un'ipotesi; queste procedure sono comunemente definite test.

In base alla risposta che producono i test vengono suddivisi in due tipologie: ci sono test qualitativi, che forniscono una risposta tipo vero/falso o positivo/negativo, e test di tipo quantitativo, che producono risultati sotto forma di valori numerici.

Ci sono due requisiti che un test dovrebbe soddisfare: l'affidabilità e la validità.

L'**affidabilità** è definita come la capacità di un test di fornire lo stesso risultato nel corso di misurazioni ripetute; è il grado con cui ulteriori misurazioni o calcoli mostrano risultati uguali o simili. Si tratta di una caratteristica intrinseca al test e alle misure e dipende dalle capacità dello strumento e/o dell'osservatore.

La **validità** è la capacità diagnostica del test di distinguere tra vero/falso o tra positivo/negativo.

La possibilità di replicare le misurazioni in modo affidabile è un elemento fondamentale di qualsiasi metodologia, per la quale è necessario conoscere l'errore ad essa associato, dato che il margine d'errore dovrebbe essere indicato nel referto relativo all'accertamento dell'età.

Per questo motivo negli studi metodologici vengono condotte delle osservazioni sulla capacità che un osservatore ha di replicare le stesse misurazioni o sulla possibilità che un osservatore diverso sia in grado di riprodurre le medesime misurazioni.

Si parla perciò di **variabilità intra-osservatore**, cioè della variabilità che un osservatore ha quando ripete due o più volte la stessa misura nelle stesse condizioni (le immagini, la strumentazione e l'osservatore non sono cambiate). Per affrontare gli errori di misurazione casuali che affliggono i dati raccolti dallo stesso osservatore le misurazioni vengono ripetute dopo un certo lasso di tempo, che deve essere abbastanza lungo per eliminare l'effetto della memoria.

Oltre a questa c'è anche la **variabilità inter-osservatore**, che misura il grado con cui due o più osservatori ottengono risultati simili valutando lo stesso oggetto.

Errori di misurazione possono essere introdotti da diversi fattori quali: l'imprecisione, l'inesattezza o la scarsa scala degli oggetti all'interno di uno strumento, e ancora l'instabilità dello strumento di misura nel misurare lo stesso soggetto nel tempo.

Vengono perciò calcolati l'errore intra-osservatore e l'errore inter-osservatore, che risultano elementi importanti anche ai fini di una comparazione tra metodologie differenti.

Associati a questi concetti, ci sono quelli di ripetibilità e di riproducibilità.

La **ripetibilità** è il grado di conformità tra una serie di misure di uno stesso misurando, che viene valutata lasciando immutate le condizioni di misura.

La **riproducibilità** è invece il grado di conformità tra una serie di misure valutata modificando una o più condizioni. Si parla ad esempio di riproducibilità delle misure, quando lo stesso processo è portato a termine in modo soddisfacente da due diversi osservatori.

Il coefficiente **Kappa di Cohen** è un coefficiente statistico che rappresenta il grado di accuratezza e affidabilità in una classificazione statistica. È l'indice più usato per valutare l'accordo tra osservatori: può variare da 0 a 1, dove zero esprime la mancanza di accordo e 1 l'accordo totale. In base poi ai valori intermedi tra questi due estremi, vengono espressi diversi "gradi di concordanza":

- se k assume valori inferiori a 0 allora non c'è concordanza;
- se k assume valori compresi tra 0 e 0.4 la concordanza è scarsa;
- se k assume valori compresi tra 0.4 e 0.6 la concordanza è discreta;
- se k assume valori compresi tra 0.6 e 0.8 la concordanza è buona;
- se k assume valori compresi tra 0.8 e 1 la concordanza è ottima.

Nei test quantitativi occorre individuare un valore soglia (definito **cut-off**, cut-point o threshold), preso sulla scala delle misurazioni effettuate, che è il valore che permette di "tagliare" il campione in due: da una parte i soggetti che hanno valori di riferimento superiori al cut-off e dall'altra soggetti che invece presentano valori inferiori. Questo valore soglia permette di effettuare una suddivisione tra i valori: da una parte quelli "positivi" e dall'altra quelli "negativi"; consente di distinguere tra i valori "veri" e quelli "falsi"; permette perciò di categorizzare la gamma dei risultati ottenuti.

Il “valore soglia” è un valore numerico che non è assoluto, ma viene selezionato in base ai risultati; tramite questo valore la distinzione tra positivo/negativo o tra vero/falso può ovviamente produrre anche degli errori: identificato il valore del cut-off, non è detto che tutti i soggetti vengano correttamente classificati, ci potranno essere dei soggetti che soddisfano il test, perché mostrano risultati positivi ad esso, ma che in realtà non dovrebbero trovarsi in quel gruppo.

Questi concetti possono essere meglio esplicitati facendo ricorso ad un esempio pratico: come si vedrà nella parte delle applicazioni il “metodo Cameriere” dell’indice del terzo molare (I_{3M}) permette di distinguere tra i soggetti maggiorenni e quelli minorenni in base al valore del cut-off, che è fissato a 0.08. Un soggetto che presenta valore dell’indice del terzo molare inferiore al cut-off di 0.08 viene considerato adulto.

Nell’applicazione pratica quindi, una volta misurati e calcolati tutti gli indici del terzo molare, i soggetti vengono suddivisi in maggiorenni e minorenni utilizzando il valore 0.08. Analizzando i risultati però si potrà osservare che nel gruppo dei soggetti classificati come “adulti” (con l’indice del terzo molare $<$ di 0.08) saranno presenti probabilmente anche alcuni minorenni, erroneamente classificati a causa dell’indice del terzo molare. Stessa cosa può avvenire nel gruppo dei soggetti classificati come “minori”: probabilmente all’interno di questo gruppo saranno capitati anche alcuni individui di età maggiore di 18 anni. Non dobbiamo quindi aspettarci che tutti i maggiorenni presentino un valore inferiore a 0.08 e tutti i minorenni all’opposto presentino valori maggiori di 0.08.

Questo avviene perché esiste una zona di sovrapposizione dei risultati. Ci sarà quindi un certo numero di soggetti positivi al test, con valori inferiori a 0.08, che in realtà non ha superato i 18 anni. Si tratta quindi di minorenni erroneamente classificati come maggiorenni, che vengono definiti **falsi positivi**. Allo stesso modo ci saranno soggetti negativi al test (quindi con valori maggiori di 0.08), che in realtà sono maggiorenni erroneamente classificati come minorenni; in questo caso si parla di **falsi negativi**.

Un test si definisce accurato quanto più è ridotta la possibilità che produca delle false classificazioni, quindi se falsi positivi e falsi negativi sono molto limitati.

Le misure più comunemente utilizzate per verificare la performance di un test sono la sensibilità e la specificità; si tratta di due parametri reciprocamente dipendenti che hanno una correlazione inversa rispetto al valore scelto come cut-off.

La **sensibilità** calcola il numero dei veri positivi al test (diviso per il totale dei soggetti, espressa in percentuale), mentre la **specificità** calcola il numero dei veri negativi al test (diviso per il totale dei soggetti, espressa in percentuale).

Nel campo forense quello che interessa i giudici è sapere se l'individuo, la cui età è da accertare, abbia superato o meno una specifica soglia d'età. Da un punto di vista metodologico questo richiede l'identificazione di un parametro misurabile che possa permettere la distinzione tra minorenni e maggiorenni. Si procederà quindi alla scelta di un valore cut-off e alla verifica di quanti soggetti risultino correttamente classificati e di quanti invece siano i casi positivi ed i casi negativi.

Per la pratica forense gli errori durante l'applicazione possono essere di due tipi: **errori tecnicamente inaccettabili** ed **errori eticamente inaccettabili**.

Se un soggetto effettivamente maggiore di 18 anni viene erroneamente considerato un minore si ricade nella prima categoria; se invece un soggetto minore viene erroneamente considerato un adulto si ricade nella tipologia dell'errore eticamente inaccettabile. Si tratta infatti, in questo secondo caso, di un tipo di errore che comporta la violazione dei diritti dei minori; un bambino erroneamente giudicato maggiorenne infatti può essere a rischio di abuso o di sfruttamento se non collocato in una situazione protetta, come invece prevede la legge a tutela dei minori.

L'errore relativo alla stima dell'età può avere anche gravi conseguenze, come nel caso di una richiesta di asilo: la domanda può essere respinta appunto perché al soggetto non si riconosce il diritto di asilo, non essendo riconosciuto come minore.

Di conseguenza le diagnosi di età in ambito forense devono prevedere delle metodologie in grado di ridurre al minimo gli errori tecnicamente inaccettabili e idealmente eliminare gli errori eticamente inaccettabili. Parlando in termini statistici questo equivale a dire che devono essere ridotti i falsi negativi ed i falsi positivi.

La scelta del valore cut-off di una metodologia quantitativa è una scelta arbitraria e ponderata, che si basa sulla ricerca di un valore in grado di garantire il minor numero di soggetti minorenni erroneamente classificati come adulti.

A questo proposito quindi, i concetti statistici illustrati possono risultare utili nella comparazione tra metodologie: quella che presenta specificità maggiore sarà quella più adatta a garantire il minor numero di minori erroneamente classificati.

Abbiamo già definito in precedenza il significato di accuratezza e precisione, tuttavia può risultare utile riprendere questi concetti ed analizzarli con il supporto di un'immagine comunemente associata alla loro spiegazione.

L'accuratezza (detta anche validità) ed è il grado di conformità di una certa misura rilevata rispetto al suo vero valore, ha a che fare quindi con il livello di vicinanza delle misure rispetto al valore atteso. Una misura accurata è una misura prossima al valore corretto.

La precisione invece, detta anche affidabilità, è il grado con il quale ulteriori misure o calcoli portino allo stesso risultato o ad un risultato simile; essa è data dal livello di vicinanza di una misurazione con l'altra e da quanto le misure risultano quindi raggruppate. Questo non significa però che le varie misure siano necessariamente vicine al valore atteso. La precisione è il grado di convergenza o di dispersione dei dati rilevati individualmente rispetto al valore medio.

L'esempio migliore per spiegare le differenze tra accuratezza e precisione è quello dell'immagine del bersaglio (Fig. 5). Le misure effettuate sono quindi paragonabili a delle frecce; l'accuratezza descrive la vicinanza delle frecce al centro del bersaglio: i colpi che risultano più vicini al centro sono considerati i più accurati. In un metodo più la media delle misurazioni della variabile è vicino al valore effettivo (il centro del bersaglio) più il metodo risulta accurato. Continuando l'analogia con il bersaglio, quanto più le frecce giungono ravvicinate, tanto più la serie di tiri è precisa. Non importa quanto il centro del gruppo (la media) si avvicini al centro del bersaglio, quest'altro fattore è infatti determinato dall'accuratezza.

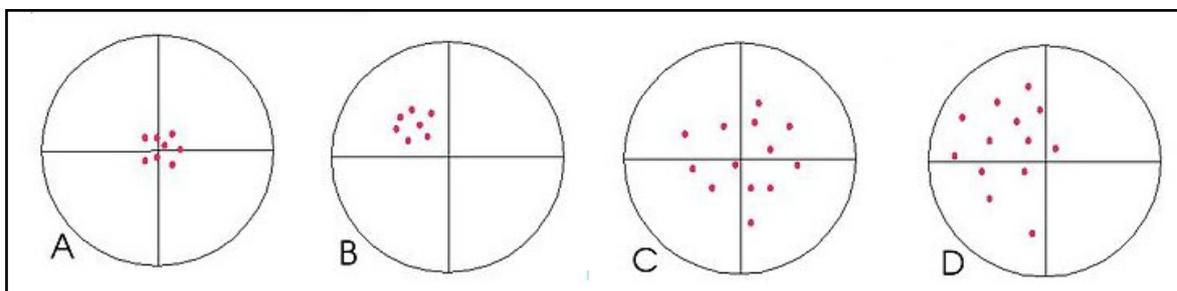


Figura 5: l'immagine del bersaglio permette di spiegare al meglio l'accuratezza e la precisione, facendo ricorso all'analogia della serie di tiri. A) Tiri accurati e precisi; B) precisi, ma non accurati; C) accurati e non precisi; D) non accurati e non precisi.

Nel campo della ricerca in tema di stima dell'età vengono effettuati molti studi su popolazioni contemporanee provenienti da aree geografiche molto diverse. Lo scopo di

questi lavori è valutare quanto accurata e precisa risulti una metodologia nell'analisi di popolazioni diverse; attraverso quindi la comparazione tra il valore dell'età stimato (in base alla tecnica applicata) ed il valore reale dell'età del soggetto, si può valutare l'errore che la metodologia manifesta nell'applicazione ad una popolazione.

Poiché da un punto di vista giuridico esistono limiti d'età ben precisi, solitamente sono le metodologie che permettono di accertare le soglie d'età rilevanti per la legge ad essere oggetto di questo tipo di verifica; le metodologie di studio dei soggetti in crescita risultano quindi maggiormente indagate in tal senso. Ecco quindi che le tecniche che permettono di accertare i 14¹² o 18 anni vengono costantemente controllate.

LA TUTELA DEI MINORI NON ACCOMPAGNATI

Il Diritto Europeo e il Diritto Internazionale hanno individuato categorie speciali di soggetti ritenuti vulnerabili, tra i migranti che per vari motivi abbandonano il loro paese e raggiungono i paesi europei alla ricerca di una vita migliore. Una di queste categorie è quella dei minori non accompagnati o separati, che è tutelata da normative nazionali ed internazionali che assicurano protezione ai soggetti classificati al suo interno.

Secondo la normativa italiana per minore non accompagnato si intende:

il minore non avente cittadinanza italiana o di altri Stati dell'Unione europea che, non avendo presentato domanda di asilo, si trova per qualsiasi causa nel territorio dello Stato privo di assistenza e rappresentanza da parte dei genitori o di altri adulti per lui legalmente responsabili in base alle leggi vigenti nell'ordinamento italiano.

(art. 1 del Decreto del Presidente del Consiglio Dei Ministri 9 dicembre 1999, n.535),

mentre i "minori separati" sono coloro che sono separati da entrambi i genitori o da coloro che in precedenza si prendevano cura di loro, per legge o per consuetudine, ma non necessariamente da altri parenti.

A livello nazionale ed internazionale vengono effettuati numerosi studi statistici per individuare le lacune che devono essere colmate per garantire che tutti i minori non accompagnati beneficino dello stesso livello di protezione.

¹² Nello specifico si fa riferimento ai 14 e 18 anni perché questi sono i limiti per l'età di minima responsabilità criminale e per la maggiore età in Italia e nella maggior parte d'Europa. E' chiaro che gli studiosi possano manifestare l'esigenza di verificare le metodologie rispetto a limiti d'età diversi che possono essere in vigore in altri paesi.

Gli speciali trattamenti che sono riconosciuti ai minori devono essere garantiti anche nel caso in cui i soggetti siano coinvolti in procedimenti penali, sia qualora siano coinvolti in qualità di vittime che in qualità di responsabili dell'atto criminale.

Alcuni principi internazionali

La Convenzione delle Nazioni Unite sui Diritti dell'Infanzia (CRC) del 1989¹³, riconosce ai minori oltre che i diritti umani fondamentali anche alcuni diritti specifici, riconosciuti in virtù della loro vulnerabilità e dei loro bisogni specifici.

La CRC è lo strumento giuridico internazionale più rilevante, sia per quanto riguarda l'accertamento dell'età, sia per le questioni riguardanti le condizioni giuridiche dei fanciulli. Gli Stati hanno accettato di assumersi gli obblighi derivanti dalla Convenzione dei diritti dell'Infanzia e sono perciò responsabili di tale impegno di fronte alle autorità internazionali.

Ai sensi dell'art. 1 della CRC si intende per minore "ogni essere umano al di sotto dei 18 anni, salvo se abbia raggiunto prima la maturità in virtù della legislazione applicabile".

La Convenzione stabilisce alcuni principi fondamentali che devono guidare ogni azione che coinvolga un minore; di questi, di seguito ne verranno richiamati alcuni.

- **Principio del superiore interesse del fanciullo** (art. 3 CRC): in tutti i procedimenti amministrativi e giurisdizionali riguardanti un minore, si deve tenere in considerazione questo principio, questo significa che in tutte le decisioni relative ai minori, compreso quindi anche l'accertamento dell'età, di competenza delle istituzioni pubbliche o private di assistenza sociale, delle autorità, degli organi legislativi, dei tribunali, l'interesse del fanciullo deve essere preminente.

- **Principio di non discriminazione** (Artt. 2 e 22 CRC): si chiede agli Stati di garantire il rispetto dei diritti fondamentali di tutti i minori, inclusi i minori non accompagnati e quelli separati; per farlo gli Stati devono adottare provvedimenti volti ad assicurarne l'effettiva tutela, senza distinzioni dovute al colore, alla lingua, all'origine nazionale, etnica o sociale, o ad ogni altra condizione in base alla quale il minore possa trovarsi discriminato.

¹³ Assemblea Generale delle Nazioni Unite, Convenzione delle Nazioni Unite sui Diritti del Fanciullo, 20 novembre 1989, United Nations, Treaty Series, vol. 1577 (CRC). Il testo della convenzione CRC può essere consultato all'indirizzo <http://www.ohchr.org/en/professionalinterest/pages/crc.aspx>

Nel contesto dell'accertamento dell'età, tale principio implica anche che la decisione di sottoporre un individuo a verifica dell'età sia il risultato di una valutazione oggettiva circa l'effettiva necessità dell'accertamento, da valutarsi singolarmente, caso per caso. Si deve assicurare che non ci siano motivazioni discriminatorie alla base, dettate da ragioni legate alla nazionalità, all'origine o a specifiche caratteristiche fisiche.

- **Diritto del minore a preservare la propria identità** (art. 8 CRC): poiché l'età è un elemento costitutivo dell'identità di una persona, non è consentito di mettere in discussione tale dato in assenza di motivi fondati. Il sedicente minore deve quindi essere considerato tale fino a quando non sia provato il contrario.

- **Protezione da ogni forma di abuso** o violenza e **rispetto dell'integrità fisica del minore** (art. 19 CRC): in base a questo principio l'età deve essere accertata attraverso modalità che siano il meno invasive possibile, nel rispetto dell'integrità fisica e psichica, della cultura e del genere del minore.

- **Diritto del minore all'informazione, all'ascolto, alla libera espressione** delle proprie opinioni e al rispetto delle stesse in relazione all'età e al grado di maturità (Artt. 12 e 13 CRC): in base a questi principi la procedura di accertamento dell'età deve vedere la piena partecipazione del minore attraverso l'informazione e l'ascolto.

Il tema dell'accertamento dell'età è trattato nello specifico da convenzioni internazionali, direttive europee e strumenti giuridici non vincolanti, che stabiliscono criteri e garanzie fondamentali riguardanti questo specifico tema. Oltre a queste sono disponibili linee guida e dichiarazioni espresse dalle Nazioni Unite, dal Consiglio d'Europa e da organizzazioni internazionali non governative.

A questo proposito vanno ricordate:

- la Direttiva 2013/32/EU del parlamento Europeo sulle procedure d'asilo (DPA)¹⁴;
- la Direttiva sulle condizioni di accoglienza (DCA)¹⁵;
- il Piano d'azione sui minori non accompagnati (2010-2014)¹⁶;

14 Il testo è disponibile all'indirizzo:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:180:0060:0095:IT:PDF>

15 Il testo è disponibile all'indirizzo:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:031:0018:0025:IT:PDF>

16 Il testo è consultabile all'indirizzo:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0213:FIN:IT:PDF>

- la Risoluzione dell'Assemblea parlamentare sui minori non accompagnati in Europa: arrivo, permanenza e rimpatrio (1810/2011)¹⁷;
- la Risoluzione del Consiglio sui minori non accompagnati, cittadini di paesi terzi (del 12/06/1997)¹⁸;
- UNHCR: Guidelines on Policies and Procedure on Dealing with Unaccompanied Children Seeking Asylum (1997)¹⁹
- UNHCR: L'accertamento dell'età dei minori stranieri non accompagnati e separati in Italia (2014)²⁰
- Commento formulato dal Comitato ONU n° 10²¹
- Unaccompanied minors –an EU comparative study-, European Migration Network (EMN 2010)²²
- La pratica di valutazione dell'età in Europa, EASU (European Asylum Support Office) 2013²³

Le garanzie procedurali che vengono puntualizzate sono le seguenti:

- **Dubbio fondato e *extrema ratio***: l'accertamento dell'età deve essere effettuato solo se necessario, devono quindi sussistere dubbi fondati in merito all'età di un individuo. Ciò implica che l'accertamento dell'età non possa essere disposto in maniera sistematica, ma si debba basare su una valutazione obiettiva e imparziale, in presenza di elementi sostanziali che mettano in discussione la presunta età.

Tale criterio rispetta il diritto del minore a preservare la propria identità, alla partecipazione e all'ascolto e tiene conto delle possibili ripercussioni sullo stato psicologico ed emotivo di una persona, che potrebbero derivare dal metterne in discussione l'identità.

¹⁷ Il testo è disponibile all'indirizzo:

<http://assembly.coe.int/Main.asp?link=/Documents/AdoptedText/ta11/ERES1810.htm>

¹⁸ Il testo è consultabile all'indirizzo:

[http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31997Y0719\(02\):IT:HTML](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31997Y0719(02):IT:HTML)

¹⁹ Il testo è disponibile all'indirizzo:

<http://www.refworld.org/cgi-bin/texis/vtx/rwmain?docid=3ae6b3360>

²⁰ <https://www.unhcr.it/wp-content/uploads/2016/01/accertamento.pdf>

²¹ Il testo è consultabile all'indirizzo http://www.crin.org/docs/CRC_GeneralComment10.pdf

²² [http://www.emn.fi/files/288/0._EMN_Synthesis_Report_Unaccompanied_Minors_Publication_\(Sept10\)_1_.pdf](http://www.emn.fi/files/288/0._EMN_Synthesis_Report_Unaccompanied_Minors_Publication_(Sept10)_1_.pdf)

²³ https://www.easo.europa.eu/sites/default/files/public/2013.9603_IT_V4.pdf

- **Presunzione della minore età e beneficio del dubbio:** in base a questo ogni presunto minore deve essere trattato come tale e deve essere garantita l'applicazione delle norme in materia di protezione dei minori.

Qualora, anche a seguito dell'accertamento, persista l'incertezza, deve essere accordato il beneficio del dubbio.

- **Approccio multidisciplinare ed olistico:** l'accertamento deve essere condotto seguendo un approccio olistico e con procedure e **metodi multidisciplinari**, che devono considerare l'individuo nel suo complesso, non dandone solo una valutazione basata sull'aspetto. Si deve tenere presente anche la maturità psicologica e quella sociale.

- **Procedure e personale:** le procedure applicate dovrebbero essere uniformi, dettagliate e specifiche e dovrebbero essere condotte in un ambiente idoneo, da personale qualificato ed indipendente, al fine di evitare eventuali conflitti di interesse.

- **Metodi sicuri e non invasivi:** le metodologie adottate devono essere non invasive, sicure e rispettose dell'integrità della persona, appropriate all'età, al genere, alla cultura ed alle esperienze vissute. Va tenuto presente che i metodi medici si ritengono generalmente più invasivi ed alcuni accertamenti fisici potrebbero aggravare il trauma conseguente a precedenti abusi sessuali o fisici.

- **Margini d'errore:** nella stima effettuata vanno indicati i metodi utilizzati ed il margine d'errore.

- **Consenso informato:** il minore deve essere informato della procedura, delle ragioni che la richiedono, dei metodi e dei rischi associati ad essa, nonché delle conseguenze dell'esito dell'accertamento.

Le autorità devono verificare che il soggetto sia stato informato sulle procedure; le informazioni devono essere fornite in una lingua che il presunto minore sia in grado di comprendere.

Il sedicente minore deve poter essere libero di rifiutare di sottoporsi alla procedura qualora possa reputarla come lesiva della sua dignità o del suo benessere psico-fisico. L'eventuale rifiuto non deve condurre ad una presunzione di maggiore età.

- **Rappresentante:** il soggetto deve avere un rappresentante indipendente che deve essere informato e che deve tutelare e assistere il soggetto in tutte le fasi della procedura.

- **Riconoscimento reciproco dei risultati:** si tratta di un principio fondamentale per evitare accertamenti multipli che potrebbero avere ripercussioni sul benessere del minore e sulla spesa pubblica.

Il riconoscimento reciproco dei risultati di un accertamento dovrebbe avvenire all'interno dello stesso Paese, o tra Stati; dovrebbe tuttavia essere garantito solo in seguito all'armonizzazione dei requisiti, dei metodi e dei criteri utilizzati.

- **Diritto d'appello:** deve essere garantita la possibilità di contestare la procedura ed il suo risultato. Affinché questo possa avvenire, i risultati devono essere comunicati per via scritta e utilizzando una lingua comprensibile al soggetto, che dovrebbe essere anche informato circa le modalità di impugnazione del referto.

Come si può evincere dalla situazione appena esposta, gli strumenti attivi a livello internazionale forniscono indicazioni sui principi generali e sulle garanzie procedurali, che devono essere rispettate nel corso della verifica dell'età, tuttavia non sono disciplinati le procedura, i metodi ed i soggetti responsabili di tali procedure.

In assenza di chiarezza metodologica ed operativa, nonché di una procedura uniforme, in Italia si è sviluppata una varietà di prassi, che presentano ampio margine di discrezionalità, con il conseguente rischio di violazione dei diritti riconosciuti dalla normativa internazionale e nazionale [...].

Appare dunque necessaria l'adozione in Italia di una procedura uniforme per l'accertamento dell'età dei minori non accompagnati e separati, che introduca i principi e le garanzie ad oggi non disciplinati e ne promuova l'applicazione omogenea" (UNHCR 2014).

I principali riferimenti normativi in Italia e le prassi di attuazione dell'accertamento

Le norme internazionali e le linee guida sono state recepite da ciascun paese membro che ha provveduto ad attuare questi principi con opportune leggi.

Sebbene esistano numerosi richiami ai principi sanciti a livello internazionale nella normativa italiana, questa, in tema di accertamento dell'età, resta carente e disorganica. Alcuni principi non trovano diretta applicabilità in ogni caso di accertamento dell'età, essendo previsti solo nell'ambito penale o nell'ambito della protezione internazionale; altri invece sono richiamati solo da Circolari Ministeriali o Linee guida.

I principi che vengono disciplinati dalla normativa sono: il principio del superiore interesse del fanciullo, il dubbio fondato, il consenso informato, l'uso di metodi non invasivi, il beneficio del dubbio e la presunzione della minore età.

L'identità del minore è accertata dalle autorità di pubblica sicurezza, se necessario anche in collaborazione con le rappresentanze diplomatico-consolari del paese d'origine (art. 5, comma 3, DPCM 535/99) qualora lo stesso non presenti, o non abbia intenzione di presentare, domanda di protezione internazionale.

Limitatamente ai procedimenti penali l'accertamento può essere disposto, anche d'ufficio, dall'autorità giudiziaria (art. 8, comma 1, DPR 448/88); ed è effettuato in via prioritaria all'interno di strutture sanitarie pubbliche dotate di reparti pediatrici (Circolare M del 9/7/2007).

Un passo avanti verso maggiori garanzie in ambito di accertamento dell'età sembra sia stato compiuto con il "Protocollo per l'Accertamento dell'età dei minori secondo il modello dell'approccio multidimensionale" del Ministero del Lavoro, della Salute e delle Politiche Sociali²⁴. Tale protocollo, noto anche come "**Protocollo Ascone**", è stato elaborato con lo scopo di uniformare le procedure messe in atto sul territorio nazionale per l'accertamento dell'età dei minori non accompagnati. Al suo interno vengono richiamati alcuni principi fondamentali non previsti dalla normativa vigente, in particolare:

- la necessità di indicare sempre il margine di errore in ogni perizia di accertamento;
- l'approccio multidisciplinare e multidimensionale, da effettuarsi affiancando agli esami medici un colloquio e la valutazione psicologica;
- il ruolo dell'autorità giudiziaria nel disporre un accertamento nel caso di minori non accompagnati, considerata l'irreperibilità dei genitori/rappresentanti legali;
- l'importanza del mediatore culturale;
- la necessità di individuare strutture pubbliche dotate di personale specializzato, con competenze specifiche, adeguate e multidisciplinari, assicurate da una preparazione specifica e da aggiornamenti continui.

²⁴ Il protocollo è stato elaborato dal Gruppo Tecnico Interistituzionale e Multidisciplinare, costituito presso il Ministero. Esso è stato sottoposto alla valutazione del Consiglio Superiore di Sanità e il Protocollo definitivo trasmesso da parte dello stesso Ministero, con nota prot. n. DG prev-X-P-19577 del 29.04.2012, al Ministero dell'Interno.

Nonostante il tentativo di regolamentazione del protocollo, secondo l'Alto Commissariato delle Nazioni Unite per i Rifugiati:

...si ritiene che il protocollo, che ad oggi non è operativo, necessiti di alcune revisioni e di un ulteriore sviluppo per quanto concerne i principi del dubbio fondato e dell'*extrema ratio*, in particolare nell'ambito dei metodi da utilizzare per l'accertamento, nonché l'introduzione di garanzie tra le quali la rappresentanza legale, il consenso informato, l'accoglienza in strutture idonee durante l'accertamento e l'effettivo diritto d'appello (UNHCR 2014, p. 19).

Sempre nello stesso documento sono riportati i dati di una ricerca condotta sulle prassi di accertamento dell'età dei minori non accompagnati e separati attuate in Italia. Pur non ricostruendo un quadro esaustivo della situazione italiana, i dati riportati permettono di sottolineare alcune incongruenze esistenti tra i principi normativi e le prassi in uso.

Sulla base delle informazioni riportate nel documento dell'UNHCR del 2014 (pag 19-21) si riportano di seguito le criticità riscontrate e i principi con cui sono in contrasto.

1) Superiore interesse del fanciullo: dubbi sull'età sembrano essere sollevati più frequentemente nel caso di migranti che si dichiarano minorenni rispetto a migranti che si dichiarano maggiorenni nonostante l'apparente giovane età.

In alcuni casi sono stati effettuati accertamenti multipli, senza tentare di rintracciare i risultati di precedenti accertamenti.

2) Non discriminazione: talvolta sembra che la nazionalità dei presunti minori o il contesto del rintraccio abbiano influenzato la decisione di eseguire un accertamento.

3) Dubbio fondato e *extrema ratio*: in alcuni caso è stata riscontrata l'assenza del dubbio fondato, in mancanza del quale si agisce anche contro il diritto dell'individuo a preservare la propria identità.

4) Approccio multidisciplinare, personale qualificato e indipendente: l'espletamento dell'accertamento nelle prassi attuate avviene solitamente con un unico esame medico, per lo più la radiografia del distretto polso-mano sinistro.

In luogo in cui vengono generalmente effettuati gli esami sono le strutture pubbliche ospedaliere; per questo motivo spesso ci si avvale del personale di turno, che non presenta una formazione specifica.

5) Consenso informato: la prassi comune non prevede la richiesta del consenso del minore; le informazioni fornite al presunto minore sono apparse tendenzialmente insufficienti.

6) Uniformità, trasparenza e margine di errore: nella formulazione delle perizie manca una sistematicità nel riportare il metodo utilizzato, i parametri di lettura e i margini di errore.

Inoltre appare critica l'attribuzione al migrante dell'età in base a referti che non indicano il margine di errore, talvolta anche discordanti con la documentazione esistente.

7) Tutela e rappresentante indipendente: gli accertamenti (sia al momento del rintraccio sul territorio, sia in frontiera) avvengono generalmente in assenza di un tutore. È stata riscontrata una situazione di potenziale conflitto di interessi nei casi in cui il tutore o chi esercita i poteri tutelari rappresenta la stessa autorità richiedente l'accertamento.

8) Presunzione della minore età e beneficio del dubbio: in attesa dell'esito dell'accertamento il sedicente minore va considerato come tale, tuttavia la predisposizione di misure di protezione, come l'inserimento in una comunità per minori, è raramente effettuato in fase di attesa del referto e tale prassi risultata circoscritta solo ad alcune località.

9) Diritto d'appello: l'esito dell'accertamento viene solitamente comunicato al migrante oralmente, senza consegna di copia del referto. La possibilità di fare ricorso ed i mezzi di impugnazione non sembrano essere forniti in maniera sistematica.

Nonostante l'esistenza di molte prassi consolidate che agiscono contravvenendo ai diritti dei minori, si deve tuttavia specificare che a fronte di numerose esperienze negative, sul territorio nazionale italiano sono state riscontrate anche esperienze positive.

Secondo la legislazione italiana i minori non accompagnati non possono essere oggetto di espulsione (previsto dal noto art. 19, co. 2, lett. a), D.Lgs. 286/98) o trattenimento amministrativo ed hanno diritto ad un permesso di soggiorno (che può essere convertito al compimento del diciottesimo anno di età in un permesso per motivi di studio, di accesso al lavoro, di lavoro subordinato o autonomo, o per esigenze sanitarie). È inoltre previsto che i minori siano collocati in un luogo sicuro e che oltre alla protezione sia loro garantito l'accesso all'istruzione ed ai servizi sanitari -alle stesse condizioni previste per i minori italiani-; è infine previsto il rintraccio dei familiari.

Considerata la prevalenza in Italia di minori non accompagnati in maggioranza di età compresa tra i 16 ed i 19, l'accertamento dell'età ai fini di una corretta identificazione

diventa fondamentale per garantire i diritti ed attuare le tutele che la legge prevede per i minorenni.

Con la circolare del 9 luglio 2007, prot. 17272/7, avente come oggetto “Identificazione di migranti minorenni” il Ministero dell’Interno pone l’attenzione sulla necessità di agire con cautela verso i migranti minorenni in posizione irregolare, poiché la mancata identificazione di un minore lo espone a gravi rischi:

L’esigenza di accertare le generalità degli immigrati, inclusi i minorenni, sprovvisti di documenti, assume particolare rilevanza atteso che, se il minore è erroneamente identificato come maggiorenne, possono essere adottati provvedimenti gravemente lesivi dei suoi diritti, quali l’espulsione, il respingimento o il trattenimento in un CIE.

LA PRATICA DELL’ACCERTAMENTO NEI PAESI EUROPEI

La Rete Europea delle Migrazioni - European Migration Network (EMN)- è una rete creata dalla Commissione Europea nel 2003 per conto del Consiglio Europeo “il cui mandato è fornire informazioni aggiornate, oggettive, affidabili e confrontabili sui temi relativi alle migrazioni ed all’asilo, mettendole a disposizione dei decisori pubblici a livello nazionale e comunitario”²⁵.

I dati divulgati dall’European Migration Network nel 2010 permettono di avere una panoramica delle diverse pratiche attuate dai Paesi membri ai fini dell’accertamento dell’età dei minori non accompagnati (Tab. 4).

La comparazione dei dati mostra come ciascuno Stato utilizzi uno o più metodi tra i seguenti:

- valutazione dei documenti disponibili e/o intervista (20 paesi)
- accertamenti scheletrici (16 paesi)
- accertamenti dentari (10 paesi)
- valutazione psicologica (5 paesi)

Il report non entra nello specifico circa i protocolli, non specifica chi effettua la valutazione degli esami ad esempio, ma fornisce dati che sono interessanti per la comprensione generale del problema e per conoscere le modalità che sono state scelte da ciascun paese per far fronte al problema. Il report permette inoltre di identificare

²⁵ Tratto da: <http://www.libertaciviliimmigrazione.dlci.interno.gov.it/european-migration-network-rete-europea-delle-migrazioni>

eventuali prassi che sono in realtà in contrasto con i principi di tutela dei minori riconosciuti a livello internazionale.

A titolo esemplificativo si riportano solamente le informazioni relative ad alcuni paesi.

-Austria: dall'inizio del 2010 la pratica ha previsto l'applicazioni di un approccio multifattoriale che prevede: una visita medica, un'analisi dello sviluppo dei denti ed una radiografia, quest'ultima ottenuta solo dopo consenso informato.

-Belgio: in questo paese viene applicato un test triplo: visita per valutazione odontoiatrica, radiografia della mano dell'arto non dominante e radiografia delle estremità mediali delle clavicole. Il soggetto deve dare il suo consenso alle visite. La legge prevede anche una visita per la valutazione psicologica, ma a causa dei problemi connessi all'affidabilità di questo esame, in pratica tale visita non viene attuata.

Nel periodo dal 2004 al 2008 compreso, il 37% dei soggetti sottoposti ad accertamento è risultato minorenne; i risultati sono stati molto criticati poiché i test non tengono conto della situazione socio-economica né dell'origine etnica o geografica dei soggetti, fattori questi che possono fortemente influenzare lo sviluppo di un bambino.

	Intervista documenti	Visita medica	Accertamenti dentari	Accertamenti scheletrici	Valutazione psicologica
Austria	X	X	X	X	
Belgio	X		X	X	X
Rep Ceca	X		X	X	
Estonia	X			X	
Finlandia	X		X	X	
Francia	X	X	X	X	X
Germania	X		X	X	
Grecia	X				
Ungheria	X	X			
Irlanda	X				
Italia	X	X	X	X	
Lettonia		X			
Lituania	X	X		X	X
Paesi bassi	X			X	
Malta	X			X	X
Polonia	X	X	X	X	
Portogallo			X	X	
Rep. Slovacca	X			X	
Slovenia	X				X
Spagna	X			X	
Svezia	X		X	X	
Regno Unito	X				

Tabella 4: gli esami pratici condotti nei paesi dell'Unione Europea ai fini dell'accertamento dell'età degli immigrati. (da: European Migration Network 2010).

-Repubblica Ceca: non è stato possibile effettuare accertamenti su larga scala a causa dei costi e del fatto che i test non siano completamente affidabili. Nei pochi casi in cui si è proceduto con l'accertamento dell'età, è stata valutata l'età scheletrica tramite radiografia della mano; solo in via eccezionale si può ricorrere ad un esame supplementario per la stima della maturità dentaria.

-Francia: sono previsti la valutazione dell'età scheletrica, dell'età dentaria, una visita medica ed anche un esame psicologico.

Tra il 2005 ed il 2006 il 25% dei soggetti che sostenevano di essere minori di 18 anni è stato sottoposto ad accertamento medico; di questi "dichiarati" minori il 50% è stato identificato come maggiorenne.

-Grecia: in questo paese non sono attuate procedure mediche per la stima dell'età, date l'incertezza e le difficoltà connesse ai metodi; l'età di un minore non accompagnato viene principalmente stabilita sulla base di interviste condotte dagli ufficiali di polizia, che includono le dichiarazioni dei bambini e/o la stima dell'età arbitrariamente stabilita da chi svolge l'intervista.

-Polonia: nel caso di dubbio sull'età di un possibile minore, il soggetto sottoposto ad accertamento viene ritenuto minore qualora dovesse persistere il dubbio sull'età; tuttavia nel caso in cui il presunto minore dovesse rifiutarsi di fornire il consenso agli esami necessari per l'accertamento dell'età, verrà ritenuto adulto.

-Regno Unito: la legislazione nazionale non include misure che riguardano specificamente l'accertamento dell'età, la politica è quella di accettare una valutazione di età effettuata da assistenti sociali appositamente addestrati. Si valuta l'aspetto fisico, lo sviluppo sociale e il resoconto della vita familiare dei soggetti.

-Austria: dal 2010 si applica la metodologia multifattoriale che consiste in una visita medica, in un'analisi odontoiatrica e nell'esame radiografico eseguito solo previo consenso da parte del minore.

Gli esempi riportati mostrano come nonostante l'esistenza di linee guida emanate a livello europeo, la realtà sia molto lontana da una standardizzazione degli approcci e delle metodologie in uso nei diversi paesi europei.

La pubblicazione del 2013 dell'European Asylum Support Office consente di confrontare le garanzie attuate durante il processo di valutazione dell'età. A 30 paesi è stato

sottoposto un questionario relativo a questo specifico tema ed i risultati hanno rivelato alcune criticità delle prassi attuative:

- 26 paesi hanno comunicato al soggetto le ragioni della valutazione e solo 25 paesi hanno trattato il presunto minore come tale in attesa dell'accertamento;
- 24 paesi si sono preoccupati di ottenere il consenso informato del soggetto e sempre 24 paesi hanno comunicato l'esito dell'accertamento alla persona interessata utilizzando una lingua a lei nota;
- solo 22 paesi hanno comunicato al soggetto l'esistenza della possibilità di rifiutare di sottoporsi alla procedura; 16 paesi hanno dichiarato che tale rifiuto non comportava necessariamente l'identificazione del soggetto come adulto;
- 19 paesi hanno fornito informazioni relative al diritto di ricorso e alle opzioni per effettuarlo;
- 19 paesi hanno applicato il principio del beneficio del dubbio a favore del richiedente;
- solo 10 paesi hanno tentato approcci diversi prima di procedere con gli esami legati alla valutazione dell'età.

Per quanto riguarda le pratiche attuate, una visione d'insieme è stata ottenuta tramite il questionario EASO fatto circolare nel febbraio del 2012 (EASO 2013). I Paesi coinvolti sono stati 34 (gli Stati membri, più Norvegia, Svizzera, Canada, Australia, Nuova Zelanda e Stati Uniti) (Tab. 5).

Di questi 34 paesi:

- 29 hanno preso in considerazione i documenti;
- 23 hanno utilizzato una radiografia del distretto polso mano;
- 17 hanno utilizzato una radiografia dei denti;
- 12 hanno effettuato stime d'età basandosi sull'aspetto del soggetto;
- 8 hanno effettuato l'accertamento valutando anche la maturità sessuale;
- 5 hanno condotto un test psicologico.

Per quanto riguarda i metodi attraverso cui viene effettuato l'accertamento dell'età nessuno Stato fa riferimento solamente alla visita medica odontoiatrica verificando semplicemente visivamente lo sviluppo dentale, mentre in 13 paesi questa visita è affiancata da altri tipi di valutazioni, ad esempio tramite radiografia.

Molti Stati fanno uso delle tecniche radiologiche per verificare lo sviluppo scheletrico, ma non tutti applicano lo stesso metodo; talvolta fanno ricorso a combinazioni di metodologie diversificate.

I criteri di valutazione della radiografia della mano possono prendere in considerazione la forma e le dimensioni degli elementi ossei, così come il grado di fusione tra epifisi e diafisi. I metodi di riferimento sono quelli di Greulich e Pyle (se si utilizza un atlante) o quello di Tanner e Whitehouse -TW2 o TW3- (se si utilizza uno score system).

Per entrambi i metodi nella maggior parte dei casi l'errore associato alla stima è ± 2 anni, anche se tuttavia varia in base all'età stimata.

In linea teorica il metodo TW viene ritenuto più affidabile, anche se sono note le criticità evidenziate da questa tecnica riguardanti l'analisi di soggetti di età compresa tra 15 e 18 anni e l'applicazione a contesti etnici-razziali differenti.

Il metodo TW3 viene considerato più preciso del metodo di Greulich e Pyle, ma risulta più impegnativo a livello di tempo impiegato, oltre che più difficile da applicare. Alcuni autori raccomandano l'applicazione del metodo Greulich-Pyle dopo aver accertando che il metodo TW3 è molto più costoso in termini di tempo e i risultati sono simili a quelli ottenuti attraverso il metodo Greulich-Pyle (Garamendi e Landa 2003).

È noto che le carenze nutrizionali portano a ritardi della maturità scheletrica, perciò i soggetti potrebbero risultare più giovani di quanto in realtà non siano.

I dati disponibili rivelano che i ragazzi di oggi si sviluppano prima di quanto non facessero i loro coetanei degli anni 30; il Royal College of Paediatrics and Child Health (RCPCH)²⁶ ha stabilito che lo scheletro di un soggetto di sesso femminile oggi è completamente sviluppato a 15-16 anni, mentre quello di un soggetto di sesso maschile ha un ritardo di un anno circa e si sviluppa completamente a 16-17anni. Questi valori si discostano di due o tre anni rispetto alle indicazioni dell'atlante di Greulich e Pyle.

Per quanto riguarda lo sviluppo dei denti i principali metodi di riferimento sono quello di Gleiser e Hunt (1955) e quello di Demirjian (1973) che pur includendo soggetti dal 3 ai 16 anni, deve essere applicato con cautela nei soggetti al di sopra dei 12 anni (EASO 2013, p.38).

²⁶ Royal College of Paediatrics and Child Health, *Age Assessment of Separated Young People: Proposal to Develop Practical Guidance for Paediatricians* (dic. 2012).

Paese	Carpo (mano/polso) Raggi X	Clavicola Raggi X	Denti Raggi X	Osservazione dentale	Colloqui/test psicologici	Valutazione dello sviluppo fisico da parte di un pediatra	Osservazione della maturità sessuale
Australia							
Austria	√	√	√	√			√
Belgio			√	√	√		
Bulgaria	√				√		√
Canada							
Croazia							
Cipro							
Repubblica ceca	√						
Danimarca	√	√	√	√		√	√
Estonia	√	√	√		√	√	√
Finlandia	√		√	√			
Francia	√	√	√		√		
Germania	√	√	√	√			√
Grecia	√		√		√	√	√
Ungheria	√		√	√			√
Irlanda							
Italia	√	√	√	√			
Lettonia	√		√	√		√	
Lituania	√	√				√	
Lussemburgo	√	√					
Malta	√						
Paesi Bassi	√	√					
Nuova Zelanda	√		√	√	√	√	√
Norvegia	√		√	√			
Polonia	√	√	√	√			
Portogallo	√	√	√	√			
Romania	√	√	√	√			√
Slovacchia	√	√				√	
Slovenia							
Spagna	√						
Svezia	√		√				
Svizzera	√						
Regno Unito							
Stati Uniti							

Tabella 5: i metodi medici messi in atto nei diversi paesi nelle pratiche di accertamento dell'età (da EASO 2013, p. 90).

CAPITOLO 4: LA STIMA DELL'ETÀ NEGLI ADULTI

ALCUNE PREMESSE

Da un punto di vista antropologico l'età adulta viene raggiunta quando il processo di crescita delle ossa è stato completato e tutte le ossa lunghe presentano epifisi e diafisi saldate tra loro (Baccino e Schmitt 2006, p. 268).

La fusione completa di tutte le epifisi delle ossa lunghe, l'eruzione dei denti del giudizio e la fusione della sincondrosi sfeno-occipitale (sutura basilare) sono i criteri principalmente utilizzati come marcatori dell'età adulta. Questi marcatori infatti, indicano che la crescita e lo sviluppo sono completi, fatta eccezione per la fusione dell'estremità mediale della clavicola.

La stima dell'età dei soggetti adulti costituisce una grande sfida per la medicina legale, per l'antropologia e per la ricerca paleodemografica.

Studi macroscopici hanno permesso di sviluppare metodi in grado di determinare l'età dei soggetti adulti valutando i cambiamenti degenerativi che alcune superfici o aree scheletriche specifiche manifestano con il progressivo passare degli anni: ogni osso mostra evidenti segni del trascorrere del tempo, tuttavia queste evidenze dipendono dalla posizione dell'osso, dalla sua struttura e dalla sua funzione.

Il deterioramento di alcuni caratteri scheletrici e dentari che si osserva negli adulti è meno correlabile all'età cronologica poiché questi caratteri subiscono l'influenza dei fattori ambientali (tipo di attività svolta, condizioni di vita e di salute, patologie...). I processi di invecchiamento mostrano inoltre grande variabilità, sia all'interno di una stessa popolazione che tra popolazioni diverse.

La precisione che molti metodi di stima dell'età degli adulti raggiungono non è ritenuta soddisfacente, infatti non è per nulla paragonabile a quella ottenuta nella determinazione dell'età dei soggetti in accrescimento, per i quali si dispone di un maggior numero di indicatori biologici strettamente correlati all'età cronologica del soggetto.

Proprio in virtù di questa limitata precisione, la ricerca continua a interrogarsi su come sviluppare nuove metodologie in grado di ottenere risultati più accurati.

La stima dell'età dei soggetti adulti è quindi molto più difficoltosa rispetto a quella dei soggetti subadulti e sostanzialmente le problematiche connesse con essa sono:

- la presenza di indicatori scheletrici e dentari non strettamente correlati all'età cronologica del soggetto e altamente influenzati da numerosi fattori;
- la possibilità di determinare l'età attraverso classi d'età notevolmente dilatate (20-40 anni) o addirittura vaghe (>50 anni);
- la difficoltà ad identificare i soggetti over 50 anni e la tendenza che manifestano tutti i metodi nel sottostimare l'età dei soggetti più anziani del gruppo;
- la difficoltà che i metodi manifestano nel ripetere i risultati che hanno prodotto nelle collezioni di riferimento. Ciò significa che un metodo che è stato sviluppato su una determinata collezione, non riesce ad ottenere risultati paragonabili a quelli ottenuti nel campione di riferimento quando applicato ad altri campioni.

I metodi di stima dell'età danno quindi buoni risultati nella popolazioni in cui vengono sviluppati, ma quando vengono applicati a nuove popolazioni, risultano meno affidabili (Murray e Murray 1991; Saunders *et al.* 1992; Schmitt 2004; Schmitt *et al.* 1999); esattamente come non riescono a identificare in maniera chiara i soggetti appartenenti alla classe over 50 anni. Questi sono i due grandi limiti d'applicazione di queste metodologie.

La variazione nel processo di invecchiamento biologico ha profondi effetti sulla valutazione dell'età alla morte; la relazione tra l'età cronologica e gli indicatori dell'età scheletrica non è costante né tantomeno lineare. I cambiamenti scheletrici hanno relazione con l'età, ma altri fattori entrano in gioco a modificare questo processo.

The assumption that the underlying biological basis of the age/indicator relationship is constant across populations is erroneous (da Baccino e Schmitt 2006).

Da un punto di vista forense è necessario tener conto che i cambiamenti legati all'età non sono uniformi nelle popolazioni, si deve anche tenere presente però che la variabilità tra gli individui all'interno della stessa popolazione è un parametro spesso sottostimato (Baccino *et al.* 1991) e che alcuni limiti oggettivi possono impedire la corretta determinazione dell'area geografica d'origine del soggetto in esame (ad esempio nei casi in cui il corpo è scheletrizzato o parziale).

Un fattore chiave per la scelta del metodo appropriato per la stima dell'età degli adulti rimane lo stato di conservazione dei resti: trattare con un corpo integro e ben conservato

è completamente diverso da cercare elementi utili alla stima dell'età in un corpo parziale e mal conservato (Ubelaker 1999).

Il sistema scheletrico subisce numerose trasformazioni con l'età, ma nell'analisi scheletrica degli adulti i metodi di invecchiamento sono tradizionalmente focalizzati su quattro regioni principali: la sinfisi pubica, la superficie auricolare dell'ileo, l'estremità sternale della IV costa e le suture craniche.

Studi che descrivono i cambiamenti che alcuni di questi distretti scheletrici manifestano in relazione all'età dei soggetti sono stati documentati fin dalla fine del XIX secolo (Broca 1861); da allora, i metodi che utilizzano questi elementi anatomici sono stati valutati, riesaminati e successivamente applicati a campioni diversi, al fine di testarne la precisione.

Con lo sviluppo di tecnologie adeguate, che hanno consentito di osservarne la struttura interna, anche i denti sono risultati altamente informativi, tanto da essere ritenuti attualmente il miglior indicatore d'età disponibile per gli adulti.

Nel tentativo di identificare le metodologie ritenute più affidabili, si potrebbe tentare di valutare quali siano i metodi che trovano più largo impiego a questo scopo; tuttavia sarebbe troppo semplicistico ritenere che le tecniche più diffuse siano necessariamente le migliori. Una verifica di questo genere è infatti sicuramente fortemente connessa all'ambito della formazione dei ricercatori del settore. Come osservato da Merrit (2013: p. 103) la maggior parte degli antropologi forensi e dei biologici viene addestrata usando i metodi illustrati da Buikstra e Ubelaker (1994) per la raccolta dei dati sui resti scheletrici e questo fa sì che questi specialisti tendano ad utilizzare queste metodologie anche sul campo, anche se queste non sono le tecniche che producono i risultati più accurati e precisi. Lo studio condotto da Garvin e Passalacqua (2012) ha infatti rivelato che i metodi più utilizzati sono: per la sinfisi pubica quello di Suchey-Brooks (Brooks e Suchey 1990), per la superficie auricolare dell'ileo quello di Lovejoy *et al.* (1985), per l'analisi della quarta costa quello proposto da Işcan *et al.* (1984; 1985) e per l'obliterazione delle suture craniche quello di Meindl e Lovejoy (1985).

Nel tempo sono stati proposti diversi metodi per la determinazione dell'età alla morte negli individui adulti, ciascuno però risente delle variabili individuali, popolazionistiche e sessuali.

Anche per la determinazione dell'età di morte negli individui adulti sono state utilizzate tecniche di tipo multifattoriale, che hanno permesso di effettuare valutazioni più affidabili, anche in presenza di materiale scheletrico lacunoso.

Si presenterà di seguito una rassegna, non esaustiva, degli indicatori scheletrici d'età che possono essere utili nella stima dell'età degli adulti.

INDICATORI SCHELETRICI DELL'ETÀ ADULTA

La sinfisi pubica

La sinfisi pubica gode di ottima fama essendo ritenuta da tempo come l'indicatore scheletrico più affidabile negli adulti (Meindl et al. 1985).

Aeby, nel 1858, aveva già osservato i cambiamenti che si manifestano sulla superficie ossea della sinfisi, mettendoli in relazione con l'età e individuando una certa influenza dei fattori sessuali.

Todd è stato uno dei primi ad osservare i cambiamenti che questa superficie assumeva con il trascorrere del tempo, analizzando inizialmente un campione di maschi europei (1920): le analisi furono condotte su un campione di 306 uomini bianchi e portarono alla definizione di 10 fasi relative ad un intervallo d'età compreso tra 18 e 50 anni.

L'anno seguente Todd condusse nuovi studi valutando eventuali implicazioni razziali e sessuali nelle modificazioni della superficie sinfisaria, studiando femmine europee e maschi e femmine afroamericane (Todd 1921): i risultati lo portarono a considerare le differenze sessuali più marcate rispetto a quelle razziali.

Nel suo metodo Todd ha individuato 10 fasi, ciascuna delle quali corrisponde ad una classe d'età.

La progressione generale delle caratteristiche descritte da Todd inizia con un aspetto rugoso ed ondulato della superficie della sinfisi, che caratterizza i giovani adulti. Con il progredire degli anni appaiono piccoli noduli, mentre i margini cominciano ad essere sempre più definiti; infine, nelle fasi più avanzate, la superficie è caratterizzata da aspetti degenerativi come il *lipping*, l'erosione e la rottura dei margini.

Nel 1928 Todd e d'Errico condussero il primo studio sistematico e svilupparono un metodo articolato in dieci fasi: le prime nove riferite all'intervallo d'età 18-50 anni, la decima riferita alla fase over 50 anni.

Nel 1955 Brooks apportò dei cambiamenti ai *range* d'età proposti da Todd, dopo aver osservato una sovrastima, con questo metodo, soprattutto per la terza e la quarta fase.

Pochi anni dopo, nel 1957, McKern e Stewart criticarono fortemente il metodo elaborato da Todd, poiché lo ritenevano troppo statico per trattare tutte le variazioni che interessano la superficie della sinfisi pubica. Dopo aver riscontrato numerose difficoltà nell'applicazione del metodo di Todd, ad un campione di 349 individui di sesso maschile, elaborarono un sistema più complesso. Nelle osservazioni che condussero, valutarono tre zone della sinfisi (semifaccia dorsale, semifaccia ventrale, bordo della sinfisi) trattando ogni modificazione morfologica come fosse indipendente dalle altre. Le critiche rivolte al loro metodo si basano sul fatto che è stato sviluppato su una popolazione di riferimento interamente maschile, caratterizzata oltretutto da intervalli d'età molto limitati.

Nel 1970 Acsádi e Nemeskéri svilupparono il "metodo combinato" per la determinazione dell'età tramite più indicatori scheletrici; la sinfisi è uno dei quattro indicatori presi in esame.

Nel 1990 Brooks e Suchey hanno aggiunto 273 sinfisi pubiche femminili all'originale campione maschile di 739 individui (studiato in precedenza da Katz e Suchey nel 1986), per perfezionare le descrizioni morfologiche delle sei fasi e dei rispettivi intervalli di età specifici del sesso.

A causa del grande campione analizzato e della dettagliata descrizione delle fasi il metodo Suchey-Brooks oggi è il più utilizzato per l'analisi della sinfisi come indicatore d'età (Garvin e Passalacqua 2011).

Nel 1985 un gruppo di ricercatori (Meind *et al.* 1985) si associò per testare la validità dei principali metodi d'osservazione della sinfisi e per proporre una correzione degli standard d'età utilizzati per questo carattere. Sulla base delle loro osservazioni, le 10 fasi di Todd furono ridotte a 5 principali fasi biologiche.

Recentemente, il metodo di Brooks e Suchey è stato rivisto utilizzando un campione contemporaneo; è stata inoltre inserita una settima fase per gli individui di età superiore ai 70 anni (Hartnett 2010).

Superficie auricolare dell'ileo

L'analisi di questa regione anatomica non può prescindere dalla considerazione che l'area del bacino è fortemente influenzata da fattori connessi al sesso dell'individuo, più di qualsiasi altra parte dello scheletro.

L'articolazione sacro-iliaca è stata oggetto di numerose descrizioni anatomiche disponibili in letteratura.

Brooke nel 1924 osservò dei cambiamenti nella mobilità di quest'articolazione, relazionandoli sia al sesso, sia all'età. In particolare, egli notò che negli individui di sesso maschile, alcuni piccoli movimenti dell'articolazione sacro-iliaca diminuivano con il trascorrere del tempo, fino ad arrivare ad una completa immobilità della zona. Nessuno degli individui di sesso femminile analizzati da Brooke manifestò segni tanto evidenti di immobilità articolare dell'area investigata, pertanto egli concluse ritenendo l'anchilosi sacro-iliaca un tratto maschile caratterizzante, in particolare, gli uomini al di sopra dei 50 anni.

Lovejoy *et al.* (1985) hanno proposto per la prima volta l'utilizzo della superficie auricolare dell'ileo come indicatore di età, dopo aver notato un'alta correlazione tra l'età scheletrica e i cambiamenti morfologici della superficie auricolare. Dalla pubblicazione questo metodo è stato ampiamente utilizzato, ma è anche stato sottoposto a studi di verifica.

In particolare questo metodo, oltre a risultare particolarmente efficace, presenta dei vantaggi rispetto all'osservazione della sinfisi pubica, che è stata ritenuta, a lungo, l'indicatore scheletrico meglio relazionato all'età.

Infatti, sebbene più difficile da applicare, questo metodo presenta il vantaggio di analizzare una porzione ossea che ha una maggiore probabilità di conservarsi anche nei campioni archeologici. Inoltre, i cambiamenti della superficie auricolare dell'ileo, essendo regolari ed evidenti anche per fasi posteriori ai 50 anni, dovrebbero teoricamente permettere un'accurata determinazione dell'età anche oltre questa soglia.

Basandosi sulle osservazioni, gli autori hanno creato otto fasi corrispondente ad intervalli d'età: le prime classi sono strette e sono costituite ciascuna da 5 anni, mentre l'ultima fase comprende tutti gli individui maggiori di 60 anni.

La progressione delle caratteristiche legata all'età inizia con una superficie leggermente ondulata caratterizzata da un'organizzazione trasversa, che si riduce successivamente gradualmente. Intorno ad un'età media la granularità superficiale aumenta, così come la micro e la macroporosità. Infine, come per la sinfisi, l'età senile si caratterizza per l'aspetto irregolare della superficie ed il *lipping*.

Diversi autori hanno proposto nuove metodologie e nuovi sistemi di punteggio basati su questo indicatore.

Una alternativa applicabile in campo forense è la metodologia proposta da Schmitt (Schmitt e Broqua 2000; Schmitt 2004). Si tratta di un nuovo metodo elaborato per lo studio delle popolazioni del passato, ma utile anche nei contesti forensi. Introducendo un semplice sistema di punteggio indipendente dei quattro caratteri è stato evitato l'errore intra- e inter-osservatore. Poiché la relazione età/indicatore varia nei campioni di diversa provenienza geografica, sono stati studiati nove campioni diversi provenienti da quattro continenti (Europa, Nord America, Asia e Africa) per poter tenere conto della variabilità più ampia possibile dei modelli di invecchiamento.

Nel 2002 Buckberry e Chamberlain hanno sviluppato una revisione del metodo di Lovejoy *et al.* del 1985: la loro proposta è quella di far valutare all'osservatore cinque differenti caratteristiche della superficie auricolare (organizzazione trasversa, texture, microporosità, macroporosità e morfologia), ciascuna delle quali viene valutata indipendentemente e i singoli punteggi vengono sommati per ottenere un punteggio finale.

Le suture craniche

I cambiamenti d'età nel cranio sono macroscopicamente evidenti nella progressiva fusione (obliterazione) delle suture craniche; queste linee di articolazione tendono con il passare del tempo a scomparire, portando ad una fusione delle diverse ossa che costituiscono il cranio.

Metodi d'indagine basati su questo criterio risultano particolarmente vantaggiosi, in quanto non richiedono equipaggiamenti tecnologici specializzati, né una preparazione del campione, né una complicata interpretazione dei dati. Tuttavia, nonostante fino ad oggi siano state effettuate numerose ricerche, non sono stati ancora raggiunti risultati

definitivi, né un'opinione concordante riguardo al valore diagnostico di questo carattere per la stima dell'età alla morte.

La sinostosi delle suture craniche rappresenta il criterio più antico utilizzato per la stima dell'età sullo scheletro. Storicamente, infatti, il cranio rappresenta la prima parte sistematicamente indagata per determinare l'età alla morte di un individuo e una prima associazione tra età e progressiva obliterazione delle suture, si trova nell'opera di Vesalio del 1542. Nella seconda metà del XVIII sec. le conoscenze vennero approfondite e perfezionate con i primi lavori metodologici (Broca 1861; Ribbe 1885; Dwight 1890), tuttavia fin dall'inizio fu notata una forte variabilità riguardo ai tempi di obliterazione delle suture.

Nel 1906 Frédéric (1906-1909) introdusse una scala a cinque gradi (da 0 a 4) per la valutazione dello stadio di sinostosi delle suture, sul modello proposto precedentemente da Broca (1875).

Todd e Lyon nel 1924 invece, condussero una serie di ricerche al termine delle quali ritennero le suture endocraniche meglio relazionate all'età rispetto alle esocraniche.

Altamente considerato come valido indicatore d'età nella prima metà del secolo scorso, le suture sono state fortemente criticate durante gli anni '50, nella fase in cui la biologia dello scheletro ricercava uno o pochi indicatori d'età per poterli isolare e perfezionare.

L'abbandono di questo indicatore durante quel periodo è stato il risultato di performance povere e variabili, rispetto all'attesa di tecniche più precise e alla ricerca di indicatori in grado di fornire risultati più costanti.

Diversi autori hanno ipotizzato la dipendenza del processo di sinostosi da fattori quali il sesso, il gruppo umano di appartenenza e il modo di vita. Secondo Brooks, infatti, (1955:573-574) negli individui di sesso femminile l'obliterazione delle suture subisce un rallentamento rispetto ai cambiamenti d'età che si possono osservare sull'osso pubico.

Altri autori asseriscono che le relazioni con la razza ed il sesso sono minime (Todd e Lyon, 1924:33), e quindi tali fattori sono trascurabili.

L'applicazione di metodologie basate sull'osservazione dell'obliterazione delle suture a campioni diversi ha portato nel tempo a risultati e posizioni fortemente contrastanti tra gli studiosi (Tab. 6). Le opinioni controverse riguardano sostanzialmente l'influenza che il sesso del soggetto comporta sul fenomeno dell'obliterazione delle suture craniche.

In base ai risultati ottenuti dai diversi studi, gli autori tendono quindi a rifiutare il carattere come indicatore d'età (Singer 1953) o a ritenere che possa fornire indicazioni circa l'età di un soggetto, ma debba essere utilizzato insieme ad altri indicatori (Brooks 1955; McKern e Steward 1957, Acsádi e Nemeskéri 1970).

Todd e Layon 1924	Le differenze relative al sesso sono insignificanti.
Krogman 1949	Non si riscontrano differenze legate al sesso o alla razza
Singer 1953	L'obliterazione delle suture viene rifiutato come metodo di stima dell'età.
Brooks 1955	Si osserva che nei crani femminili le suture tendono a rimanere aperte molto più frequentemente che nei maschi. Il metodo non dovrebbe essere usato se non per confermare un dato e con cautela nel campione maschile, mentre non dovrebbe essere usato nelle femmine.
McKern e Steward 1957	Il criterio può essere considerato una guida nella stima dell'età.
Acsádi e Nemeskéri 1970	Non si riscontrano differenze basate sul sesso. Si dovrebbero utilizzare più indicatori d'età.
Baker 1984	Si rilevano significative differenze in base al sesso.
Meindl e Lovejoy 1985	Non si rilevano differenze statisticamente rilevanti in base al sesso.
Key et al 1994	Il dimorfismo sessuale è significativo; il campione femminile presenta grande correlazione con l'età.
Hershkovitz et al. 1997	Si rileva che la sutura sagittale spesso nei soggetti femminili resta evidente fino ai 65 anni. La sutura sagittale non dovrebbe essere usata per stimare l'età.

Tabella 6: sintesi delle informazioni riportate in alcuni studi sull'influenza del sesso del soggetto sul processo di obliterazione delle suture craniche.

L'estremità sternale delle coste

Anche le modifiche che interessano l'estremità sternale delle coste si sono dimostrate un utile indicatore d'età.

Attualmente, la maggior parte degli specialisti del settore utilizza la tecnica descritta da Işcan *et al.* (1984, 1985).

Il metodo si basa sui cambiamenti che l'estremità sternale della IV costa subisce con il progredire dell'età del soggetto, tramite questi cambiamenti sono stati individuati nove stadi.

La profondità e la forma dell'estremità articolare della costa si presenta piatta nelle prime fasi, poi si approfondisce leggermente, con una forma a V e una superficie frastagliata, diventando molto più profonda con una forma U e una superficie irregolare

negli stadi più avanzati; le estremità dei bordi, inizialmente piatte, diventano arrotondate e spesse, poi più sottili e infine, irregolari e affilate, con calcificazioni della cartilagine nella persone anziane.

In seguito è stato dimostrato che questo metodo può essere applicato dalla terza all'ottava costola, con risultati equivalente (Yoder *et al.* 2001).

Come campione di riferimento per il metodo è stato preso un campione caucasico piuttosto limitato (Işcan *et al.* 1984; 1985), mentre per valutare le implicazioni razziali è stata provata un'applicazione su un piccolo gruppo di soggetti neri (Işcan *et al.* 1987). Tuttavia la ristrettezza dei campioni analizzati secondo alcuni autori comporta che le osservazioni statistiche fornite dagli autori siano da considerare irrisorie (Baccino e Schmitt 2006:271).

Probabilmente non è quindi un caso che, nell'applicazione della tecnica effettuata da altri ricercatori su altri campioni, non siano stati ottenuti risultati ritenuti affidabili: utilizzando le 9 fasi del metodo, basandosi su osservazioni condotte da osservatori esperti, il 50% delle osservazioni è risultato errato (Baccino *et al.* 2000). Inoltre, molti test su campioni indipendenti hanno confermato l'esistenza di differenze tra le popolazioni (Saunders *et al.* 1992; Baccino *et al.* 2001; Dudar *et al.* 1993).

Attualmente alcuni autori raccomandano l'applicazione di questo metodo affiancato da altre metodologie (Baccino, Schmitt 2006:271).

Nel 2009, Di Gangi *et al.* hanno presentato una versione modificata del metodo di analisi dell'estremità sternale, adattata alla prima costa. Utilizzando i tratti descritti da Kunos *et al.* (1999), gli autori hanno applicato un approccio statistico Bayesiano per determinare i due caratteri più accurati di questo indicatore scheletrico.

Recentemente, questo metodo è stato testato da Getz (2011) e i risultati sono paragonabili a quelli ottenuti dai metodi tradizionalmente utilizzati; purtroppo però, pochi ricercatori utilizzano questo metodo (Garvin e Passalacqua 2012).

Una versione modificata del metodo di Işcan è stato inoltre proposto nel 2010 da Hartnett.

CRITERI DENTARI PER LA STIMA DELL'ETÀ NEGLI ADULTI

I denti presentano alcune caratteristiche specifiche direttamente correlabili all'età del soggetto. Sono tra gli elementi scheletrici più resistenti e si conservano quindi con più

facilità, perciò trovano un largo impiego in questo specifico campo; al momento sono considerati uno tra gli indicatori più affidabili.

Fondamentalmente i cambiamenti legati all'età nella dentizione possono essere suddivisi in tre categorie: formativi, degenerative e istologici (Burns e Maples 1976).

Gli aspetti formativi, come visto, vengono utilizzati per stimare l'età nei soggetti in crescita.

I fattori che invece sono stati presi in considerazione, separatamente o combinati tra loro, nelle varie metodologie di determinazione dell'età degli adulti sono: l'usura, la parodontosi, l'apposizione della dentina secondaria, la conta degli anelli di cemento, la traslucenza della radice, il colore e la racemizzazione dell'acido aspartico.

L'usura è il grado con cui lo smalto e successivamente la dentina si logorano a seguito di un'alimentazione che prevede il consumo di cibi abrasivi. Si può osservare sulla superficie occlusale dei denti ed è un fenomeno naturale legato all'età.

Alcuni autori hanno potuto osservare modificazioni dell'usura molto regolari (Lovejoy 1985), tuttavia sebbene questo criterio sia molto utilizzato nello studio dei materiali scheletrici di provenienza archeologica, secondo varie indicazioni, attualmente l'usura è ritenuto un indicatore d'età piuttosto debole, in quanto può risentire di diverse condizioni. Possono infatti essere presenti alcune patologie che portano lo smalto a consumarsi più rapidamente, così come anche alcuni comportamenti del soggetto, tra cui anche il bruxismo (attività del digrignare i denti tra loro durante il sonno) possono essere responsabili dell'erosione più marcata dello smalto.

La parodontosi, ossia il livello di attaccamento parodontale, è anch'esso un fenomeno legato all'età: infatti il livello dei tessuti gengivali tende a diminuire con il progressivo avanzamento degli anni.

Il parodonto è l'insieme delle formazioni che sono in rapporto con la radice e con il colletto del dente, che hanno la funzione di fissare il dente nell'alveolo. È stato dimostrato che il parodonto può variare con l'età, tuttavia anche questo fattore può variare in base a condizioni anormali, che mettono in discussione il suo utilizzo come indicatore d'età, soprattutto perché fortemente influenzato della dieta e dell'igiene orale.

Il colore è un altro fattore che è stato preso in esame per verificarne la correlazione con l'età.

È noto che i denti ingialliscono e diventano più scuri con l'avanzare degli anni; questo è dovuto alla degradazione di alcune sostanze che li costituiscono (come ad esempio la dentina) o all'assottigliamento dello smalto; ma il fenomeno è influenzato da molti fattori tra cui l'alimentazione.

Esistono inoltre delle differenze tra la colorazione che i denti mostrano nel soggetto in vita rispetto a quelle nel soggetto deceduto, nel quale solitamente i denti assumono una colorazione più scura. Ci sono inoltre delle particolari condizioni ambientali che possono portare ad un cambiamento del colore dei denti (legate soprattutto alla morte del soggetto), pertanto occorre usare prudenza nell'utilizzare questo fattore, che richiede formule specifiche adatte ad ogni circostanza (Solheim 1993:144).

Fino a questo punto sono stati esaminati i cambiamenti esterni del dente; se ne possono osservare altri invece che avvengono al suo interno: la deposizione della dentina secondaria, la formazione del cemento, il riassorbimento della radice e la traslucenza della radice (detta anche trasparenza).

La dentina secondaria è la sostanza compresa tra lo smalto (esterno), il cemento alla radice e la polpa del dente; essa viene costantemente prodotta durante la vita di una persona e incrementa quindi con l'aumentare degli anni di un individuo.

A seguito della sua formazione si verifica la conseguente riduzione delle dimensioni della cavità pulpare che è rilevabile attraverso immagini radiologiche o con analisi istologiche; tramite le quali è quindi stato possibile mettere in relazione questo fenomeno con l'età delle persone.

Poiché la dentina secondaria comincia la sua formazione al termine del processo di formazione del dente, è osservabile nei soli soggetti adulti.

Il cemento è il tessuto mineralizzato che copre la radice del dente; anch'esso viene prodotto nell'arco della vita di una persona.

Gustafson fu tra i primi ad osservare questo fattore e a considerarlo in relazione all'età del soggetto, nel 1950.

Negli anni sono state sviluppate alcune tecniche per correlare lo spessore del cemento agli anni vissuti da una persona; Zander e Hurzeler 1958 ne hanno sviluppata una: dimostrarono infatti l'esistenza di una stretta relazione tra i due fattori, osservando che tra gli 11 e i 76 anni lo spessore del cemento del dente arriva a triplicare.

Il cemento è formato da strati ipermineralizzati di matrice extracellulare alternata con strati meno mineralizzati; al microscopio sono quindi visibili delle linee scure che corrispondono alle fasi di arresto della mineralizzazione, alternate a bande più chiare. Il conteggio degli anelli di cemento è stato proposto come metodo per risalire all'età della persona (Lipsinic *et al.* 1986; Mille *et al.* 1988); questa tecnica è stata descritta inizialmente da Scheffer (1950) e Laws (1952) che hanno osservato l'alternanza degli anelli di cemento nei denti dei mammiferi marini.

Il primo utilizzo del cemento nella stima dell'età umana quindi, ha riguardato la valutazione del suo spessore, mentre successivamente si è passati al conteggio delle "linee di crescita".

Il metodo prevede la sezione trasversale di un dente e il conteggio dell'alternanza di bande scure e bande chiare.

Wittwer-Backofen *et al.* (2004) forniscono una descrizione dettagliata della formazione e delle procedure adottate. Il metodo è distruttivo e richiede attrezzature specifiche, tuttavia gli autori segnalano un errore inferiore a 2.5 anni; bisogna però valutare se la precisione possa variare nei campioni esposti a fattori ambientali diversi.

Secondo le indicazioni fornite da Rösing e Kvall nel 1998, dopo un'attenta revisione della letteratura disponibile in materia, il metodo basato sul conteggio degli anelli di cemento viene indicato come il migliore, sia per precisione sia per applicabilità.

Il riassorbimento della radice è considerato un altro elemento che permette di risalire all'età del soggetto e come tale è stato inserito da Gustafson nel suo metodo.

La trasparenza o la traslucenza nella radice è causata dall'aumentata mineralizzazione dei tubuli dentinali, nei quali si depositano i cristalli idrossiapatitici; questo fenomeno avviene progressivamente con l'avanzamento degli anni e si osserva di solito dopo i 25 anni. Le porzioni più dense (più mineralizzate) del dente, se analizzate in luce trasmessa, appaiono traslucide.

Diversi metodi sono stati descritti, tra i quali ricordiamo quelli di Miles (1963) e di Bang e Ramm (1970) che hanno misurato la lunghezza della porzione apicale della radice che presentava la traslucenza ed il più noto metodo di Lamendin (1988).

Alcuni metodi basati sui denti: Gustafson e Lamendin

Secondo Rösing e Kvall (1998) il miglior metodo per la stima dell'età che si basa su indicatori dentari è quello della conta degli anelli di cemento, sia per la precisione che permette di ottenere, sia per la generale semplicità di applicazione. A pari merito per precisione gli autori indicano anche la racemizzazione, ma questo metodo risulta difficilmente applicabile. Per quanto riguarda nello specifico quest'ultima tecnica Baccino e Schmitt dichiarano apertamente di non essere riusciti a portare avanti questa metodologia a causa delle difficoltà riscontrate (Baccino e Schmitt 2006: 260). Inoltre, il metodo che sfrutta la racemizzazione dell'acido aspartico, permette di ottenere ottimi risultati nello studio di cadaveri, ma è condizionato dalla temperatura a cui è sottoposto il corpo dopo la morte.

Bisogna tenere in considerazione però che entrambe queste metodologie, nonostante possano dare buoni risultati, necessitano di molto tempo e di laboratori con attrezzature sofisticate.

Gli stessi concetti sono ribaditi anche da altri autori in tempi più recenti: nonostante i buoni risultati, il grande limite rimane quello di essere due metodi distruttivi che possono essere applicabili solamente su soggetti deceduti (Ritz-Timme *et al.* 2000) (o al massimo su denti estratti di persone ancora in vita).

Al contrario, invece, i metodi di analisi dei denti basati sulle radiografie dei denti sono applicabili sia su cadaveri che su soggetti viventi.

Il metodo di Gustafson

Intorno agli anni '50 Gustafson (1950) ha proposto un metodo per la stima dell'età degli adulti basato sull'osservazione di 6 fattori dei denti: l'usura, la dentina secondaria, l'apposizione del cemento, il riassorbimento della radice, il riassorbimento periodontale e la trasparenza della radice (Fig. 6).

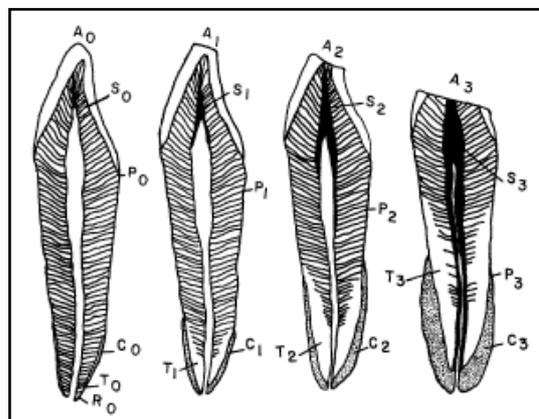


Figura 6: Il metodo di Gustafson: A= usura; S=dentina secondaria, P= paradonto; C= cemento; T= trasparenza; R=riassorbimento (da Burns e Maples 1976, p. 346).

L'applicazione di questo metodo vede un elemento di complessità nella sua realizzazione, dovuto al fatto che sono necessarie le sezioni sottili longitudinali dei denti.

A ciascun fattore viene attribuito un punteggio; la somma di questi punteggi va inserita nella formula di calcolo dell'età proposta, che è:

$$\text{Age} = 11.43 + 4.56 X \text{ (dove } X \text{ è la somma dei punteggi dei 6 fattori).}$$

Il metodo è stato largamente impiegato, ma è stato oggetto anche di numerose critiche, legate e diverse motivazioni.

Prima di tutto le critiche hanno riguardato l'attribuzione di un punteggio per ciascun aspetto, che prevede una valutazione soggettiva; poi è stato osservato che tutti i fattori vengono equamente considerati, quando invece alcuni di questi mostrano una migliore correlazione con l'età (Solheim 1993:138).

Oltre a questo, è stata inoltre criticata la parte statistica del lavoro e si è fatto notare che la deviazione standard presentata non poteva essere corretta (Bang e Ramm 1970; Maples e Rice 1979; Burns e Maples 1976). Il difetto principale di questo metodo è dovuto quindi all'uso del campione di riferimento, su cui la formula è stata sviluppata; di conseguenza nessuno studio successivo è stato in grado di mostrare risultati così buoni come quelli della pubblicazione iniziale (Maples *et al.* 1979; Nkhumeleni *et al.* 1989; Lucy e Pollard 1995).

Infine, l'ultima critica riguarda il fatto che Gustafson ha sviluppato una formula unica, ritenuta valida per tutti i denti, senza considerare le diverse tipologie dei denti analizzati. La formula che ha presentato è stata successivamente ricalcolata e modificata da altri autori (Maples e Rice 1979).

Il metodo di Lamendin

Negli anni Ottanta Lamendin (1988) ha applicato l'analisi multivariata di Gustafson ad un grande campione costituito da più di 400 individui di età moderna e ha mostrato che la traslucenza della radice era il migliore tra i criteri presi in considerazione da Gustafson.

Il metodo proposto da Lamendin è di facile applicazione e non prevede alcuna preparazione del campione; l'occorrente è costituito da un dente monoradicolato (incisivo o canino), una sorgente luminosa (ad esempio una lavagna luminosa a 16-W) e un calibro.

Durante lo sviluppo del metodo è stato dimostrato che il tipo e il lato del dente su cui vengono effettuate le misurazioni, non risultano significativi ai fini del risultato (Lamendin *et al.* 1992).

Le dimensioni da rilevare sono (Fig. 7):

-LR: la lunghezza della radice, che è la distanza tra l'apice della radice e la corona del dente, nel punto di congiunzione cemento-smalto;

-P: la parodontosi, che è la distanza tra la corona e la linea di attacco del tessuto molle, visibile come linea bruna, spesso riscontrabile al tatto;

-T: la traslucenza, che è facilmente visibile guardando il dente esposto alla lavagna luminosa; si misura la lunghezza della zona trasparente partendo dall'apice della radice.

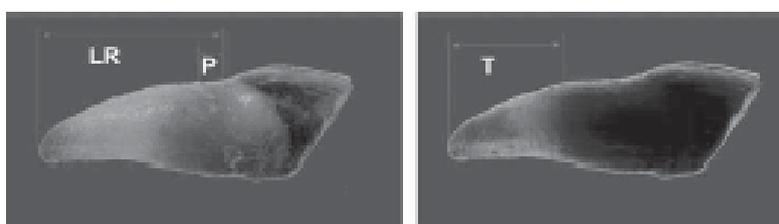


Figura 7: Le misurazioni da effettuare sul dente in base al metodo di Lamendin: la lunghezza della radice (LR), la parodontosi (P) e la traslucenza della radice (T) (da Baccino e Schmitt 2006).

Quando un dente è stato estratto le misure della traslucenza, della parodontosi e dell'altezza della radice deve essere effettuate sullo stesso lato del dente, scelto in base alla considerazione che su quel lato le misure risultano più facili.

Una volta effettuate le misurazioni, l'età alla morte del soggetto si calcola inserendo i valori nella seguente formula:

$$\text{Age} = [(P/LR * 0.18) + (T/LR * 0.42)] * 100 + 25,53$$

Poiché la traslucenza radicale non si sviluppa in una fase precoce della vita, il metodo non è adatto allo studio dei soggetti giovani (quindi non è adatto per i giovani adulti), ma costituisce un'ottima alternativa per il gruppo degli adulti, dai 40 fino a 65 anni. Sotto questo limite l'intervallo di confidenza è più di 10 anni (Baccino e Schmitt 2006:267).

Gli studi effettuati hanno dimostrato che l'applicazione del metodo è semplice e le differenze tra gli osservatori sono basse (Willem *et al.* 2002).

In un lavoro recente questo metodo è stato convalidato su un campione nord-americano della Collezione Terry (Prince e Ubelaker 2002). I risultati hanno dato un errore medio inferiore (7.7 anni) rispetto a quello della pubblicazione originale (che era di poco più di 8

anni). Sembra quindi che quando si applica a popolazioni provenienti da una diversa area rispetto alla popolazione del campione di riferimento, debbano essere elaborati specifici standard di popolazione per ottenere risultati affidabili.

Come detto questa metodologia non dovrebbe essere utilizzata nei giovani-adulti, ma l'assenza di denti monoradicolarati che si riscontra nei soggetti senili, costituisce un ulteriore ostacolo alla sua applicazione.

Il fenomeno dell'apposizione della dentina secondaria

La dentina secondaria è così definita perché comincia ad essere prodotta al termine della dentinogenesi (cioè al termine della formazione della dentina primaria), quando la corona e la radice del dente sono completi ed il dente si trova in occlusione (Costa 1986). Essa viene prodotta dagli odontoblasti lungo la cavità pulpare. Questa continua formazione di dentina secondaria provoca la riduzione della cavità pulpare con il trascorrere del tempo (Gustafson 1950, Philippas 1952, 1961 e 1966).

Ci sono due tipi di dentina secondaria: un tipo definito regolare, prodotto appunto in maniera regolare e continua, che incrementa con l'aumentare degli anni, e un altro tipo irregolare, prodotto solo come risultato di condizioni patologiche. Questa dentina secondaria irregolare viene definita anche come terziaria (Robinson e Boling 1952; Johnson 1971, Berkovitz *et al.* 1992).

Riconoscere i due diversi tipi di dentina secondaria (regolare e irregolare) è piuttosto semplice: in entrambi i casi la dentina secondaria presenta un numero ridotto di tubuli, che nel caso della dentina irregolare presentano una disposizione caotica (Hillson 1986, Berkovitz *et al.* 1992).

Denti usurati e non usurati della stessa bocca tendono a mostrare lo stesso quantitativo di dentina secondaria, sembra perciò che la dentina secondaria sia scarsamente influenzata dall'usura dentaria (Burns e Maples 1976).

Poiché l'apposizione della dentina secondaria all'interno della cavità pulpare comporta una riduzione delle dimensioni di quest'ultima, è stato possibile osservare questo cambiamento tramite radiografie o indagini istologiche e metterlo in relazione con l'età del soggetto.

Già nel 1890 Miller aveva osservato cambiamenti istologici nella dentina in risposta all'età e all'usura; dopo di lui anche Bodecker nel 1926 indicò la dentina secondaria come fattore correlabile all'età dell'individuo.

Nel 1950 la dentina secondaria è stata inclusa tra i fattori utilizzati da Gustafson nel suo metodo, a testimonianza della stretta correlazione che questo indicatore biologico ha con l'età.

Studi dettagliati sulla dentina secondaria furono condotti negli anni '60, tuttavia senza lo scopo preciso di definirne un metodo per correlare questo indicatore all'età (Philippas e Applebaum 1966, 1967, 1968).

Alcuni studi hanno contribuito a chiarire le modalità di apposizione della dentina secondaria: Philippas in un suo lavoro sui denti degli antichi greci (1952; 1961) ha osservato che nei molari la dentina si deposita per lo più sul pavimento della camera pulpare; una osservazione simile a quella di Sicher (1962) che ha rilevato che le dimensioni della polpa erano ridotte principalmente in direzione oclusale. Secondo le sue osservazioni infatti, la formazione della dentina non avviene in modo omogeneo su tutte le pareti della cavità pulpare; il fenomeno è più veloce sul pavimento e successivamente anche sul tetto della cavità, mentre le pareti laterali sono interessate in modo minore.

Nell'attenta analisi di immagini radiografiche effettuata per alcuni studi, è stato osservato che anche in presenza di una marcata usura oclusale dei denti gli schemi di deposizione della dentina non risultano alterati (Philippas 1952 e 1961; Burns e Males 1976).

Nel lavoro presentato da Philippas e Applebaum del 1966 l'istologia è stata utilizzata per osservare, in un campione di incisivi centrali superiori permanenti, le modificazioni che si potevano registrare a carico della dentina primaria e secondaria.

Nello studio condotto da Ikeda *et al.* 1985 furono analizzati tramite radiografia 116 denti estratti (53 incisivi e 63 molari) dei quali sono state misurate la lunghezza della cavità pulpare e della corona ed è stato calcolato l'indice coronale, ottenuto moltiplicando la lunghezza della cavità pulpare x 100 e dividendo per la lunghezza della corona. L'indice decresceva con l'incrementare degli anni del soggetto e presentava un coefficiente di correlazione veramente alto: -0.91 per gli incisivi (Standard Error=6.06) e -0.93 per i molari (Standard Error=5.73).

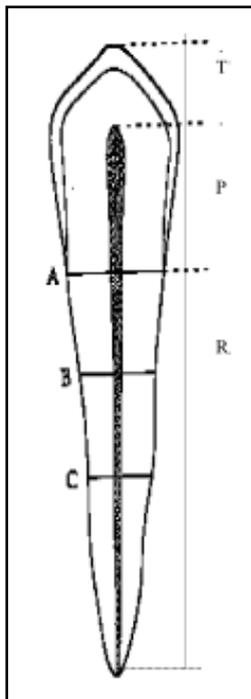
Lo studio condotto da Drusini *et al.* nel 1997, basato sul calcolo dell'indice coronale del dente, misurato utilizzando delle panoramiche, ha dato buoni risultati comparabili con quelli ottenuti da un campione di denti della stessa popolazione sottoposto al metodo della traslucenza della dentina (Drusini 1997, 1991, Drusini *et al.* 1997) e confermando la validità dei metodi basati sulla misurazione della dentina secondaria.

Nello studio proposto da Paewinsky *et al.* nel 2005, gli autori hanno presentato i risultati della loro indagine, nella quale hanno rilevato in modo digitale le dimensioni della cavità pulpare dei denti, valutandone la correlazione con l'età del soggetto.

I soggetti sottoposti ad indagine, per un totale di 168, avevano un'età compresa tra i 14 e gli 81 anni; dal punto di vista delle classi sessuali il campione era composto da 91 maschi e 77 femmine.

I denti sottoposti ad analisi sono stati:

-gli incisivi laterali mandibolari (dente 32 e 42); i canini mandibolari (denti 33 e 43); il primo premolare mandibolare (denti 34 e 44); incisivi centrali e laterali superiori (denti 11, 12, 21, 22); secondo premolare superiore (dente 15, 25).



Le misurazioni sono state effettuate seguendo le indicazioni fornite da Kvall (Fig. 8):

T: lunghezza massima del dente;

R: lunghezza della radice –vista mesiale–;

P: lunghezza massima della polpa;

A: larghezza della radice e della polpa alla giunzione smalto-cemento;

C: larghezza della radice e della polpa a metà la giunzione smalto-cemento e l'apice della radice;

B: larghezza della radice e della polpa a metà tra A e C.

Figura 8: Le misurazioni effettuate in accordo con le indicazioni fornite da Kvall 1995 (da Paewinsky *et al.* 2005, p. 28).

Poiché Kvall non aveva rilevato significative differenze dovute alla lateralità dei denti, gli autori di questo studio hanno utilizzato indipendentemente denti del lato destro o di quello sinistro, a seconda del miglior stato di conservazione.

Per ridurre l'effetto della distorsione e della proiezione delle immagini, le misure sono state poi analizzate costruendo dei rapporti tra esse.

I risultati di questo studio hanno evidenziato che non esiste una correlazione tra le lunghezze rilevate e l'età, bensì la correlazione esiste tra le larghezze rilevate nei diversi punti e l'età del soggetto. La migliore correlazione è stata osservata nel punto A, ossia nel punto di giunzione tra smalto e cemento, per tutti i denti analizzati tranne che per il primo premolare mandibolare (denti 34 e 44) dove la migliore correlazione è stata invece osservata nel punto B.

Il dente che ha mostrato i migliori risultati è stato l'incisivo laterale superiore.

Dal 2004 Cameriere e collaboratori hanno presentato un metodo di stima dell'età basato sulla misurazione, tramite radiografia, dell'area della cavità pulpare, messa poi in relazione con l'area totale del dente. Il metodo è stato sviluppato analizzando prevalentemente i canini (Cameriere *et al.* 2004b; Cameriere *et al.* 2006c), ma negli anni successivi sono stati analizzati anche altri denti monoradicolarati.

Il metodo è stato oggetto di un'applicazione pratica condotta nell'ambito di questa ricerca, pertanto si rimanda al capitolo successivo per la trattazione specifica della metodologia.

DIVERSI APPROCCI, ANALISI MULTIFATTORIALE E COMBINAZIONE DI METODI

Secondo alcuni autori, poiché i cambiamenti cronologici degli indicatori di età nel corpo umano non si verificano con lo stesso ritmo durante l'arco della vita, il primo passo nella stima dell'età è una sorta di pre-classificazione del caso (Baccino e Schmitt 2006). Per gli adulti ci sono tre sottogruppi: i giovani adulti, gli adulti e i soggetti senili²⁷. In base alla pre-classificazione del soggetto si può poi procedere selezionando la metodologia che si ritiene più appropriata per quello specifico gruppo.

Presso l'Istituto di Medicina Legale di Montpellier è stata sviluppata una procedura denominata TSP (Two Step Procedure) che prevede la combinazione di due metodologie, il sistema Suchey-Brooks (SBS) per la sinfisi pubica e il metodo dentario proposto da Lamendin che valuta la traslucenza della radice.

²⁷ Diversi autori danno indicazioni diverse circa le età da riferire a ciascun gruppo. Per Baccino e Schmitt (2006) gli adulti si dividono in: giovani adulti (fino a 40 anni); adulti maturi (oltre 40 anni); e anziani (> 65 anni).

Il primo passo consiste nell'esame della sinfisi pubica per una pre-classificazione: tramite la sinfisi si definisce se il soggetto è un giovane adulto (fase I, II o III di Suchey-Brooks) o un adulto maturo/senile (fasi IV, V, VI). Se il soggetto presenta la sinfisi in fase I, II o III la stima dell'età verrà effettuata utilizzando gli intervalli d'età forniti per ciascuna fase da Suchey Brooks, mentre se il soggetto presenta la sinfisi in fase IV, V o VI, verrà applicato il metodo Lamendin. A tal proposito va ricordato che per il metodo di Lamendan si sconsiglia l'analisi dei giovani adulti.

La procedura TSP si basa sull'idea che un singolo metodo non sia valido per l'intera durata della vita; essa permette di applicare metodi complementari e non combinati tra loro.

Gli autori di questa procedura sono infatti contrari ad un approccio multifattoriale, consigliato invece da altri ricercatori. Secondo loro infatti, combinando insieme metodi elaborati su diversi campioni di riferimento comporta gravi errori; la variabilità tra le popolazioni non consente infatti tale approccio; inoltre non è possibile associare matematicamente un metodo, dando una stima di età con una deviazione standard, con un altro metodo che dà un'età in base ad una classe.

Tra le metodologie basate sulle modificazioni della sinfisi pubica è stato preferito il metodo elaborato da Suchey-Brooks per diversi motivi, primo tra tutti il fatto che l'applicazione risulta semplice, poi perché il metodo è stato sviluppato su una popolazione moderna americana, e che l'elaborazione della metodologia ha tenuto in considerazione la variabilità tra gli individui. Questa metodologia è stata utilizzata per diversi anni da Eric Baccino che ha riscontrato l'affidabilità del metodo applicandolo in contesto europeo su soggetti under 40 anni (Baccino *et al.* 1991).

E' opinione comune ritenere che più indicatori di età utilizzati insieme siano più precisi degli indicatori singoli. Tuttavia, attualmente non esistono norme su come combinare insieme informazioni provenienti da più metodi.

Alcune pratiche comuni includono: l'utilizzo della sovrapposizione degli intervalli di età forniti dagli studi, utilizzando l'intera gamma degli intervalli forniti dagli studi o combinando il range inferiore del metodo (che fornisce l'età più giovane) e il range più alto del metodo (che fornisce l'età più vecchia) (Garvin e Passalacqua 2011); un altro

approccio potrebbe essere quello di accettare i range coerenti tra più metodologie e scartare quelli che riportano stime non coerenti.

In realtà, però, nessuno di questi approcci risulta statisticamente corretto dato che non si possono mescolare tra loro metodologie ottenute su campioni diversi partendo da presupposti diversi, tenendo anche in considerazione che non sempre per tutti gli studi ed i metodi sono riportate le rielaborazioni statistiche utilizzate.

Un vero metodo multifattoriale ideato sulla base di diversi indicatori può risolvere questi dilemmi statistici, ma rimarrebbe relativamente inutilizzato nel settore.

La maggior parte dei tentativi di creazione di metodi multifattoriali ruotano attorno agli approcci di regressione (ad esempio, Aykroyd *et al.*, 1999; Martrille *et al.* 2007; Uhl 2008a). Inoltre, i metodi combinati di solito includono solo i tratti convenzionali (suture craniche, sinfisi pubica, superficie auricolare e estremità sternali) e ignorano altri indicatori.

II PARTE

CAPITOLO 5: PRESENTAZIONE DEL “METODO CAMERIERE”

Dal 2004 Roberto Cameriere ha svolto un'intensa indagine nel campo della stima dell'età, che negli anni ha portato alla pubblicazione di una notevole quantità di articoli su riviste internazionali specializzate.

Come detto in precedenza uno dei principali elementi innovativi risulta essere lo sviluppo di metodologie quantitative che permettono di definire l'età come funzione lineare di rapporti tra valori misurabili.

La conseguenza diretta dell'intensa attività produttiva del Progetto AgEstimation, supportato dall'Istituto di Medicina Legale dell'Università di Macerata, è stato lo sviluppo di alcune metodologie note appunto come “Cameriere's method”.

Nello specifico sono state sviluppate diverse tecniche che prevedono la misurazione di distanze o di aree, utilizzando come supporto principale immagini radiologiche (radiografie, ortopantomografie o radiografie periapicali).

Tutte le metodologie sviluppate sono accomunate da alcuni fattori:

- l'utilizzo di supporti digitali permette di scambiare, facilmente e velocemente, le immagini e i dati, favorendo lo scambio e la collaborazione con studiosi e ricercatori di altri paesi;
- le misurazioni da effettuare sono piuttosto semplici e non richiedono conoscenze specifiche, perciò i metodi risultano facili da apprendere e altamente riproducibili;
- poiché gli indicatori indagati principalmente sono relativi alla cavità orale e al distretto polso-mano, le analisi richiedono dosi di radiazioni piuttosto contenute.

Le principali metodologie sviluppate nell'AgEstimation Project sono le seguenti:

-Metodo del rapporto tra le ossa del carpo e l'area del carpo (Cameriere *et al.* 2006a): si tratta di una metodologia di misurazione delle radiografie della mano che permette di stimare l'età dei soggetti compresi nell'intervallo 4/16 anni;

-Metodo degli apici aperti dei denti (Cameriere *et al.* 2006b): si tratta di una tecnica di analisi che prevede la misurazione degli apici aperti dei denti permanenti in formazione e il conteggio del numero dei denti permanenti che presentano apici chiusi (quindi già completamente formati) (Fig. 9). Il supporto maggiormente utilizzato per questo metodo sono le ortopantomografie. L'applicazione interessa i soggetti indicativamente compresi nell'intervallo 4/14 anni;

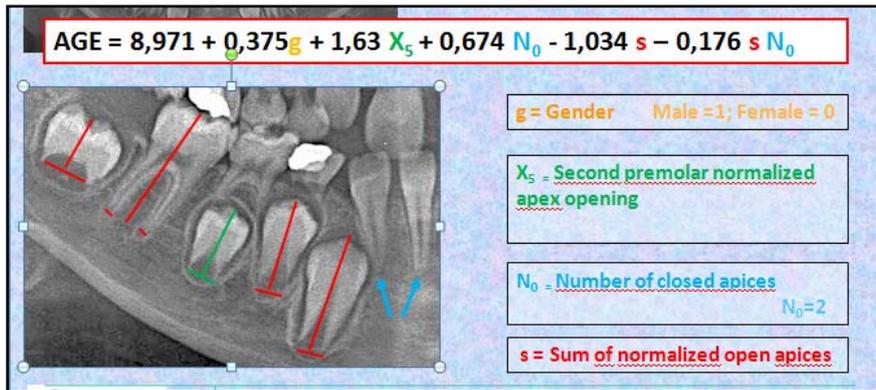


Figura 9: schema di sintesi delle misurazioni che si rilevano con il “metodo degli apici aperti”. Il metodo prevede una formula per il calcolo dell’età, all’interno della quale vanno inseriti le misure relative ai singoli denti, oltre al sesso dell’individuo e al numero dei denti definitivi con apici già completamente formati.

-Metodo del terzo molare (Cameriere *et al.* 2014): si tratta della misurazione dello sviluppo del dente del giudizio per definire se un soggetto abbia o no superato una determinata soglia d’età, che solitamente è rappresentata dal 18 anno d’età; a tal proposito è stato stabilito un valore numerico di cut-off che funge da riferimento: se l’indice del terzo molare (I_{3M}) del soggetto è minore di tale valore (0.08), il soggetto viene considerato maggiorenne.

L’indice I_{3M} viene calcolato rapportando la distanza tra gli apici aperti della parte del dente ancora in formazione, allo sviluppo in altezza del dente.

I soggetti coinvolti negli studi su questa metodologia hanno solitamente età compresa tra 14 e 23 anni.

-Metodo del rapporto tra l’area della cavità pulpare e l’area del dente (Cameriere *et al.* 2004b): le misurazioni da rilevare sono l’area della cavità pulpare e l’area totale del dente. Questa tecnica permette di stimare l’età di tutti i soggetti adulti (quindi idealmente inseriti nell’intervallo 18- X).

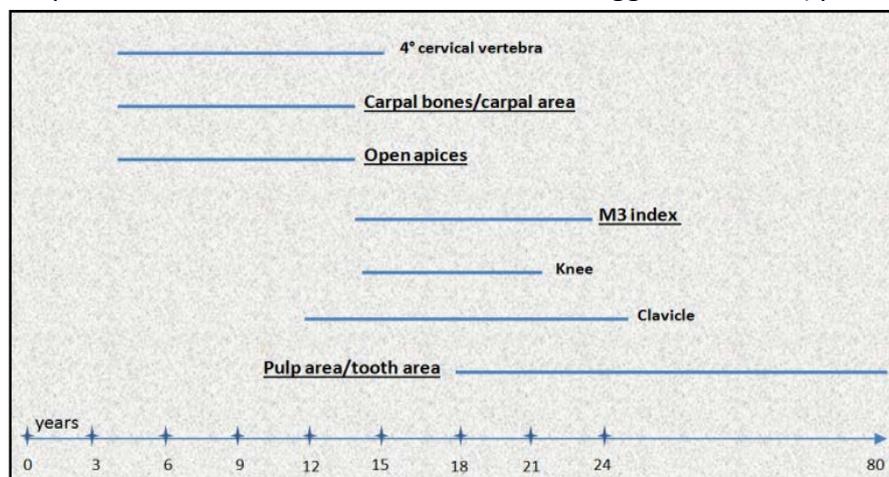


Figura 10: gli indicatori analizzati con le metodologie del Progetto AgEstimation e gli intervalli d’età per i quali vengono presi in esame.

Considerato che si tratta di metodologie differenti tra loro, basate su indicatori scheletrici di distretti anatomici diversi e che servono per determinare l'età in soggetti appartenenti a classi diverse tra loro (Fig. 10), la designazione di ciascuna di queste tecniche come "Cameriere's method" genera confusione, dato che è sempre necessario indicare quale specifica tecnica dell'autore è oggetto d'esame.

Oltre alle quattro metodologie appena ricordate, che costituiscono il cardine dell'AgEstimation Project, nel corso degli anni sono stati analizzati anche altri indicatori d'età come la IV vertebra cervicale e l'articolazione del ginocchio per valutare i loro cambiamenti in base all'età del soggetto.

Nello specifico, relativamente allo sviluppo delle vertebre cervicali (Cameriere *et al.* 2015b), è stata osservata la forma del corpo vertebrale, che in una fase tarda dell'infanzia (intorno ai 10 anni) presenta una forma trapezoidale, con maggiore sviluppo del corpo vertebrale nella sua parte posteriore rispetto a quella anteriore; nei soggetti di circa 14 anni invece, il corpo vertebrale assume una forma più regolare con dimensioni più proporzionate tra la porzione anteriore e quella posteriore (Fig 11 e 12).



Figura 11: La forma della IV vertebra cervicale in un soggetto di 10 anni.



Figura 12: La forma della IV vertebra cervicale in un soggetto di 14 anni.

Il metodo è stato proposto come alternativa valida per l'accertamento dell'età di soggetti tra i 10 e i 14 anni, quindi per rispondere a interrogativi relativi alla *Minimum Age of Criminal Responsibility*, che in molti paesi varia da 10 a 14 anni. Le metodologie utilizzate solitamente in questo caso sono quelle basate sull'analisi dello sviluppo del distretto polso-mano, che termina il suo sviluppo proprio intorno al 16 anno d'età.

Anche questa metodologia, come le altre che si propone di affiancare, trova un limite d'applicazione, che nel suo caso risulta essere legato ai soggetti di 13-14 anni: è stato infatti notato che il rapporto tra la dimensione anteriore del corpo vertebrale e quella posteriore non manifesta cambiamenti significativi nelle femmine dopo i 13 anni e nei maschi dopo i 14 (Cameriere *et al.* 2015b).

L'area del ginocchio è stata invece indagata per sviluppare uno "score system" finalizzato alla stima dell'età per i soggetti che ricadono nella fascia d'età intorno ai 18 anni (Cameriere *et al.* 2012c; Galić *et al.* 2016).

Nel metodo si valuta il grado di fusione delle epifisi con le diafisi relativamente all'area del ginocchio, per femore, tibia e perone (epifisi distale del femore, epifisi prossimale di tibia e perone).

Nello stadio 1 le epifisi non sono fuse con le diafisi; nello stadio 2 è avvenuta la fusione, ma è ancora visibile la linea di saldatura; nello stadio 3 la fusione è completa e non è più evidente alcuna traccia della linea di fusione (Fig. 13).



Figura 13: i diversi stadi di fusione delle epifisi di femore, tibia e perone (da Cameriere *et al.* 2012c).

A ciascuno stadio è associato un punteggio: 0 per lo stadio 1, 1 per lo stadio 2 e 2 per lo stadio 3; sommando i punteggi relativi alle tre ossa si ottiene un punteggio finale che attraverso una tabella appositamente predisposta (Tab. 7), permette di conoscere l'intervallo d'età associato al soggetto, in base al sesso.

Score	Males <i>n</i>	M ± SD	Females <i>n</i>	M ± SD
0	14	14.5±0.2	19	14.9±0.2
1	10	15.8±0.5	18	15.7±0.2
2	15	16.8±0.7	17	16.9±0.5
3	8	18.1±0.8	11	18.2±0.3
4	16	18.3±0.3	14	18.9±0.4
5	15	20.4±0.5	15	20.8±0.5
6	21	21.2±0.6	22	22.5±0.3

M mean age, *SD* standard deviation, *n* number of cases

Tabella 7: i valori ottenuti per l'osservazione dello stadio di fusione di femore, tibia e perone nella zona del ginocchio e l'età stimata corrispondente (da Cameriere *et al.* 2012c).

La ricerca svolta intorno all'AgEstimation Project è stata indirizzata a tutto tondo sulle problematiche connesse alla stima dell'età dei soggetti, analizzando individui appartenenti a diverse classi d'età che potevano essere coinvolti da specifiche problematiche, utilizzando gli indicatori scheletrici e dentari più opportuni per quella fascia d'età e valutandone le correlazione con l'età cronologica.

Negli anni le varie tecniche hanno subito modificazioni e applicazioni a campioni di diverse nazionalità al fine di definirne la precisione (accuracy). Sono noti infatti i limiti delle metodologie dovuti al fatto che le diverse tecniche sviluppate presentino un elevato valore di precisione nel campione su cui sono state messe a punto, che difficilmente però, riescono a ripetere nell'analisi di altri campioni.

Poiché una parte del lavoro di questa ricerca ha previsto la messa in pratica di tre delle principali metodologie presentate da R. Cameriere, si procederà di seguito con la spiegazione dettagliata di queste tecniche, facendo riferimento anche ai campioni che sono stati analizzati nel corso degli anni.

1-CAMERIERE'S METHOD-: L'AREA DEL CARPO E DELLE OSSA CARPALI

Il metodo consente di determinare l'età nei bambini attraverso l'analisi di una radiografia della mano.

Gli elementi da misurare sull'immagine sono l'area delle ossa carpali, delle epifisi distali di ulna e radio e del palmo della mano. L'area delle ossa carpali viene sommata all'area delle epifisi di ulna e radio e valutata in rapporto all'area totale della superficie del palmo della mano (Fig. 14).

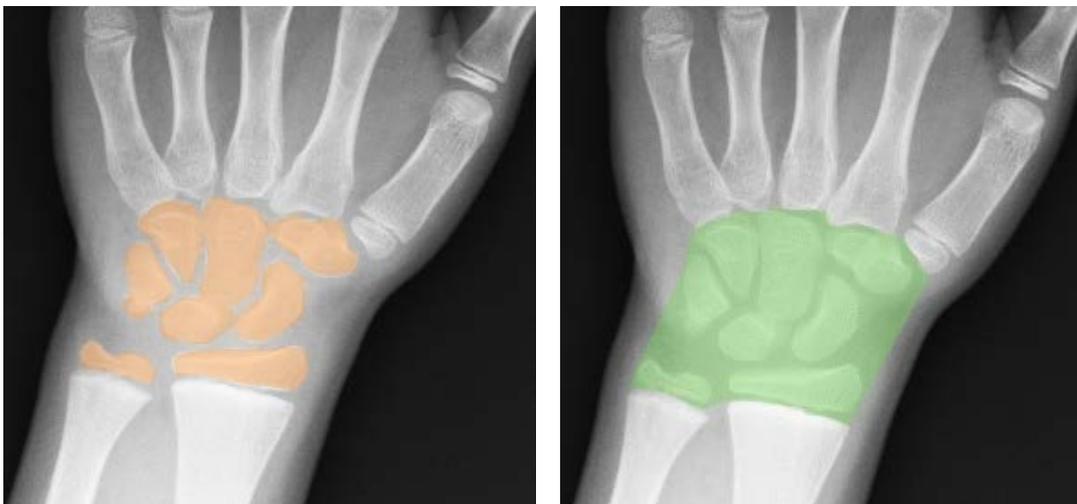


Figura 14: l'area delle ossa carpali e delle epifisi distali di ulna e radio -Bo- (a sinistra) e l'area totale del palmo della mano -Ca- (a destra).

La misurazione avviene attraverso il comando “polilinea” o “selezione poligonale”, a seconda del software utilizzato; le aree in questione vanno misurate tenendo presente l’indicazione che nel caso in cui due o più ossa carpali risultassero sovrapposte deve essere selezionata un’unica area; questa vale non solo per le ossa carpali, ma anche qualora le epifisi di ulna e radio fossero sovrapposte (Fig. 15).

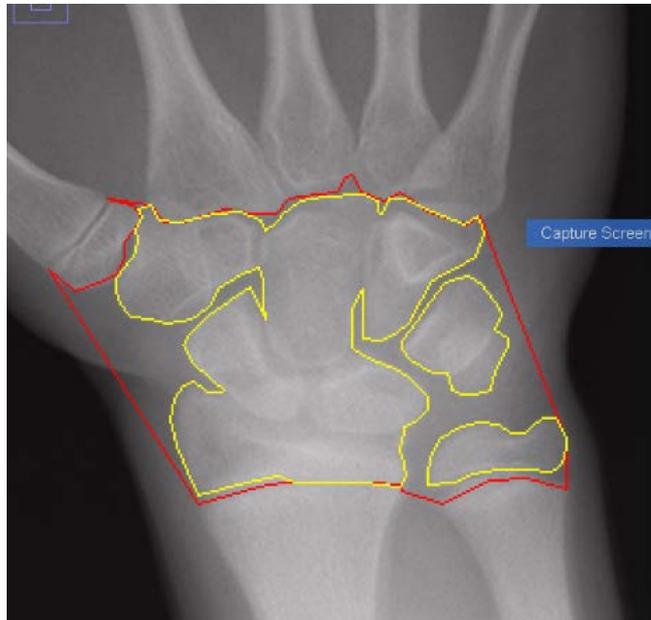


Figura 15: esempio di una radiografia della mano dove più ossa carpali risultano sovrapposte.

Le dimensioni prese vengono valutate mettendole in rapporto tra loro (ossa carpali/area del carpo).

I misure rilevate sulla radiografia vengono definite come segue:

-“Bo”, significa “Bones” ed è il valore delle aree delle ossa carpali sommato alle aree delle epifisi distali dell’ulna e del radio;

-“Ca”, significa “Carpal Area” ed è il valore che risulta dalla misurazione dell’area del palmo della mano.

Questi valori, inseriti all’interno della formula predisposta permettono il calcolo dell’età; la formula è la seguente:

$$\text{Age} = -3.253 + 0.719 g + 20.610 \text{ Bo/Ca.}$$

All’interno di essa l’unica altra variabile presente è g (gender) ossia il sesso del soggetto; i valori da inserire al posto di g sono 1 nel caso di soggetti di sesso maschile e 0 nel caso di soggetti di sesso femminile.

Quindi, come si evince dalla formula, i soggetti di sesso maschile hanno bisogno di un piccolo valore aggiunto (0.719×1) che serve per compensare il fatto che si sviluppano con un certo ritardo rispetto ai soggetti di sesso femminile.

1) Questa metodologia è stata presentata per la prima volta nel 2006 (Cameriere *et al.* 2006) ed è il risultato dell'analisi di un campione di radiografie di 150 bambini e adolescenti italiani. Il *range* d'età dei soggetti analizzati è compreso tra 5 e 17 anni.

Il rapporto Bo/Ca è stato utilizzato per creare un modello di regressione lineare, che descrive l'età in funzione del rapporto Bo/Ca secondo la formula:

$$\text{Age} = -3.253 + 0.719 g + 20.610 \text{ Bo/Ca},$$

all'interno della quale le variabili sono il sesso dell'individuo (g) e le dimensioni di Bo e di Ca. L'errore standard associato a questa formula è di 1.19 anni.

Gli autori concludono la pubblicazione relativa a questo studio sostenendo che il metodo fornisce risultati paragonabili a quelli ottenuti con i metodi TW3 e FELS, ma risulta più semplice da applicare.

2) Nel 2008 sono stati presentati i risultati dell'applicazione del metodo ad un campione di 158 bambini ed adolescenti sloveni di età compresa tra 6 e 16 anni (Cameriere *et al.* 2008a). Anche per questo specifico campione è stato valutato il rapporto tra l'area delle ossa carpali sommate a quelle delle epifisi distali di ulna e radio (Bo) e l'area totale del palmo della mano (Ca); tale rapporto è stato analizzato in relazione all'età cronologica dei soggetti ed è stata proposta la formula:

$$\text{Age} = -3.411 + 0.942 g + 20.927 \text{ Bo/Ca}.$$

L'errore standard associato alla formula è risultato di 0.658 anni.

Poiché i risultati mostravano un modello di regressione lineare simile a quello del campione italiano è stato possibile valutare i due campioni nell'insieme: i due modelli similari permettono infatti di asserire che la nazionalità dei soggetti non ha influenze rilevanti.

É stata quindi calcolata la formula per il campione italo-sloveno:

$$\text{Age} = -2.907 + 0.408 g + 20.757 \text{ Bo/Ca}$$

L'errore standard associato a questa formula risulta di 0.96 anni.

3) Successivamente nel 2014, è stato sottoposto a questa metodologia un campione di radiografie 257 bambini ed adolescenti dell'Egitto, di età compresa tra i 4 e i 18 anni (El-Bakary *et al.* 2014).

Per questo studio in una prima fase è stata calcolata l'età applicando la formula ottenuta sul campione italiano (Cameriere *et al.* 2006), che ha riportato in questo caso specifico, un errore standard di 1.96 anni.

In seguito quindi è stato calcolato uno specifico modello di regressione lineare per stimare l'età in funzione del rapporto Bo/Ca che ha avuto come risultato l'elaborazione della formula:

$$\text{Age} = -0.998 + 18.708 (\text{Bo/Ca}) + 1.724 g (\text{Bo/Ca}),$$

che mostra come la variabile del sesso (gender=g) sia comunque sempre da tenere in considerazione.

Tale formula comporta un errore standard di 1.85 anni.

Il modello di regressione sviluppato da El-Bakari *et al.* specifico per i bambini egiziani, spiega il 71% della varianza totale.

Questi risultati indicano che bisogna fare attenzione alle possibili differenze tra soggetti aventi origini etniche diverse.

4) Infine, nel 20016 è stata proposta una nuova formula (De Luca *et al.* 2016).

Da un primo campione analizzato, costituito da 332 radiografie della mano di bambini ed adolescenti italiani di età compresa tra 1 e 16 anni, è stata sviluppata una nuova formula:

$$\text{Age} = -1.7702 + 1.0088 g + 14.8166 (\text{Bo/Ca}).$$

L'errore standard associato a questa formula è di 1.54 anni.

Nel medesimo lavoro è stato esaminato un secondo campione: si tratta di 204 radiografie di soggetti italiani di età compresa tra 1 e 16 anni. Anche in questo campione è stata valutata la differenza tra l'età scheletrica e l'età cronologica al fine di verificare la precisione della nuova formula.

I risultati hanno rivelato, nel campione dei maschi, una leggera sottostima dell'età scheletrica, mentre nel campione delle femmine la media dell'età scheletrica è risultata molto ravvicinata alla media dell'età cronologica.

L'errore intra-osservatore è risultato di 0.83, mentre l'errore inter-osservatore è risultato di 0.87.

Il livello di accordo tra valutazioni intra e inter-osservatore in questo studio è alto e simile a quanto osservato in studi precedenti (Cameriere *et al.* 2006; Cameriere e Ferrante 2008; Cameriere *et al.* 20012b); tutti questi dati confermano l'alta riproducibilità di questo metodo.

2-CAMERIERE'S METHOD-: L'INDICE DEL TERZO MOLARE E L'UTILIZZO DEL CUT-OFF

Dalla tecnica basata sulla misurazione degli apici aperti dei denti deriva questa particolare applicazione del metodo, che prevede la presa in considerazione del solo terzo molare.

Nei soggetti maggiori di 12/14 anni infatti, al termine del completamento della formazione del secondo molare, l'unico elemento dentario ancora in formazione (e perciò valutabile a fini della stima dell'età) resta il terzo molare.

Con questa tecnica si procede con il calcolo dell'indice del terzo molare (I_{3M}) ottenuto dal rapporto tra l'apertura degli apici e lo sviluppo in altezza del dente.

In pratica, quando lo sviluppo del dente riguarda soltanto la corona si otterrà I_{3M} mettendo in rapporto la misura tra i due punti estremi del margine inferiore in formazione della corona con l'altezza massima raggiunta dal dente, misurata lungo l'asse del dente; mentre quando lo sviluppo avrà già raggiunto anche le radici, I_{3M} sarà ottenuto dal rapporto tra la somma degli apici aperti delle radici e l'altezza raggiunta dal dente, misurata lungo il suo asse (Fig. 16).

Come per le altre tecniche, le misure prese in considerazione vengono messe in rapporto tra loro, ciò consente di controllare l'effetto dovuto ad eventuali distorsioni dell'immagine.

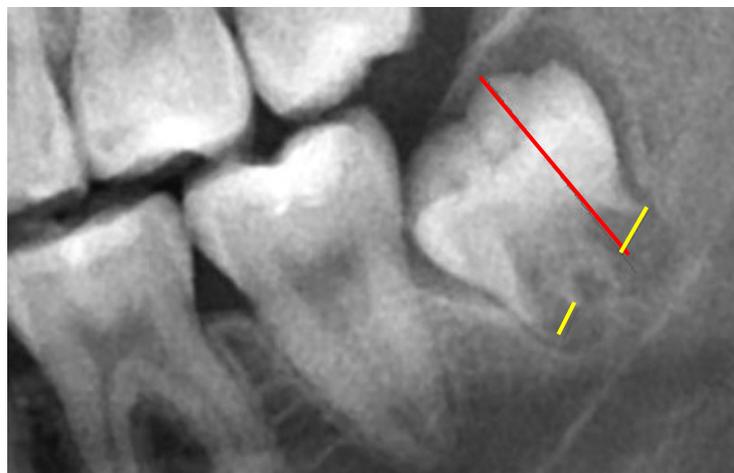


Figura 16: esempio di misurazione degli apici aperti (in giallo) e dell'altezza (in rosso) del terzo molare.

Il dente preso in esame è generalmente il terzo molare inferiore di sinistra (dente 38 secondo la classificazione della FDI -Federation Dentaire Internationale-), ma nel caso in cui non risulti ben visibile o manifesti qualche problema, può essere utilizzato anche il dente controlaterale; i molari superiori non vengono mai presi in considerazione per due motivi principali: perché presentano una variabilità ancora maggiore nello sviluppo e perché non sono mai chiaramente visibili nelle ortopantomografie.

Nel caso in cui due terzi molari presentino uno sviluppo notevolmente diverso (il destro rispetto al sinistro) (Fig. 17), si deve prendere in considerazione quello con lo sviluppo minore (in base al principio di legge della presunzione della minore età in caso di dubbio).

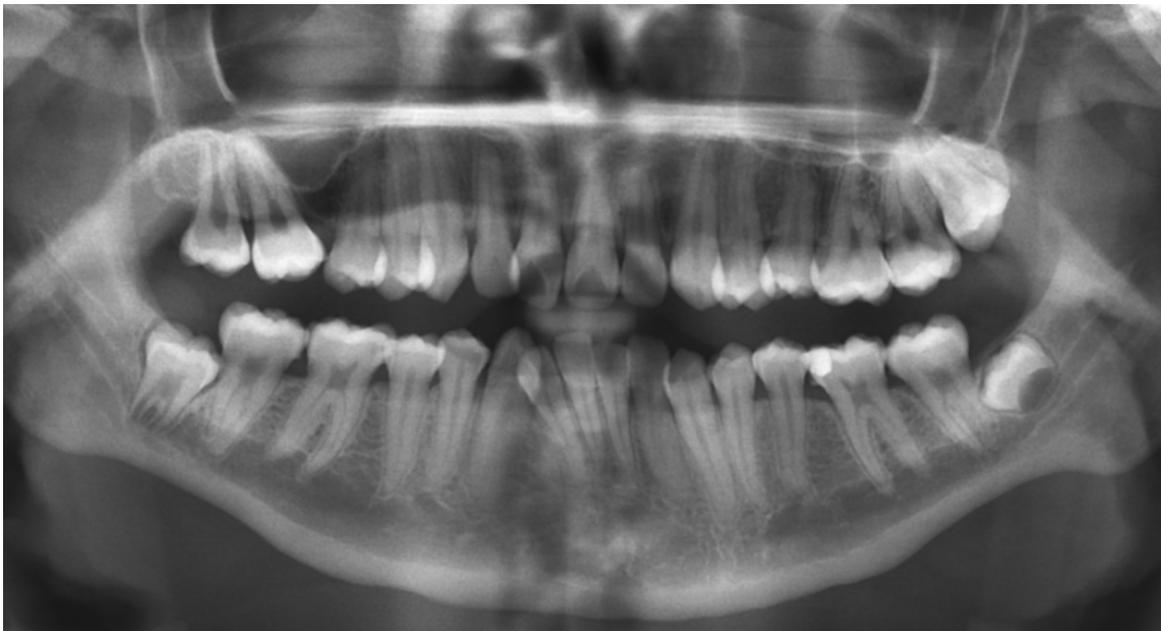


Figura 17: OPT relativa ad un soggetto che presenta un grado diverso di sviluppo tra il dente del giudizio destro e sinistro.

Il metodo Cameriere del terzo molare prevede l'applicazione di un cut-off, un valore numerico che costituisce la soglia dell'età adulta: questo valore è stato fissato convenzionalmente a 0.08; i soggetti che presentano un indice del terzo molare minore di 0.08 sono considerati adulti ($I_{3M} < 0.08 = \text{adulto}$).

Il concetto del cut off è molto importante dal punto di vista giuridico, perché il valore selezionato è stato opportunamente valutato tra quelli disponibili; teoricamente infatti è possibile utilizzare altri valori numerici come cut-off, ma il valore 0.08 soddisfa un requisito molto importante dal punto di vista giuridico, permettendo di mantenere bassa la soglia dei minorenni erroneamente classificati come maggiorenni.

1) Il gruppo di lavoro dell'Agestimation Project ha proposto per la prima volta uno studio sul 18 anno d'età e sullo sviluppo del terzo molare nel 2008 (Cameriere *et al.* 2008b), nel quale sono stati presentati i risultati della misurazione delle OPT di 906 individui caucasici di età compresa tra 14 e 23 anni. Per ciascun soggetto è stato calcolato l'indice del terzo molare (I_{3M}), mettendo in rapporto l'apertura degli apici del dente con la sua altezza. Nel caso in cui il dente del giudizio presenti radici completamente formate e quindi apici chiusi, l'indice del terzo molare viene considerato 0. La mineralizzazione è stata inoltre valutata assegnando al dente uno degli stadi proposti da Demirjian; questo ha permesso di confrontare i risultati della nuova tecnica proposta, con i risultati ottenuti, sullo stesso campione, con un metodo già noto.

Il confronto tra i dati ottenuti ha portato gli autori ad affermare che il metodo di Demirjian comporta un'alta percentuale di falsi positivi, cioè molti soggetti realmente inferiori ai 18 anni erroneamente classificati come adulti, poiché presentavano uno stadio H di mineralizzazione del terzo molare.

Nel metodo basato sull'indice del terzo molare è invece possibile determinare un cut-off, un valore oltre il quale i soggetti vengono ritenuti adulti; il valore viene opportunamente fissato in modo da ottenere il minor numero possibile di falsi positivi. In base all'osservazione delle misurazioni effettuate in questo primo studio, il valore scelto come limite discriminante è 0.08: ciò significa che quando l' I_{3m} è minore di 0.08 si ritiene che il soggetto abbia almeno 18 anni.

La sensibilità di questo valore risulta essere del 70%; la specificità del 98%; mentre la corretta classificazione dei soggetti è dell'83% (Tab. 8).

	Phase G	Phase H	$I_{3M} < 0.08$
Sensitivity	75	58	70
Specificity	90	98	98
Correct classification	83	79	83
Posttest probability	94 (92–96)	98 (97–99)	98 (97–99)

Tabella 8: valori di sensibilità, specificità, corretta classificazione per $I_{3m} < 0.08$ (da Cameriere *et al.* 2008b).

Lo studio ha rivelato che la probabilità che un soggetto fosse maggiore o minore di 18 anni dipende quindi dal grado di maturità del dente del giudizio, ma questa non ha correlazioni con il sesso dell'individuo.

Ai fini delle applicazioni in ambito forense i risultati hanno inoltre mostrato come il metodo dell'indice del terzo molare presenti una bassa percentuale di soggetti minorenni erroneamente classificati come adulti, pertanto risulta idoneo alle applicazioni in campo giuridico.

2) Un secondo articolo è stato proposto nel 2014 (De Luca *et al.* 2014); in questa occasione il campione risultava costituito da 397 OPT di soggetti di età compresa tra i 13 ed i 22 anni. È stato calcolato I_{3M} secondo le indicazioni riportate precedentemente (Cameriere *et al.* 2008b).

I risultati hanno confermato la validità del valore 0.08 scelto come cut-off.

Nel campione in esame la sensibilità risulta essere dell'86.6%, la specificità del 95.7%; la percentuale dei soggetti correttamente classificati è del 91.4%.

I risultati di questo studio hanno confermato la validità del metodo per accertare l'età nei soggetti giovani privi di documenti.

3) Nel 2014 (Cameriere *et al.* 2014) è stata proposta un'applicazione del metodo ad un campione di bambini e adolescenti albanesi (costituito da 286 individui di età tra 15 e 22 anni).

Come dalle precedenti pubblicazioni, il cut-off di 0.08 è stato utilizzato per discriminare tra i soggetti maggiori di 18 anni e quelli minori.

I risultati ottenuti in questo specifico caso di applicazione sono stati presentati separatamente in base al sesso dei soggetti.

Nei maschi, 124 dei 134 individui sono risultati correttamente classificati. Questi risultati mostrano per la classe dei maschi una sensibilità del 94.1%; una specificità del 90.9%; e una corretta classificazione dei soggetti del 92.5%. La probabilità che un soggetto positivo al test $I_{3M} < 0.08$ sia maggiore di 18 anni è del 94.4%.

Per il campione femminile 131 soggetti sono stati correttamente classificati su 152; la sensibilità per il campione femminile risulta essere del 75.4%, la specificità del 96.6%, la proporzione di corretta classificazione degli individui è dell' 87.5%, mentre la probabilità che un soggetto positivo al test $I_{3M} < 0.08$ sia maggiore di 18 anni è del 97.2%.

I risultati mostrano che utilizzando lo stesso valore di cut-off per maschi e femmine i maschi risultano meglio classificati (92.5%) delle femmine (87.5%) in maggiorenni e

minorenni. La specificità è migliore per le femmine (96.6%) rispetto ai maschi (90.9%) mentre la sensibilità dei maschi è migliore (94.1%) rispetto a quella delle femmine (75.4%). I risultati rivelano inoltre una buona probabilità post test: 94.4% per la classe maschile e 97.2% per la classe femminile.

4) Anche un campione di soggetti brasiliani è stato analizzato per verificare l'applicabilità sia del metodo che del cut-off di 0.08 (Deitos *et al.* 2015) in questa popolazione.

In totale sono state analizzate 500 OPT precedentemente acquisite per scopi terapeutici. Dopo la verifica preliminare, in base ai criteri di inclusione, ne sono rimaste 444, relative a soggetti di età compresa tra 14 e 22 anni.

I risultati hanno mostrato una sensibilità del 77.4%, una specificità dell'86.2% ed una corretta classificazione dell'87.4%; questi valori si collocano in una posizione intermedia tra gli alti valori ottenuti da una precedente applicazione (De Luca *et al.* 2014), ma sono più alti -eccetto per la specificità- rispetto alla prima applicazione (Cameriere *et al.* 2008). Le differenze tra i risultati ottenuti nelle diverse applicazioni possono essere dovute al fatto che i due precedenti studi avevano analizzati campioni caucasici; in Brasile invece, il 43.1% della popolazione è considerato di origine mista.

I risultati potrebbero inoltre essere influenzati dalle caratteristiche della distribuzione per età del campione.

Una limitazione all'utilizzo di questa metodologia è dovuta all'assenza del terzo molare, che può essere agenesiaco, può essere distrutto dalla carie o può essere stato asportato intenzionalmente, al fine di non fornire elementi utili alla stima dell'età. Sebbene il metodo abbia riportato risultati abbastanza validi, l'applicazione al campione brasiliano suggerisce una cauta applicazione a campioni provenienti da aree geografiche per le quali non si dispone di dati.

5) Un campione molto consistente, costituito da 1336 OPT è stato analizzato al fine di verificare la validità del cut-off di 0.08 nella popolazione croata (Galić *et al.* 2015).

Nel campione femminile 673 soggetti di 758 sono stati correttamente classificati: la sensibilità è risultata dell'84.3%, la specificità del 95.4%.

I risultati per il campione dei maschi hanno mostrato 539 soggetti correttamente classificati, su 578 maschi; la sensibilità è risultata del 91.2%, mentre la specificità è stata del 91.9%.

6) Una nuova verifica del cut-off sulla popolazione australiana è stata presentata nel 2016 (Franklin *et al.* 2016), grazie ad uno studio effettuato su un campione di 143 OPT di soggetti di età compresa tra 14 e 22 anni. La verifica della metodologia era motivata dal fatto che anche in Australia la maggiore età si raggiunge al compimento del 18 anno.

In base ai risultati la sensibilità è risultata di 0.90 nel campione maschile e di 0.90 in quello femminile, mentre i valori della specificità sono rispettivamente 0.85 e 0.87.

Gli autori in conclusione hanno ritenuto il cut-off statisticamente robusto e quindi valido per l'applicazione forense anche della popolazione australiana.

7) Sempre nel 2016 la tecnica è stata impiegata anche per la verifica nella popolazione della Libia (Dardouri *et al.* 2016).

Il campione analizzato in questa circostanza risulta costituito da 307 soggetti (163 femmine e 144 maschi). Nel campione dei maschi 70 soggetti su 77 sono stati correttamente classificati. La sensibilità del test ($p < 0.05$) è risultata del 90.9%, la specificità del 100%, la corretta classificazione del 95.1%.

Anche il campione femminile ha mostrato un elevato accordo tra la maggiore età e la sensibilità al test, che è risultata essere del 90.6%, mentre la specificità è stata del 100%.

Dei 96 individui di sesso femminile, 87 sono stati correttamente classificati.

Lo studio ha rivelato che la metodologia basata sull'indice del terzo molare e sul cut-off è risultato essere il miglior metodo forense per la stima dell'età del campione libico, dato che il metodo non ha mostrato alcun errore eticamente inaccettabile.

8) Nello stesso anno, il 2016, è stato pubblicato anche lo studio relativo alla popolazione serba (Zelic *et al.* 2016). Analizzando 598 radiografie panoramiche (relative a 290 maschi e 229 femmine di età compresa tra 13 e 24 anni) si è valutata la precisione del cut-off di 0.08.

Nel campione maschile 162 maggiorenni su 168 sono stati correttamente classificati, mentre nel campione femminile 126 maggiorenni sono risultati tali su un totale di 129.

Per quanto riguarda i minori su 122 minori di sesso maschile, 7 sono stati erroneamente classificati come maggiorenni; nel campione femminile di 129 minori, solo 3 sono risultati erroneamente classificati come maggiorenni.

9) Anche la popolazione turca è stata utilizzata per validare il cut-off del terzo molare (Gulsahi *et al.* 2016).

Per farlo sono state misurate 293 radiografie panoramiche di soggetti di età compresa tra 14 e 22 anni, suddivisi in 165 femmine e 128 maschi.

I risultati hanno mostrato un'elevata positività al test, data la buona associazione tra l'indice del terzo molare minore di 0.08 e l'età adulta.

Come per l'analisi del campione della Libia, la specificità sia per il campione femminile, che per il campione maschile è risultata essere del 100%.

10) Un campione molto consistente di 1294 OPT di soggetti del Botswana è stato utilizzato per verificare la validità dell'indice del terzo molare (Cavrić *et al.* 2016). Il valore 0.08 del cut off ha permesso di classificare correttamente 1183 soggetti su 1294.

3-CAMERIERE'S METHOD-: LA RIDUZIONE DELLA CAVITÀ PULPARE NELL'ETÀ ADULTA

Il metodo presentato da Cameriere *et al.* nel 2004 costituisce l'evoluzione bidimensionale di metodi basati sull'apposizione della dentina secondaria precedentemente proposti (Kvaal *et al.* 1995; Drusini *et al.* 1997). Si tratta di metodologie di determinazione dell'età dei soggetti adulti, applicabili sia al soggetto vivente che a quello deceduto, che sfruttano il fenomeno dell'apposizione della dentina secondaria e della conseguente riduzione della cavità pulpare, fenomeno che può essere indagato attraverso l'uso delle radiografie.

A livello pratico la tecnica in questione prevede la misurazioni di due aree: l'area della cavità pulpare (Fig. 19) e l'area totale del dente (Fig 20). I valori di queste aree (calcolati utilizzando software di analisi dell'immagine come Photoshop o Image J, dopo aver selezionato l'area con il comando "polilinea"), vengono inseriti all'interno di una formula appositamente predisposta, il cui risultato finale sarà l'età dell'individuo.

Le due misure, come accade di regola per le metodologie quantitative, vengono prese in considerazione in rapporto tra loro (in questo caso specifico: area pulpare/area del dente), al fine di compensare le distorsioni angolari e d'ingrandimento prodotte dai raggi X. Tecnicamente si dice che le misure sono "normalizzate".

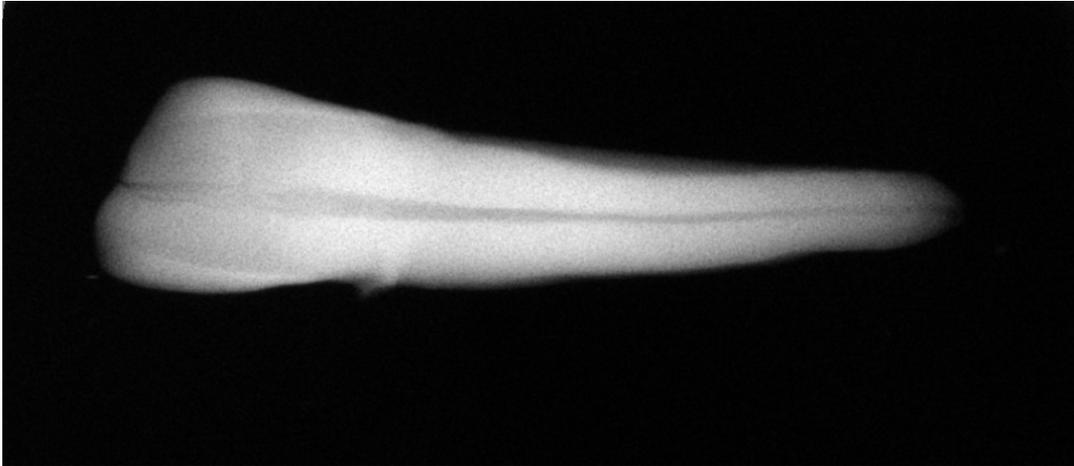


Figura 18: radiografia di un canino.

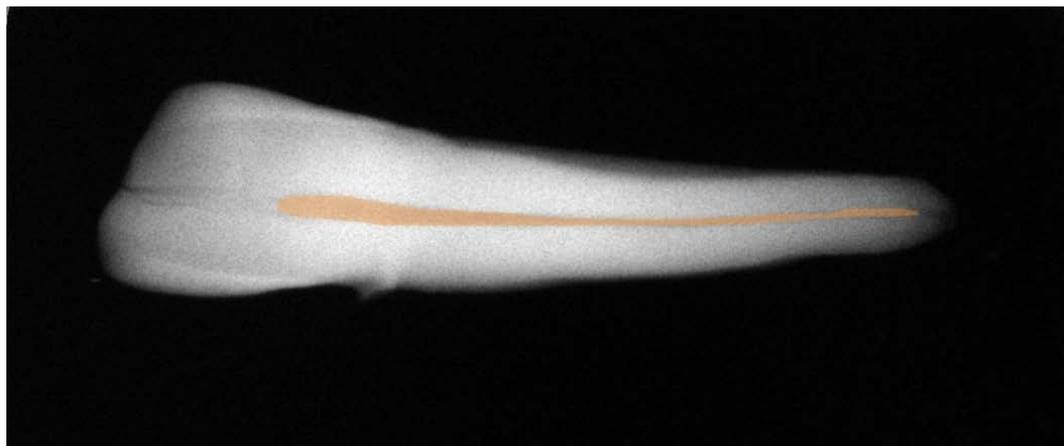


Figura 19: esempio di misurazione della cavità pulpare del canino su una radiografia.

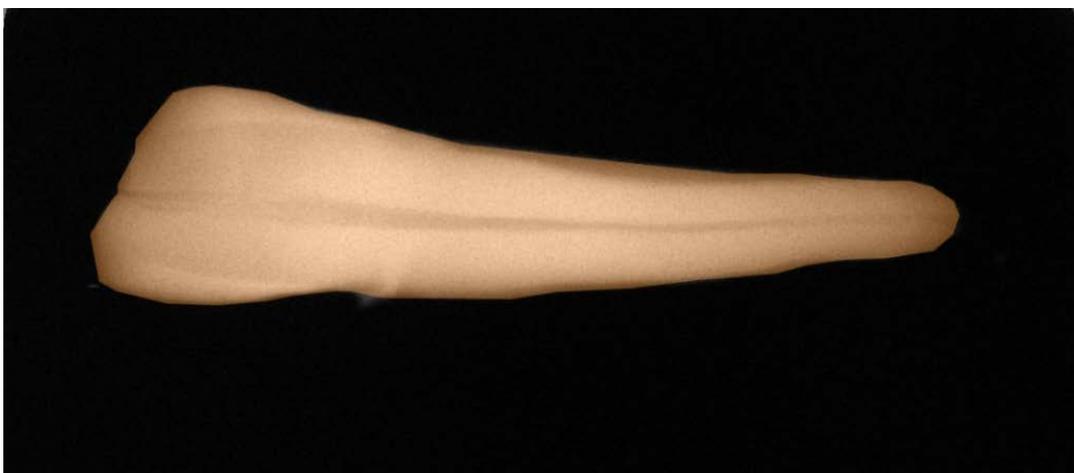


Figura 20: selezione dell'area totale del dente sulla radiografia.

Nonostante un primo tentativo di messa a punto del metodo (Cameriere *et al.* 2004a) sia stato effettuato analizzando dei molari (nello specifico il secondo molare), tutti gli studi successivi sono stati effettuati prendendo in considerazione solo denti monoradicolti, a partire dal canino (Cameriere *et al.* 2004b; Cameriere *et al.* 2006c, Cameriere *et al.* 2007a; Cameriere *et al.* 2007b; Cameriere *et al.* 2009).

I canini sono stati scelti per sviluppare questo metodo per diverse motivazioni:

I) tra i denti monoradicolti sono quelli che presentano dimensioni maggiori, perciò risulta più semplice l'individuazione e la delimitazione della cavità pulpare;

II) sono tra i denti meno esposti all'usura;

III) tra i denti anteriori sono quelli che risentono in minor parte degli effetti legati all'utilizzo dei denti come strumento;

IV) sono denti che tendenzialmente hanno un buon grado di sopravvivenza e sono quindi spesso presenti anche nei soggetti anziani, essendo interessati, con minor incidenza, dal fenomeno di caduta *intra vitam*.

Negli anni sono stati analizzati campioni diversi e sono state sviluppate formule per ottenere l'età utilizzando anche altri denti monoradicolti (Fig. 21): i premolari inferiori (Cameriere *et al.* 2012a) e gli incisivi centrali e laterali superiori (Cameriere *et al.* 2013).

Infine, più recentemente, è stato presentato un programma in grado di stimare l'età di un individuo automaticamente, senza l'intervento dell'osservatore (Cameriere *et al.* 2015a).

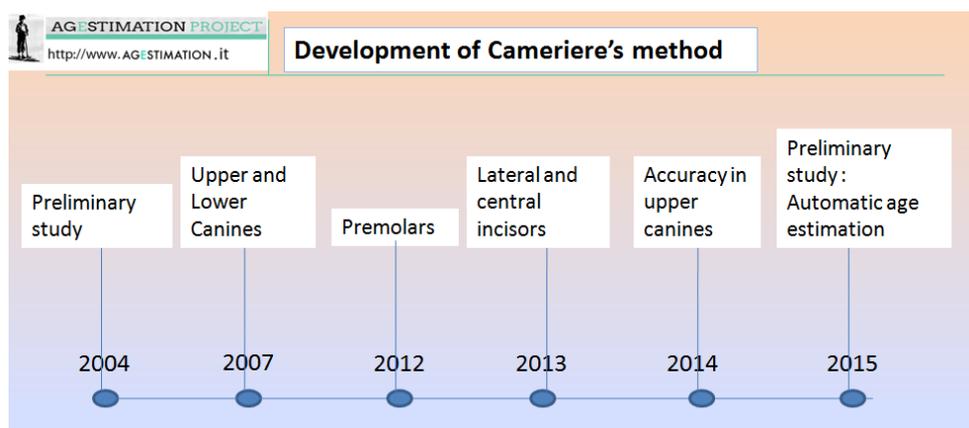


Figura 21: elaborazione e sviluppo del metodo basato sull'apposizione della dentina secondaria, con indicazione degli anni in cui sono state sviluppate le formule per i diversi denti monoradicolti.

Per poter mostrare gli sviluppi che il metodo ha subito negli anni si procederà col presentare in ordine cronologico le diverse pubblicazioni, riportando le informazioni relative ai campioni analizzati.

1) Il primo articolo risale al 2004 (Cameriere *et al.* 2004a); si tratta appunto dello studio preliminare in cui sono state effettuate delle misurazioni sul secondo molare, prendendo in esame un campione costituito da 312 ortopantomografie di soggetti italiani, di età compresa tra i 14 e i 24 anni.

In questa prima indagine è stata verificata la possibilità di utilizzare il rapporto tra l'area della cavità pulpare e l'area del dente per verificare se il soggetto avesse o meno raggiunto i 18 anni d'età.

2) Nello stesso anno è stato pubblicato un altro lavoro, questa volta incentrato sull'analisi di un dente monoradicolato, il canino superiore destro (Cameriere *et al.* 2004b). Il campione analizzato era costituito da 100 ortopantomografie di soggetti italiani di età compresa tra i 18 e i 72 anni.

Sono state effettuate diverse misurazioni, alcune lineari, altre relative ad aree, al fine di poterne valutare la correlazioni con l'età cronologica del soggetto. I valori presi in considerazione nello studio sono stati i seguenti:

p= rapporto tra la lunghezza della polpa e la lunghezza della radice;

r= rapporto tra la lunghezza della polpa e la lunghezza del dente;

a= rapporto tra la larghezza della polpa e la larghezza della radice, misurate alla congiunzione smalto/cemento;

c= rapporto tra la larghezza della polpa e la larghezza della radice misurati nel punto di mezzo

b= rapporto tra la larghezza della polpa e quella della radice a metà tra la congiunzione smalto radice e il punto b;

AR = rapporto tra area della polpa e l'area del dente.

Le misure sono state normalizzate per ovviare ai problemi di distorsione.

Tutte le variabili hanno rivelato una correlazione con l'età, ma solo AR (rapporto tra l'area della cavità pulpare e l'area del dente) e C hanno manifestato un valore

significativo; inoltre entrambe queste variabili hanno mostrato di non essere condizionate dal sesso dell'individuo.

La formula proposta per il calcolo dell'età in seguito all'analisi del campione analizzato in questo studio, per il canino superiore, è risultata la seguente:

$$\text{Age} = 86.53 - 457.15 \text{ AR} - 22.98 \text{ c}$$

3) L'oggetto del lavoro pubblicato nel 2005 invece, riguarda un'applicazione pratica delle formula del canino superiore ai fini della stima dell'età dei resti scheletrici conservati nella chiesa di Santa Chiara di Urbino (Rollo *et al.* 2005).

Lo studio è stato effettuato perché secondo la tradizione i resti erano attribuiti alla duchessa Eleonora Gonzaga della Rovere, ma ovviamente sussistevano dei dubbi che potesse trattarsi di un altro personaggio di rango della storia di Urbino: Battista Sforza, moglie del duca Federico da Montefeltro. Si è cercato quindi, attraverso la determinazione dell'età, di identificare a chi fossero da attribuire quei resti scheletrici.

Era nota infatti l'età di morte di ciascun personaggio e si trattava di due valori molto differenti: Eleonora è morta a 56 anni, mentre Battista a soli 25 anni.

Lo studio ha previsto una comparazione tra l'età ottenuta con il rapporto tra l'area della polpa e l'area del dente (il metodo nell'articolo viene definito PTR= Pulp Tooth Ratio) e l'età determinata con i metodi antropologici classici (nel caso specifico sono stati applicati il metodo delle suture craniche ed quello dell'usura dentale).

Sia i metodi antropologici classici che il metodo sperimentale PTR hanno restituito valori molto simili, intorno ai 56 anni, permettendo di confermare che la tradizione che attribuiva i resti ad Eleonora Gonzaga era corretta.

4) Nel 2006 sono stati pubblicati invece i risultati relativi ad uno studio condotto sui materiali scheletrici proveniente dai cimiteri medievali di Poggio Imperiale (SI) e Pontessieve e dalla chiesa di San Domenico Maggiore di Napoli (Cameriere *et al.* 2006c).

Per quanto riguarda i materiali scheletrici provenienti dai primi due siti, nuovamente l'età stabilita con il metodo "Pulp Tooth Ratio" è stata confrontata con i valori dell'età ottenuti dall'applicazione dei metodi antropologici classici; per i resti umani provenienti dalla chiesa invece, è stato possibile effettuare una comparazione tra l'età ottenuta con il metodo Cameriere e le età note dei soggetti (si tratta infatti di principi aragonesi o

personaggi di rango che hanno trovato sepoltura nella chiesa, per i quali sono disponibili informazioni storiche relative alla loro nascita ed alla loro morte).

L'età è stata stimata in base alla formula sviluppata per il canino superiore:

Age = 84.31 – 473.86 RA, dove per RA si intende il rapporto tra l'area della polpa del dente e l'area totale del dente.

I dati disponibili per le età note dei principi aragonesi hanno permesso di affermare che il metodo risulta affidabile e permette di stimare l'età, anche di soggetti di 40-60 anni, con un errore piuttosto contenuto (Tab. 9).

Age	RA	SD _{RA}	Error
41	44.23	5.46	- 3.23
41	39.83	5.46	1.17
65	60.57	5.53	4.43
54	53.36	5.49	0.64
40	41.3	5.46	- 1.3
21	18.68	5.54	2.32
60	56.63	5.51	3.37
81	72.4	5.64	8.6
36	34.21	5.47	1.79
43	48.34	5.47	- 5.34

RA, pulp/tooth area; SD, standard deviation.

Tabella 9: Età nota (Age) e stimata (RA), deviazione standard (SD) ed errore relativi allo studio dei resti scheletrici dei principi aragonesi sepolti nella basilica di San Domenico maggiore di Napoli (da Cameriere *et al.* 2006c).

5) Ai fini dello sviluppo di una formula di calcolo dell'età specifica per i canini superiori e per quelli inferiori, nel 2007 sono state analizzate 100 radiografie (periapicali) di denti relativi alla popolazione di Sassari, che costituiscono parte della collezione osteologica di Frassetto, conservata presso il Museo di Antropologia di Bologna (Cameriere *et al.* 2007a).

Al termine delle misurazioni effettuate sui denti, sono state proposte le seguenti formule:

$$\text{age} = 114.624 - 431.183x_1 - 456.692x_2 + 1798.377 x_1x_2 \text{ (per entrambi i canini);}$$

$$\text{age} = 89.456 - 461.873x_1 \text{ (per il canino inferiore);}$$

$$\text{age} = 99.937 - 532.775x_2 \text{ (per il canino superiore);}$$

dove x_1 è il rapporto tra l'area della polpa e l'area del dente nel canino superiore e x_2 è il rapporto tra l'area della cavità e l'area del dente nel canino inferiore.

Le formule sono state ottenute dall'analisi di 100 soggetti, distribuiti in maniera piuttosto omogenea sia in base al sesso degli individui (ma nei lavori precedenti era stato osservato che il sesso non influenzava le variabili), sia per le classi d'età (Tab.10).

Age	M	F
20-29	11	8
30-39	14	9
40-49	12	10
50-59	13	9
60-69	5	2
> 70	2	5
Total	57	43

Tabella 10: la distribuzione dei soggetti analizzati per classi d'età e sesso (da Cameriere *et al.* 2007a).

Le uniche classi d'età che risultano poco rappresentate sono quelle relative ai soggetti 60-69 anni e quella dei soggetti maggiori di 70 anni, ma questo è probabilmente dovuto allo scarso numero di individui di queste classi per i quali erano disponibili dei canini utili allo studio.

6) A settembre del 2007 la stessa équipe di specialisti ha presentato un ulteriore studio (Cameriere *et al.* 2007b) effettuato sullo stesso materiale utilizzato per lo studio precedente. Lo scopo di questa seconda applicazione era quello di verificare la possibilità di ottenere risultati più accurati utilizzando congiuntamente radiografie labio-linguali e radiografie mesiali.

È necessario però tenere presente che le radiografie labio-linguali sono quelle che possono essere acquisite nel soggetto in vita, mentre le radiografie mesiali possono essere ottenute solo su dente estratto.

Nello studio sono state prese in considerazione le seguenti variabili:

- x_1 = rapporto tra l'area della cavità pulpare e l'area del dente utilizzando una radiografia labio-linguale del canino superiore;

- x_2 = rapporto tra l'area della cavità pulpare e l'area del dente utilizzando una radiografia mesiale del canino superiore;

- x_3 = rapporto tra l'area della cavità pulpare e l'area del dente utilizzando una radiografia labio-linguale del canino inferiore;

- x_4 = rapporto tra l'area della cavità pulpare e l'area del dente utilizzando una radiografia mesiale del canino inferiore.

A seguito di tutte le misurazioni effettuate sono state sviluppate le seguenti formule per il calcolo dell'età:

$$\text{Age} = 120.737 - 337.112 x_1 - 79.709 x_2 - 364.534 x_3 - 65.655 x_4 + 1531.918 x_1 x_3$$

valida per entrambi i canini;

$$\text{Age} = 111.75 - 373.78x_1 - 182.92x_2 \text{ valida per il canino superiore;}$$

$$\text{Age} = 102.09 - 318.25x_3 - 177.89x_4 \text{ valida per il canino inferiore.}$$

I risultati hanno rivelato una lieve riduzione della deviazione standard e dell'errore standard (ME passa da 3.36 a 2.8 anni), perciò l'utilizzo delle due radiografie congiunte permette una stima dell'età più accurata.

7) L'articolo apparso nel 2008 invece tratta dell'applicazione del metodo ad un caso reale di età incerta, o meglio discutibile, di un soggetto in vita (Cattaneo *et al.* 2008).

Si tratta del caso di una donna etiopica giunta in Italia da bambina per la quale, secondo il suo racconto, era stata dichiarata dal padre un'età maggiore rispetto a quella reale, per poterle permettere di contrarre matrimonio.

La donna, arrivata ai 62 anni d'età (in base ai dati riportati sui documenti), rivendicava il suo diritto a non andare in pensione, chiedendo il riconoscimento di quella che secondo lei era invece la sua età reale, cioè 46 anni (età che risultava da altri documenti in possesso della donna).

Attraverso la misurazione della cavità pulpare e dell'area del dente si è ottenuto un riscontro positivo con l'età che la donna sosteneva di avere e pertanto la sua richiesta è stata accolta.

8) Nel corso dello studio pubblicato nel 2009 (Cameriere *et al.* 2009) sono stati confrontati i dati ottenuti dall'analisi di un campione portoghese di sesso ed età nota, con i risultati precedentemente ottenuti sul campione italiano della collezione Frassetto (Cameriere *et al.* 2007a).

Sono state proposte 2 formule specifiche per il campione portoghese e 2 formule per il campione considerato invece complessivamente (italiano + portoghese):

$$\text{Age} = 101.3 - 556.68 RA_u \text{ (campione portoghese - formula per il canino sup.)}$$

$$\text{Age} = 93.27 - 492.05 RA_i \text{ (campione portoghese - formula per il canino infer.)}$$

$$\text{Age} = 100.598 - 544.433 RA_u \text{ (campione portoghese + italiano - formula per il canino sup.)}$$

Age = 91.362 – 480.901 RA_I (campione portoghese + italiano – formula per il canino infer.)

Nelle formule RA esprime il rapporto tra l'area della cavità pulpare e l'area del dente relativamente al canino superiore RA_U e a quello inferiore RA_I.

La formula presentata in questo articolo è quella utilizzata attualmente nelle applicazioni, essendo stata ottenuta su un campione molto ampio di soggetti.

9) Come detto, la metodologia trova applicazione sia in ambito forense che nello studio di resti scheletrici provenienti da contesti archeologici, perciò nel 2010 sono stati presentati i risultati ottenuti dallo studio proprio di reperti scheletrici umani provenienti da scavi medievali (De Luca *et al.* 2010). Sono stati analizzati i canini di 30 individui provenienti dal cimitero spagnolo di La torrecilla -Granada- e di 43 individui provenienti dai cimiteri di Comacchio (FE) e di Castel S. Pietro (BO).

Come già effettuato in altri lavori simili, l'età dei soggetti è stata determinata sia tramite i metodi antropologici classici (nel caso specifico: suture craniche, usura dentaria, sinfisi pubica, superficie auricolare dell'ileo, terminazione sternale delle coste e grado di fusione delle vertebre sacrali), sia tramite il rapporto tra l'area della cavità pulpare e l'area totale del dente ed i risultati sono stati comparati.

Il valore dell'età ottenuto dall'analisi delle radiografie dei canini, si colloca all'interno degli estremi minimi e massimi definiti dalle altre metodologie e permette quindi di determinare in maniera più precisa l'età degli individui.

Lo studio ha confermato l'importanza di tutti i metodi di stima dell'età basati sui denti, che risultano più resistenti ai fenomeni tafonomici, rispetto invece ai distretti presi in considerazione dalle altre metodologie di determinazione dell'età. Il 100% dei soggetti infatti, conservava almeno uno dei canini ed è stato quindi possibile analizzarlo con il metodo Cameriere; anche la valutazione dell'usura dentaria è stata possibile in buona parte del campione (85%). Solo il 36.9% del campione è stato analizzato in base alle modificazioni della sinfisi pubica e il 20.4% in base al grado di fusione delle vertebre sacrali.

10) La questione della determinazione dell'età può coinvolgere, come dimostrato in Cattaneo *et al.* 2008, anche i soggetti in età pensionabile; in merito a questo argomento

nel 2010 Cameriere e Ferrante hanno presentato un articolo sulla rivista *Forensic Science International*.

L'obiettivo era quello di verificare la possibilità dell'applicazione del metodo basato sulla radiografia del canino per determinare il superamento dei 65 anni, soglia che in Italia dà accesso all'età pensionabile. Per verificare questa possibilità sono stati analizzati 180 canini relativi a 90 soggetti di età compresa tra 50 e 79 anni.

I risultati mostrano che nei soggetti al di sotto dei 65 anni, il metodo permette la corretta classificazione del 91% del campione, mentre nei soggetti al di sopra di 65 anni, la percentuale di corretta classificazione è dell'85% utilizzando il canino superiore e dell'88% utilizzando il canino inferiore.

11) I risultati di una nuova comparazione tra 4 metodi di determinazione dell'età sono stati presentati in Vodanović *et al.* 2011. In questo caso i metodi utilizzati per determinare l'età su resti scheletrici, oltre al metodo PTR, sono stati utilizzati: l'obliterazione della sutura palatina, l'usura dentaria ed la traslucenza della radice. La particolarità del lavoro consiste nel fatto che sono stati applicati solo metodi non distruttivi.

La considerazione sui risultati è che un metodo semplice come quello della sutura palatina, è facilmente applicabile, ma permette di determinare l'età in modo molto meno accurato, rispetto a metodologie che richiedono un po' più di tempo (sia nella preparazione della persona che lo deve applicare che nell'acquisizione del dato), ma permettono di arrivare a risultati più precisi.

12) Altri dati positivi sono stati ottenuti applicando il metodo del rapporto tra l'area della cavità dentale e l'area del dente ad un campione messicano di età nota (De Luca *et al.* 2011), costituito da 85 crani di soggetti, detenuti e deceduti nel Penitenziario nazionale di Lecumberri (Mexico City) tra il 1901 ed il 1914.

Sono stati sottoposti a radiografia 103 canini (alcuni isolati, altri *in situ*, a seconda dello stato di conservazione dei resti), relativi a soggetti di età compresa tra 18 e 60 anni, misurati ed analizzati applicando le formule proposte per i canini (Cameriere *et al.* 2007a).

I risultati ottenuti confermano il fatto che la nazionalità non è una variabile significativa da tenere in considerazione nella valutazione del processo di apposizione della dentina secondaria, o meglio, che tale processo avviene in tutte le popolazioni in modo piuttosto simile.

13) Un campione di 606 ortopantomografie di pazienti spagnoli è stato analizzato al fine di verificare la possibilità di sviluppare una formula per la stima dell'età anche per i premolari inferiori (Cameriere *et al.* 2012a).

Sono state effettuate le misurazioni sia sui primi che su secondi premolari, sia destri che sinistri (denti 34, 35, 44 e 45 della classificazione internazionale). Poiché ogni OPT permetteva di misurare un numero variabile di denti, in tabella 11 sono sintetizzati i valori totali di ciascuna tipologia di dente.

Tooth	Sex	Age cohort						Total	
		-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70		71-
34	W	7	52	48	35	44	11	3	200
	M	19	78	50	53	37	24	4	265
35	W	9	60	38	32	35	8	2	184
	M	18	78	42	45	30	25	3	241
44	W	6	41	37	36	44	8	4	176
	M	11	63	35	46	28	23	2	208
45	W	13	66	39	31	35	10	4	198
	M	20	82	36	41	24	26	3	232

Tabella 11: Distribuzione per sesso e per classi d'età del campione di OPT analizzato (da Cameriere *et al.* 2012a).

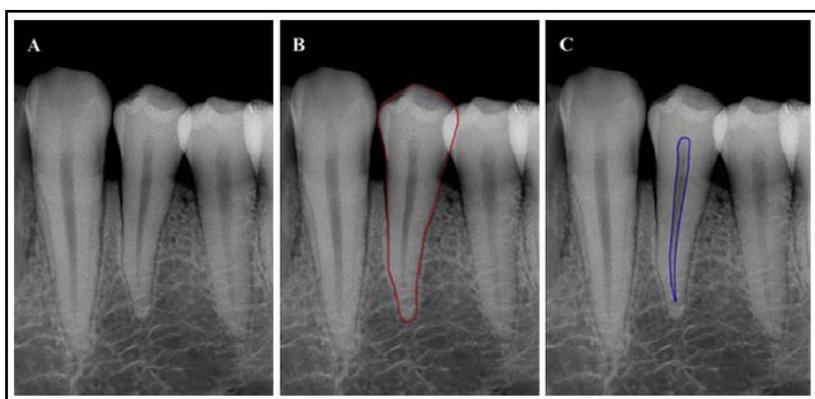


Figura 22: radiografia relativa ai premolari inferiori, con delimitazione dell'area della cavità pulpare e dell'area del dente del primo premolare.

Al termine dello studio sono state presentate quattro formule, una per ciascuno dei quattro premolari mandibolari:

$$\text{Age} = 73.53 - 330.99 R_{34} \text{ (per il primo premolare inferiore destro, dente 34)}$$

$$\text{Age} = 70.27 - 299.96 R_{35} \text{ (per il secondo premolare inferiore destro, dente 35)}$$

$$\text{Age} = 77.0 - 353.90 R_{44} \text{ (per il primo premolare inferiore sinistro, dente 44)}$$

$$\text{Age} = 76.29 - 362.57 R_{45} \text{ (per il secondo premolare inferiore di sinistra, dente 45).}$$

La particolarità emersa da questo lavoro è che la lateralità del dente è risultata essere una variabile da tenere in considerazione, tanto da determinare lo sviluppo di una formula specifica per ciascun dente.

14) Visto che lo sviluppo di una formula specifica per i premolari ha dato esito positivo, un nuovo campione di radiografie di incisivi, relativi a 116 soggetti, è stato indagato al fine di sviluppare una formula anche per questo dente; per questo scopo sono state analizzate le radiografie effettuate sul materiale osteologico di sesso ed età nota facente parte della collezione osteologica dell'Università di Coimbra (Cameriere *et al.* 2013).

Il totale di 427 radiografie in base al tipo di dente risulta così suddiviso: 83 radiografie relative all'incisivo centrale superiore, 111 relative all'incisivo laterale superiore, 118 per l'incisivo centrale inferiore e 115 per l'incisivo laterale inferiore.

Le formule che sono state sviluppate sono le seguenti:

$$\text{Age} = 78.55 - 3.86 g - 313.45 \text{ RA}_{1\text{sup}} \text{ (per l'incisivo centrale superiore)}$$

$$\text{Age} = 79.49 - 2.99 g - 338.03 \text{ RA}_{2\text{sup}} \text{ (per l'incisivo laterale superiore)}$$

$$\text{Age} = 76.48 - 4.85 g - 332.09 \text{ RA}_{1\text{inf}} \text{ (per l'incisivo centrale inferiore)}$$

$$\text{Age} = 78.24 - 6.11 g - 331.70 \text{ RA}_{2\text{inf}} \text{ (per l'incisivo laterale inferiore)}$$

Le formule contengono la variabile g (gender) perché il sesso del soggetto in questo caso si è rivelata una variabile rilevante.

15) Nel 2015 è stata data la notizia preliminare relativa allo sviluppo di un sistema completamente automatizzato che permette di analizzare la radiografia del dente per determinarne l'età in base alla formula proposta da Cameriere, eliminando le interferenze e gli errori che l'osservatore può creare nella lettura dell'immagine (Cameriere *et al.* 2015a).

A tal proposito bisogna segnalare che questo sistema automatizzato si basa sulla capacità di distinguere i pixel relativi alle aree di interesse della metodologia: cioè la cavità pulpare e l'area del dente. Le maggiori difficoltà tra le due aree le ha presentate la cavità pulpare, questo perché lo sfondo nero della radiografia dei denti estratti, può essere facilmente utilizzato dal sistema per "riconoscere" l'area dell'intero dente, mentre maggiori sono le difficoltà legate all'identificazione della polpa.

Questa problematica è stata nuovamente ravvisata quando al sistema sono state sottoposte delle immagini di denti *in situ* (Fig. 23), per le quali si è dovuto fare in modo che il software superasse la difficoltà iniziale nella lettura dello stacco tra la radice del dente e l'osso mascellare.



Figura 23: radiografia di dente *in situ* dove è evidente la difficoltà nell'identificazione della radice.

16) Come sottolineato dall'articolo di Fabbri *et al.* 2015, la stima dell'età alla morte è una componente importante negli studi antropologici e negli studi sulle popolazioni antiche ai fini della ricostruzione dell'andamento demografico. Tuttavia la demografia e la paleodemografia sono negativamente condizionate dall'utilizzo dei tradizionali metodi di determinazione dell'età che non riescono ad identificare con chiarezza i soggetti oltre la soglia dei 50 anni.

L'applicazione del metodo Cameriere ad un campione, per la verità piuttosto ristretto, di sepolture neolitiche della Puglia, ha permesso di effettuare una comparazione tra il dato ottenuto per l'età con questa metodologia e i risultati ottenuti da altre tecniche (Fig. 24). Sembra quindi che la metodologia basata sulla radiografia del canino sia in grado di determinare l'età anche dei soggetti maturi/senili, superando quindi uno dei più grandi limiti delle metodologie di stima dell'età.

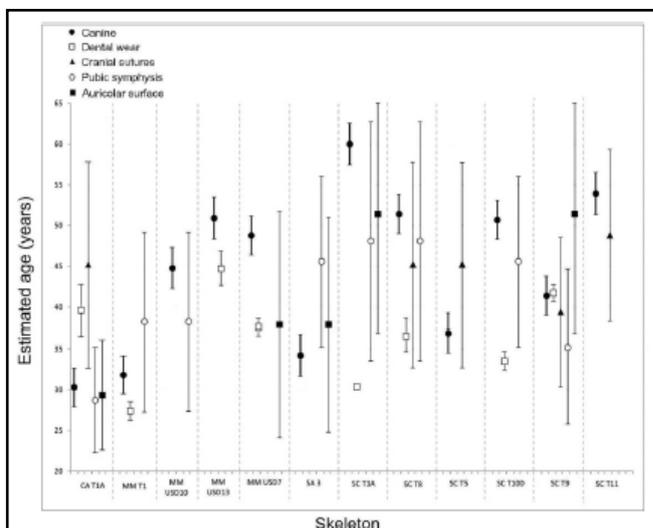


Figura 24: Confronto dei valori ottenuti per l'età dei soggetti da diverse metodologie: radiografie del canino, usura dentaria, suture craniche, sinfisi pubica e superficie auricolare dell'ileo (da Fabbri *et al.* 2015: p. 428).

CAPITOLO 6: APPLICAZIONI PRATICHE

Le applicazioni pratiche effettuate in questo progetto di ricerca hanno riguardato tre delle quattro principali tecniche del “Cameriere’s method”.

Gli studi effettuati sono stati i seguenti:

- I) misurazione dell’area delle ossa carpali e del palmo della mano in un campione di radiografie della mano della Collezione Burlington²⁸;
- II) misurazione dell’indice del terzo molare (I_{3M}) in due campioni di ortopantomografie di adolescenti/giovani adulti, un campione colombiano²⁹ ed uno del Cile³⁰;
- III) misurazione della cavità pulpare e dell’area del dente di 61 soggetti di sesso e di età nota appartenenti alla collezione osteologica dell’Università di Bologna.

Lo scopo primario era quello di apprendere in pratica le tecniche, per poter valutare alcuni aspetti specifici quali: la facilità di apprendimento e di esecuzione, la precisione dei risultati ottenuti, le difficoltà tecniche rilevate e i punti di forza e/o di debolezza delle metodologie³¹.

Dato che si tratta di metodologie che prevedono la misurazioni di radiografie è stato necessario servirsi di un software adatto allo scopo e nello specifico il programma utilizzato è stato *Image J*. Si tratta di un software *open source* sviluppato con l’intento di svolgere tutte le funzioni base relative all’immagine: consente di visualizzare, modificare, analizzare e salvare immagini nei diversi formati supportati.

Nel caso specifico delle analisi condotte è stato usato per: selezionare aree poligonali (attraverso il comando “polygon selection”) o tratti lineari (comando “straight”) sulla

²⁸ Lo studio di questo campione è stato condotto tra il secondo ed il terzo anno di dottorato; le misurazioni sono state effettuate da due collaboratori dell’AgEstimation Project e dallo scrivente che ha svolto anche il coordinamento del lavoro. Al momento della stesura di questa tesi i risultati dello studio, rielaborati sotto forma di articolo, sono stati presentati per pubblicazione sulla rivista International Journal of Legal Medicine e risultano in corso di valutazione.

²⁹ Le misurazioni di queste radiografie sono state effettuate durante il primo anno di dottorato; successivamente rielaborate e presentate come articolo apparso sul numero 261 della rivista Forensic Science International del 2016 (allegato 1).

³⁰ Il campione del Cile è stato analizzato durante il terzo anno di dottorato dallo scrivente e da un collaboratore esterno dell’AgEstimation Project. I risultati, già rielaborati statisticamente e organizzati in un articolo, al momento della stesura di questa tesi, sono in corso di valutazione per la pubblicazione sulla rivista Forensic Science International (allegato 2).

³¹ A tal proposito si deve precisare che chi ha condotto la ricerca, al momento dell’inizio del lavoro non si era mai occupato prima di queste metodologie, né di radiografie e metodi radiografici, né tantomeno aveva una formazione in odontoiatria.

radiografia; misurare e disegnare l'area o il segmento selezionato, salvare e archiviare screenshot relative alle misurazioni effettuate.

Si è scelto di procedere con l'archiviazione delle screenshot, nonostante non fosse un'operazione necessaria, in modo da poter verificare in qualsiasi momento, anche a posteriori, sia i valori delle selezioni sia l'oggetto stesso della misurazione (soprattutto in caso di confronto tra le misure di due operatori diversi).

Una volta effettuate le misurazioni i valori sono stati inseriti in fogli di lavoro Excel appositamente predisposti, che in sintesi contengono le seguenti informazioni: il nome o il numero identificativo del soggetto, la sua data di nascita, la data della radiografia, l'età cronologica (ottenuta sottraendo alla data della radiografia la data di nascita) e i valori numerici delle misurazioni effettuate.

Al termine dell'analisi delle immagini i dati sono stati consegnati per la rielaborazione statistica, che è stata condotta da personale altamente specializzato³².

Poiché questa parte del lavoro risulta molto tecnica e non si è in grado di cogliere le sfumature della rielaborazione, si è deciso di non riportare in questa sede la discussione sull'analisi statistica, per la quale si rimanda alle eventuali pubblicazioni.

Nella presentazione che segue le applicazioni effettuate sono state suddivise in base alla metodologia di indagine.

I) RADIOGRAFIE DELLA MANO DELLA COLLEZIONE BURLINGTON

Come si evince dalla storia del metodo, vari campioni di radiografie del distretto polso-mano sono stati analizzati misurando l'area del carpo e delle ossa carpali, sottoponendo quindi ad esame campioni provenienti da diverse aree geografiche (Italia, Slovenia, Egitto).

Nell'autunno del 2016 la possibilità di utilizzare la Collezione Burlington è risultata idonea alla realizzazione di una applicazione diversa da tutte quelle effettuate fino ad allora.

La Collezione Burlington raccoglie una serie numerosa di radiografie della mano e dei denti di soggetti in fase di crescita della popolazione degli anni '30/'40 della cittadina

³² Le rielaborazioni statistiche dei lavori sul campione di Burlington e Cile sono state eseguite dal Prof. Luigi Ferrante (Dipartimento di Scienze Biomediche e Salute Pubblica, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Università Politecnica di Ancona, Italia); mentre quelle relative al campione della Colombia sono state eseguite dal dott. Stefano De Luca (Unidad Especial de Identificación Forense, Servicio Médico Legal, Santiago del Chile, Chile).

canadese di Burlington; a differenza degli altri campioni esaminati in precedenza, questo campione mostra una particolarità che lo contraddistingue e lo rende molto interessante: la popolazione infantile ed adolescenziale di Burlington è stata sottoposta periodicamente ad indagini radiologiche (sia della mano, che dei denti), all'interno di uno studio longitudinale sulla crescita.

Il campione risulta costituito da un buon numero di radiografie relative ad un gruppo omogeneo di individui, raccolte in un lasso di tempo abbastanza ridotto. Questi radiogrammi permettono di valutare non solo la variabilità tra i soggetti, come normalmente avviene con l'analisi di un qualsiasi campione, ma anche la variabilità che manifesta lo stesso soggetto nel corso del tempo.

Questo elemento costituisce la particolarità del campione, soprattutto se si tiene conto dei limiti di applicazione che in questi ultimi anni le questioni etiche impongono per l'utilizzo dei raggi X; attualmente, con le restrizioni in vigore a tutela della salute, non sarebbe possibile mettere insieme una raccolta di radiografie di questo genere.

L'AAOF ed il progetto "Longinal Studies of Growth"

Gli studi longitudinali sono un metodo di ricerca nel quale le osservazioni su uno o più soggetti vengono ripetute nel tempo.

Questa tipologia di analisi è comune in medicina, psicologia e sociologia e viene adottata quando si devono analizzare i fenomeni ed il loro sviluppo nell'arco temporale. Gli studi longitudinali sono più costosi per le risorse ed il tempo che richiedono, ma sono l'unico modo che permette di indagare un fenomeno nella sua evoluzione nel tempo.

L'American Association of Orthodontists Foundation (AAOF) ha dato il suo supporto ad un importante progetto relativo alle collezioni americane di studi longitudinali sulla crescita: 9 di queste collezioni, delle 11 disponibili, sono state rese accessibili attraverso il sito web: http://www.aaoflegacycollection.org/aaof_home.html

La creazione di questo sito è finalizzata alla collaborazione: mettere le collezioni a disposizione di esperti e di studiosi che si occupano della crescita umana, al fine di facilitare l'esame continuo e lo studio da parte di ricercatori, esperti nello sviluppo cranio-facciale, clinici, antropologi fisici e altri studiosi.

Una serie di raccolte longitudinali di radiografie e di altri record fisici dello sviluppo cranio-facciale di soggetti in crescita, non sottoposti a trattamenti ortodontici, era sparsa

nel territorio nord americano, tra Stati Uniti e Canada; molte di queste erano conservate nelle principali università e raccoglievano al loro interno dati registrati tra il 1930 ed il 1985.

Prima della scoperta dei raggi X, avvenuta nel 1895, non esisteva la capacità tecnologica per monitorare e registrare nel tempo la crescita delle strutture interne del corpo umano: appena un secolo dopo però, questa tipologia di raccolta dati è stata definitivamente impedita a causa dei pericolosi effetti dovuti alle radiazioni.

Studi longitudinali di questo tipo non potranno più essere ripetuti, a meno che non si sviluppi una tecnologia ad alto potere diagnostico, priva di effetti collaterali.

È sembrato quindi un obbligo ai ricercatori americani di questo settore, fare in modo che i dati venissero conservati in forma digitale prima del deterioramento o della perdita delle immagini originali, considerato l'elevato valore informativo di queste collezioni.

Nel 1988 il National Institute of Dental and Craniofacial Research (NIDCR), preoccupato per la conservazione di questa importante eredità di ricerca, sponsorizzò un esame delle collezioni longitudinali esistenti negli Stati Uniti ed in Canada. Il rapporto prodotto da questa verifica preliminare ha portato all'identificazione di undici collezioni esistenti contenenti varie combinazioni di cefalogrammi, calchi di studio dei denti e documentazione demografica, associati ad altri dati fisici relativi ai soggetti.

Nel 2009 è stata avviata la fase iniziale del progetto, ossia la verifica della fattibilità: i rappresentanti delle collezioni partecipanti si sono riuniti per sviluppare il prototipo di un database e di un sito web in grado di gestire la mole delle informazioni in questione.

Queste collezioni sono il risultato del lavoro di centinaia di ricercatori, impegnati per più di sessant'anni.

Per ciascuna collezione la raccolta dei record è stata portata avanti indipendentemente dalle altre; nell'insieme le strategie attuate, complementari e diverse, hanno permesso la raccolta di numerose informazioni: la documentazione disponibile include immagini a raggi X del cranio (da varie angolazioni), radiografie del distretto polso-mano, radiografie dei denti, fotografie facciali, nonché modelli di crescita e registrazioni scritte sullo sviluppo fisico ed educativo dei bambini di varie etnie.

La speranza era quella che l'unione delle varie collezioni potesse permettere lo sviluppo di ulteriori studi interdisciplinari in grado di arricchire e perfezionare la conoscenza sulla crescita cranio-facciale nei bambini e negli adolescenti non trattati.

Il sito costituisce quindi una enorme risorsa, ancora in evoluzione, per l'insegnamento e la ricerca ortodontica. A tal fine l'intero contenuto del sito è gratuito sia per l'uso on-line che per il download da parte di tutti i membri della comunità scientifica. Le immagini sul sito sono disponibili con una risoluzione in pixel che è considerata sufficiente per la maggior parte degli usi pratici; inoltre contattando i responsabili delle singole collezioni è anche possibile verificare l'esistenza di immagini a risoluzione maggiore.

Le collezioni che sono state inserite nel progetto sono: Bolton-Brush Growth, Burlington Growth, Denver Growth, Fels Longitudinal, Forsyth Twin, Iowa Growth, Methews Growth, Michigan Growth ed infine Oregon Growth.

Nel caso specifico del nostro studio le immagini radiografiche della mano sono state tratte dalla Burlington Collection.

Si tratta di una raccolta di dati conservata presso il Burlington Growth Center dell'Università di Toronto. Il centro, creato nel 1952, raccoglie i dati della popolazione di una cittadina di provincia a circa 30 miglia da Toronto, che ai tempi aveva una popolazione di 9.000 abitanti. Il gruppo umano predominante era quello caucasico, per lo più anglosassone. La popolazione locale ha goduto di un reddito leggermente superiore rispetto alla media nazionale.

Alcune questioni preliminari: la definizione dell'area del carpo e delle ossa carpali

Una delle prime difficoltà riscontrate nell'applicazione pratica del metodo è stata causata dalla delimitazione dell'area del palmo (nella terminologia tecnica definita "Ca").

La zona in cui è stata riscontrata maggiore difficoltà è risultata quella in corrispondenza della base dei quattro metatarsali, dal II al V: non era chiaro se si dovesse procedere disegnando una linea spezzata, un'unica linea retta o una linea sinuosa che seguisse parzialmente il profilo delle estremità distali delle ossa metacarpali. Quest'ultima è stata la soluzione adottata nelle misurazioni effettuate, previo consulto con il referente del metodo.

Come si può quindi verificare dall'immagine (Fig. 25) per delimitare l'area del carpo (Ca) si è deciso di procedere nel seguente modo:

- distalmente seguendo il profilo delle estremità dei metacarpi è stata tracciata una linea sinuosa che ricalca, seppur non completamente, l'andamento leggermente curvo della base delle ossa metacarpi;
- prossimalmente seguendo il profilo dell'estremità delle diafisi di ulna e radio, includendo quindi le epifisi distali di ulna e radio nella Carpal Area;
- lateralmente tracciando due linee rette: la prima che unisce il punto più esterno della diafisi dell'ulna al punto più esterno dell'estremità prossimale del V metacarpale (nei soggetti un po' più grandi tipo 15-16 anni, quando l'estremità distale dell'ulna è formata, bisogna seguirne il contorno e poi unirsi alla base del metacarpale con una linea retta). La seconda retta unisce il punto più esterno della diafisi del radio al punto più esterno della diafisi del I osso metacarpale (Fig. 25).

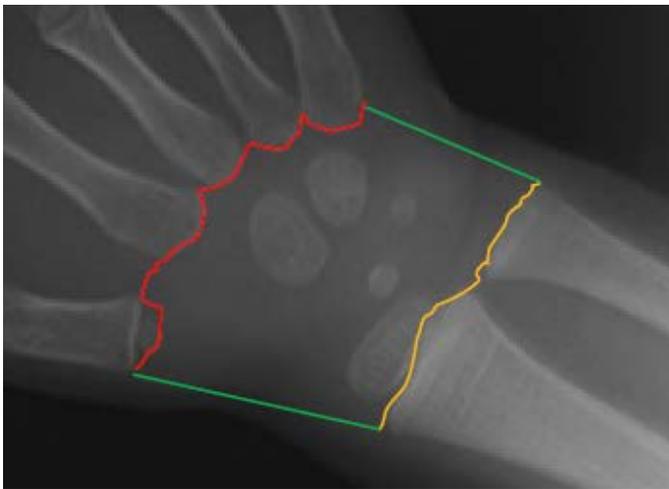


Figura 25: la delimitazione dell'area del carpo.

Un ulteriore problema si è riscontrato in alcune radiografie di soggetti adolescenti, dove era possibile osservare un carpale che proseguiva oltre la base dei metacarpi e che quindi usciva dalla delimitazione dell'area del carpo. Solitamente questo tipo di problema si riscontra per i carpali sotto al V metacarpo o sotto al II osso metacarpale.

In questi casi si è deciso di non misurare tutta l'area del carpale, ma solamente quella che risulta all'interno dell'area del carpo (Fig. 26). In pratica quindi, tutte le aree che vengono calcolate nell'area delle ossa carpali devono essere comprese all'interno della Ca.

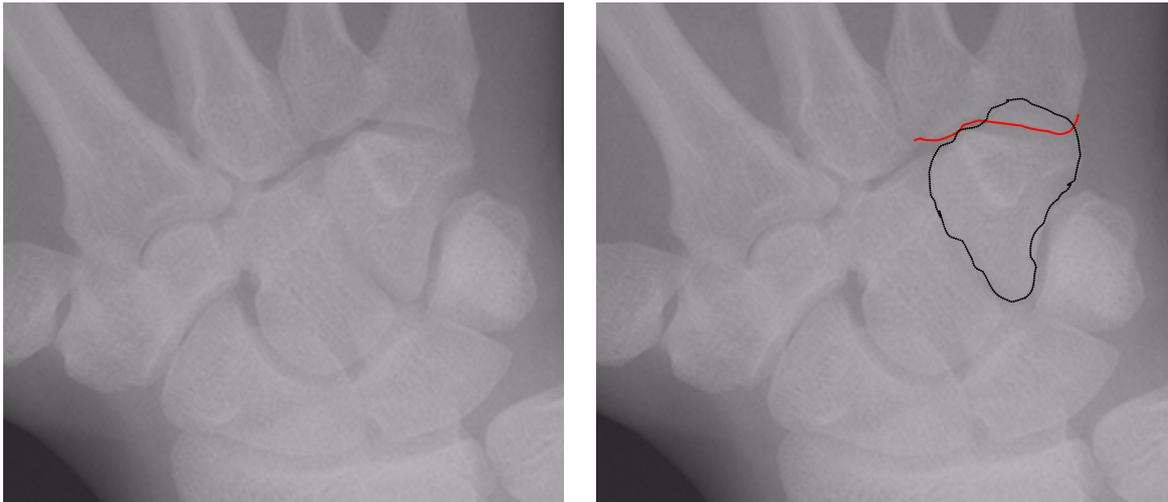


Figura 26a e figura 26b: particolare del carpo. A destra (Fig. 26b) è stato evidenziato in rosso il limite dell'area carpale ed in nero l'area del singolo osso carpale; è evidente che una parte del carpo resta esterna al limite dell'area del carpo e non va quindi presa in considerazione.

Il modo migliore per procedere potrebbe quindi essere quello di tracciare prima la delimitazione della "Carpal Area" e, lasciandola tracciata, continuare con le delimitazione dell'area delle ossa carpali.

Il campione analizzato

Dalla home page del sito internet della AAOF Legacy Collection, cliccando dal menu "Collezioni" sul nome di una collezione, si accede una pagine che dà la possibilità di visualizzare una descrizione della raccolta, un inventario dettagliato e un inventario condensato dei dati disponibili.

Attraverso le voci presenti nella maschera di interrogazione del database è possibile sapere quanti individui soddisfano i criteri di ricerca: nel caso specifico del nostro studio i soggetti per i quali si dispone delle radiografie della mano sono 90 (Fig. 27).

Filter the Inventory

Angle Class:

- Class I
- Class II
- Class III
- Unknown

Sex:

- Male
- Female

Subject Must Have:

Landmarks: No Yes

Laterals: No Yes

Frontals: No Yes

Hand Wrists: No Yes

Study Casts: No Yes

Refresh the Table

Detailed Inventory for Burlington Growth Showing 90 out of 100 Subject

Click the Plus symbol to see that Subject's Preview Images • Click any Preview Image for a Full Size view • Click column headings to sort the table • Shift click for multiple column sort

Subject	Sex	Angle Class	Laterals	Frontals	Hand Wrists	Study Casts	Landmarks	Images
25	F	Class I	Yes	Yes	Yes	No	No	14
135	M	Class I	Yes	Yes	Yes	No	No	15
152	M	Class II	Yes	Yes	Yes	No	Yes	16
153	F	Class I	Yes	Yes	Yes	No	No	14
163	F	Class I	Yes	Yes	Yes	No	Yes	14
166	M	Class I	Yes	Yes	Yes	No	Yes	16
183	M	Class II	Yes	Yes	Yes	No	Yes	16
185	M	Class II	Yes	Yes	Yes	No	Yes	14
186	M	Class II	Yes	Yes	Yes	No	Yes	14
188	F	Class I	Yes	Yes	Yes	No	No	15

Figura 27: la schermata relativa al sito della collezione Burlington: attraverso la maschera di ricerca, sono stati individuati i soggetti per i quali sono disponibili delle radiografie della mano.

Una fase iniziale del lavoro ha previsto una revisione del materiale disponibile al fine di selezionare le radiografie effettivamente utilizzabili; infatti un certo numero di radiogrammi sono stati scartati per una tra le seguenti motivazioni:

- la radiografia non era chiara e risultava difficilmente leggibile (sfuocata);
- la radiografia risultava parzialmente tagliata o erano presenti elementi che impedivano la rilevazione di una delle misure da effettuare;
- la radiografia era chiara e leggibile, ma il soggetto presentava già una saldatura dell'epifisi distale di ulna e/o di radio, tale da non poter più distinguere le epifisi dalle diafisi (prerogativa indispensabile per l'applicazione del metodo).

Il campione rielaborato statisticamente comprende i soggetti che presentavano almeno 5 radiografie, relative all'intervallo di età tra compreso tra 3 e 16 anni; in totale sono state analizzate le radiografie di 82 soggetti (43 maschi e 39 femmine).

Le misurazioni sulle radiografie sono state effettuate da tre operatori (scrivente compreso) mentre la verifica e il coordinamento del lavoro sono stati svolti da chi scrive.

II) L'INDICE DEL TERZO MOLARE IN DUE CAMPIONI STRANIERI

L'applicazione pratica di questa metodologia ha previsto lo studio di due diversi campioni: un campione di OPT colombiano ed un campione di OPT cileno.

IIA) Campione della Colombia: materiali e scopi dell'indagine

La Colombia ha firmato la "Convention on the Rights of the Child" (CRC) nel 1989, che è stata poi ratificata con la legge del 2 settembre del 1990.

La giustizia minorile in Cile è disciplinata principalmente dal Codice sull'Infanzia e l'Adolescenza e dal Codice in materia di Minori.

Secondo l'articolo 93 della Costituzione colombiana i trattati internazionali sui diritti umani, incluso il CRC, sono considerati parte della legge costituzionale e hanno la precedenza sulle leggi e sugli atti amministrativi nazionali.

Inoltre, l'articolo 44 della Costituzione specifica ulteriormente i diritti dei bambini, affinché questi diritti vengano privilegiati sui diritti degli altri. Il CRC può essere invocato direttamente davanti ai tribunali ed è ampiamente citato e discusso in tutto il sistema giudiziario, in particolare nella Corte Costituzionale.

Nel 2006 è stata introdotta una nuova legge (L. 1098) che ha inserito nel Codice per l'Infanzia e l'Adolescenza un riferimento alle Convenzioni delle Nazioni Unite sul Diritto del fanciullo, quindi espressamente dal 2006 il CRC è parte integrante della legge, anche se una legge sui minori era già in vigore dal 1989.

Nella legge 1098 e nel Sistema per la Responsabilità Criminale Giovanile (SRPA) vengono indicati principi guida per la giustizia giovanile e vengono sottolineati i principi di protezione della gioventù e di flessibilità del sistema giudiziario, che deve essere orientato alla riabilitazione dei minori.

L'instabilità politica e sociale ormai consolidata nel paese da anni, ha visto l'incremento del lavoro minorile, mentre i numerosi conflitti armati interni hanno portato al coinvolgimento di moltissimi bambini che sono stati reclutati dalla guerriglia armata. Le stime parlano di circa 11000 - 14000 bambini coinvolti con i gruppi di guerriglia di sinistra o con i gruppi paramilitari di destra.

I bambini sono colpiti dalla violenza della guerra e dal disordine forzato che è associato ad essa: la Colombia ha uno dei più alti numeri nel mondo di vittime di mine terrestri, la maggior parte delle quali sono bambini.

Per la legge colombiana i soldati-bambini sono vittime di violenza politica ed il reclutamento dei minori di 18 anni nei gruppi armati è punito da multe molto salate (da 800 a 1500 il valore di un salario mensile) e da pene che vanno da 96 a 180 mesi di carcere.

Nel 2014 la Colombia è stata classificata come il paese con il più grande numero di popolazione interna sfollata, stimata a 5 milioni e 700 mila persone; di questi secondo le stime dell'UNICEF, il 55% sono minori non accompagnati.

La necessità di proteggere i minori ha portato il governo colombiano ad introdurre metodi di accertamento dell'età, che attualmente si basano su una radiografia dello scheletro e/o dei denti, mentre solo occasionalmente può essere inclusa anche una visita medica in cui si valuta la maturità sessuale e si rilevano le principali misurazioni antropometriche.

Nella presente applicazione, la metodologia sviluppata da Cameriere *al al.* (2008b), basata sul calcolo dell'indice del terzo molare, è stata applicata al campione colombiano, al fine di testare la validità del cut-off di 0.08 anche su questa popolazione.

Oltre a questo scopo, lo studio è stato condotto per cercare di sviluppare un valore di cut-off relativo alla soglie d'età dei 14/16 anni.

Sono state analizzate 318 OPT di soggetti di età compresa tra 13 e 22 anni; si tratta di materiale selezionato casualmente da tre cliniche odontoiatriche della Colombia (Bogotà Valle del Cauca, Buga e Villavicencio) nel corso del 2015, riferito a pazienti in cura presso queste strutture.

Dal campione sono stati scartati i soggetti affetti da patologie gravi o nelle cui radiografie è stato rilevato uno sviluppo anomalo del terzo molare (formazioni anormali, radici con formazione nettamente asimmetrica tra dente destro e sinistro, dismorfologia). Anche i denti inclusi sono stati esclusi, sebbene le loro radici siano visibili radiograficamente, poiché studi precedenti hanno dimostrato che i terzi molari impattati mineralizzano più lentamente di quelli non impattati sia nei maschi che nelle femmine (Guo *et al.* 2014).

Dopo aver escluso una serie di soggetti per le motivazioni appena esposte, il campione effettivamente analizzato è risultato costituito da 288 OPT: 163 di ragazze e 125 di ragazzi; la ripartizione per classi d'età e per sesso è visibile in tabella 12.

Age (years)	Girls	Boys	Total
13-14	2	2	4
14.1-15	23	18	41
15.1-16	15	7	22
16.1-17	41	25	66
17.1-18	12	10	22
18.1-19	11	11	22
19.1-20	19	17	36
20.1-21	18	14	32
21.1-22	22	21	43
Total	163	125	288

Tabella 12: ripartizione del campione colombiano per sesso e per classi d'età (da De Luca *et al.* 2016b).

IIB) Campione del Cile: materiali e scopi dell'indagine

L'incremento che i flussi migratori hanno avuto negli ultimi anni ha sostanzialmente sollevato, a livello europeo, la problematica relativa ai soggetti che non dispongono di documenti; tuttavia questa problematica sussiste anche in altri paesi (per ragioni diverse), quali ad esempio gli stati dell'America del sud.

In paesi come la Colombia, l'Ecuador e il Cile l'esistenza di regimi dittatoriali e di momenti storici caratterizzati da guerriglia armata, ha avuto conseguenze sulla possibilità di registrare la nascita e la morte delle persone.

Al termine della dittatura cilena, durata 17 anni, il paese si è trovato davanti ad un numero incredibile di individui caduti vittima del regime e deve ancora far fronte all'esigenza di identificare quel che resta di quelle persone.

Alcuni documenti redatti al termine della dittatura hanno cercato di stabilire un conteggio delle vittime; ufficialmente ne sono state riconosciute più di 3000 (2298 assassinati o giustiziati, 1210 *desaparecidos*).

Durante i periodi di dittatura molti bambini hanno abbandonato le loro famiglie per mettersi in salvo, per andare in cerca di fortuna o per unirsi ai combattenti.

Al termine dei conflitti e al crollo del regime questi bambini, ormai divenuti adulti, si trovano nella necessità di ottenere un documento che attesti la loro età e che permetta il loro reinserimento sociale.

D'altra parte però, anche bambini nati durante i momenti bui della storia di questi paesi, di cui quindi non è mai stata dichiarata la nascita, si trovano nella necessità di dover dichiarare un'età per essere registrati.

Questo è il quadro storico che ha contribuito a rendere necessaria l'applicazione di metodologie per l'accertamento dell'età in questi paesi.

In anni recenti la registrazione anagrafica in paesi sudamericani come il Brasile è stata incrementata, ma continua ad essere carente; in Cile invece attualmente viene registrato il 100% delle nascite, quindi i problemi sussistono per le persone di cui, in passato, non è stata registrata la nascita.

Inoltre è stato segnalato in Cile un incremento dell'immigrazione irregolare, soprattutto proveniente dal Perù, oltre a numerosi casi di documenti falsi.

Oltre a questi fattori, l'esistenza di leggi specifiche che prevedono pene diversificate a seconda dell'età del soggetto, richiede la verifica delle metodologie disponibili proprio relativamente alle soglie d'età giuridicamente discriminanti.

La MACR in Cile è fissata a 14 anni, ma nel 2011 il Congresso Nazionale del Cile ha emanato una nuova legge con la quale sono state fissate pene differenziate: un soggetto tra 14 e 16 anni può ricevere una pena massima di 5 anni; mentre se è più giovane di 18 anni il massimo della pena che può essergli inflitta è di 10 anni.

Lo scopo dell'applicazione pratica sul campione di radiografie del Cile è stato quindi duplice:

- 1) da una parte verificare la validità del cut-off di 0.08 come indicatore del superamento del diciottesimo anno d'età;
- 2) dall'altra individuare un nuovo cut-off per l'identificazione dei soggetti di 14/16 anni.

Il materiale da sottoporre allo studio è stato ricevuto via mail, già diviso in cartelle e accompagnato da una tabella Excel incompleta, all'interno della quale erano stati inseriti i dati dei soggetti: numero identificativo del paziente, sesso, data di nascita, data della radiografia.

La prima operazione che è stato necessario effettuare sul campione è stata quella di uniformare la modalità di classificazione dei file, in modo da permettere la consultazione delle radiografie e di associare queste radiografie al nome di un paziente e quindi alla sua età. Infatti i file si presentavano suddivisi in: immagini JPG (prive di qualsiasi informazione sul soggetto) e in file di testo (TXT).



Figura 28: schermata relativa ai file di testo contenente i dati specifici di ciascun soggetto.

Le immagini erano state salvate con modalità differente: con il nome del soggetto, con il suo numero identificativo o con un numero progressivo. Per risalire al nome del paziente era quindi necessario aprire il file di testo (Fig. 28) all'interno del quale erano riportati i dati relativi al paziente: il nome del paziente; la data di nascita; il sesso (espresso in formato numerico utilizzando 1 per i maschi e 2 per le femmine); la data dell'acquisizione della radiografia; il numero identificativo del paziente (Patient ID) e il nome del file della radiografia associata (image number).

I file erano stati associati secondo tre modalità differenti:

- 1) il file d'immagine era stato denominato con il nome del paziente e così pure il file di testo;
- 2) il file d'immagine era stato denominato con l'ID del paziente e così pure il file di testo;
- 3) l'immagine era stata denominata con un numero progressivo ed il file di testo era stato associato utilizzando lo stesso numero.

Al fine di agevolare l'uso delle immagini per poter passare agilmente dall'immagine ai dati relativi al soggetto, senza dover rinominare in base ad uno stesso criterio tutti i file, è stato necessario inserire nella tabella Excel una colonna relativa al nome del file, accanto a quella con l'ID del paziente (Fig. 29).

La tabella ha costituito il punto di partenza per la registrazione delle misurazioni effettuate sulle radiografie, inserite in colonne: una relativa all'altezza del dente e una relativa alle dimensioni degli apici aperti; inoltre è stata inserita una colonna denominata "AGE" nella quale è stata inserita una formula per il calcolo automatico dell'età del soggetto, ottenuta sottraendo alla data in cui il paziente è stato sottoposto a radiografia la sua data di nascita.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	PATIENT_ID	NOME_FILE	SEX	BIRTH_DATE			DATE OF_COLLECTION	Age formula		IIM		IIM		IM
										A	L	A	L	A
4	3008	5	1	09/09/1994			18/01/2010	15,37		53,908	155,081	0	1	0
5	3009	6	2	18/10/1997			18/01/2010	12,26		107,942	127,951	8,062	250,2	0
6	3013	7	2	07/12/1994			18/01/2010	15,13		87,115	130,419	4	287,2	0
7	3014	8	2	05/02/1997			18/01/2010	12,96		104,316	117,341	5,831	223,618	0
8	3029	10	2	05/01/1996			20/01/2010	14,05		101,544	111,754	21,529	263,737	0
9	3037	14	2	09/07/1994			20/01/2010	15,55		67,99	147,054	7,3	291,568	0
10	3043	15	1	08/05/1997			12/08/2011	14,27		121,443	122,347	4	270,401	0
11	3053	17	1	26/05/1995			22/01/2010	14,67		110,476	147,272	10,831	255,566	0
12	3058	19	1	13/09/1996			22/01/2010	13,37		113,701	130,183	8,606	273,271	0
13	3060	20	1	18/02/1995			22/01/2010	14,94		104,418	96,591	0	1	0
14	3069	22	2	08/01/1998			25/01/2010	12,05		99,035	95,34	17,978	234,71	0
15	3071	23	2	28/09/1995			25/01/2010	14,34		79,091	180,099	9,508	241,052	0
16	3074	24	2	04/09/1998			25/01/2010	11,40		140,102	93,941	43,147	215,86	5
17	3085	27	2	05/10/1996			26/01/2010	13,32		77,259	147,801	0	1	0

Figura 29: schermata relativa alla tabella utilizzata per l'inserimento dei dati.

Prima di procedere con le misurazione delle immagini si è dovuto inoltre verificare che per ciascun soggetto fossero presenti sia la radiografia, che il file di testo con i dati del paziente.

A questo punto si è potuto procedere con la misurazione delle immagini.

Secondo le indicazioni di Cameriere *et al.* 2008 sono state effettuate le misurazioni e i calcoli dell'indice del terzo molare (I_{3M}); in modo analogo è stato calcolato anche dell'indice del secondo molare (I_{2M}).

III) LA RIDUZIONE DELLA CAVITÀ PULPARE E L'APPLICAZIONE AD UNA COLLEZIONE DI ETÀ NOTA

Grazie ad una collaborazione tra il Laboratorio di Antropologia Fisica dell'Università di Venezia e l'Istituto di Medicina Legale dell'Università di Macerata, la metodologia relativa alla stima dell'età degli adulti è stata applicata a materiali scheletrici provenienti da contesti archeologici³³. Per fare questo è stato possibile usufruire di un radiologico dentale portatile in dotazione all'Università di Venezia (Rextart X Compact) e di un palmare radiografico (WDS X-POD, MyRay) munito di sensore radiografico, in dotazione invece all'Istituto di Medicina Legale di Macerata.

Le apparecchiature sono state utilizzate congiuntamente per effettuare le radiografie: l'operazione risulta semplice dato che l'apparecchio è abbastanza facile da maneggiare, non è troppo pesante ed è elementare nelle funzioni: occorre solamente selezionare il tempo di esposizione, a meno che non si voglia utilizzare le funzioni preimpostate.

Il radiografico non è munito di cavalletto, e per la corretta acquisizione della radiografia bisogna cercare di posizionare l'apparecchio in posizione perpendicolare rispetto al sensore.



Figura 30: il radiografico portatile ed il sensore.

³³ Nello specifico il metodo Cameriere basato sulla riduzione della dentina secondaria è stato oggetto di una tesi di laurea magistrale in Scienze dell'Antichità: letterature, storia e archeologia, discussa presso l'Università Cà Foscari di Venezia dal titolo: *"Il cimitero di Formigine (MO). Nuovo studio tra metodi tradizionali e metodo Cameriere"* discussa nell'anno accademico 2014-2015. In merito a questo lavoro lo scrivente si è occupato della selezione e del campionamento del materiale e ha coadiuvato il lavoro del laureando nella fase di misurazione delle radiografie.

Un successivo studio è stato effettuato, sempre in collaborazione con l'Università di Venezia, applicando la stessa metodologia allo studio di alcuni scheletri recuperati nel relitto del *Mercurio*. I risultati dello studio sono confluiti nell'articolo dal titolo: *"Osteological analysis of the crew"* ad opera degli autori: Bertoldi F, Bestetti F, Cameriere C, Sisalli C, in corso di pubblicazione in: Beltrame C (ed), *The Mercurio. A Bring of the Regno Italico Sunk During the battle of Grado (1812)*, The Breast.

All'interno della stessa collaborazione sono in corso di svolgimento ulteriori studi su materiali provenienti da altri scavi archeologici, come quelli relativi al sito di Jesolo (VE).

Il sensore è costituito da una piccola piastrina delle dimensioni di pochi centimetri, adatta giusto all'acquisizione della radiografia di un dente, sebbene l'apparecchio per rx in realtà possa essere utilizzato anche per radiografare aree leggermente più grandi.

Il sensore ha collegato il cavo che permette la comunicazione con il computer o il palmare; data la presenza di questo cavo nella porzione posteriore, il sensore non rimane facilmente in posizione orizzontale; per questo è stato realizzato un piccolo supporto in materiale plastico che consente il mantenimento in posizione piana.

Al di sopra del sensore può essere appoggiato il dente.

Per acquisire la radiografia basta posizionare l'apparecchio radiografico in posizione perpendicolare rispetto al sensore, e procedere come per una normale fotografia. Nel giro di pochi secondi l'immagine è disponibile e visibile sul display del palmare (o sullo schermo del computer se il sensore è attaccato ad un PC).

Il palmare è molto pratico perché è di dimensioni ridotte e risulta facilmente trasportabile; funziona con touchscreen e permette di visualizzare nell'immediato l'immagine e di memorizzarla su una scheda di memoria estraibile, selezionando la tipologia di file su cui si desidera lavorare.

Analizzando gli articoli di riferimento della metodologia si è potuto verificare che le formule presentate, che determinano l'età usando i diversi denti monoradicolti, sono state messe a punto servendosi di campioni diversi, e non risultano mai applicate tutte insieme su uno stesso soggetto. Poiché una delle critiche rivolte alle metodologie è che i risultati siano influenzati dalla composizione del campione utilizzato per effettuare lo studio pilota, l'idea di partenza era quella di applicare il metodo ad un unico campione, determinando l'età di ciascun soggetto tramite tutti i denti monoradicolti disponibili e verificando quindi la precisione di ciascuna formula.

Oltre a questo, il progetto iniziale prevedeva la creazione di una "popolazione equilibrata" costituita da un numero uguale di soggetti, per ciascuna classe d'età. Questa accortezza sembrava necessaria, perché nel caso in cui dalla rielaborazione delle misurazioni fosse stata dedotta una nuova formula, questa avrebbe potuto determinare l'età in maniera equilibrata, mentre quando si usano campioni non omogenei (nel numero dei soggetti che costituiscono le diverse classi d'età) per derivarne delle formule, è scontato che queste riflettano la composizione della popolazione usata come riferimento.

Per fare un esempio pratico si può ipotizzare di sviluppare una formula basata sulle misurazioni della cavità pulpale e dell'area di canini e incisivi insieme. Se il campione di riferimento dello studio vede un'elevata presenza di soggetti della classe 30-40 e una minima presenza di soggetti della classe 40-50 e 50-60 è probabile che la formula risultante da questo studio sia influenzata da questa composizione non equilibrata.

Per effettuare questa applicazione è stato possibile accedere alle collezioni osteologiche di sesso e di età nota conservate presso il Museo d'Antropologia e l'Università di Bologna. Si tratta di materiali scheletrici raccolti tra la fine del 1800 e gli inizi del 1900; i materiali conservati sono costituiti da più collezioni, relative a diverse aree geografiche. In accordo con i responsabili di queste collezioni è stato possibile avere accesso ai materiali delle collezioni di Sassari, Cagliari e Bologna.

Non è stato possibile effettuare una selezione dei materiali a priori, utilizzando gli elenchi delle collezioni, in quanto in essi era riportato soltanto il sesso e l'età del soggetto; questi quindi sono serviti solo per effettuare una preselezione, in base alla quale sono stati scartati i soggetti sub-adulti e i soggetti di cui non era sicura l'identificazione.

Dopo di che, non essendo presente un database relativo alle porzioni scheletriche conservate per ciascun soggetto, è stato necessario aprire la cassetta di ciascun individuo per verificare se erano presenti, o meno, i denti necessari allo studio. Talvolta i denti erano presenti, ma presentavano delle anomalie che hanno reso necessaria la loro eliminazione dal campione; anche i soggetti affetti da patologie evidenti, sono stati scartati.

Inizialmente sono stati selezionati solo gli individui che presentavano tutti i denti, procedendo all'acquisizione delle rx di: premolari, canini e incisivi inferiori (denti 35, 34, 33, 32, 31, 41, 42, 43, 44, 45) e canini e incisivi superiori (denti 13, 12, 11, 21, 22, 23).

Ben presto ci si è resi conto dell'impossibilità di rinvenire individui di età matura o senile con tutti i denti, perciò sono stati selezionati i soggetti che presentavano un buon numero di denti, preferibilmente uno per tipo, indipendentemente dalla lateralità, dato che dagli studi precedenti non è risultato essere un elemento discriminante, se non nell'elaborazione della formula dei premolari inferiori (Cameriere *et al.* 2012a).

Tendenzialmente, visto che il canino risulta il dente più analizzato con questa metodologia, i soggetti dovevano presentare almeno un canino superiore ed uno inferiore.

Fin dalle prime operazioni di selezione dei materiali si è dovuto far fronte ad una serie di problematiche, prima tra tutte il fatto che alcuni soggetti fossero stati oggetto di una operazione di preconsolidamento o restauro che sostanzialmente aveva fissato la maggior parte dei denti negli alveoli: non è stato quindi possibile estrarre buona parte dei denti presenti.

Dopo aver effettuato numerosi tentativi e dopo aver constatato che risultava abbastanza complessa l'acquisizione della radiografia dei denti *in situ* per molti soggetti (soprattutto femminili) che presentavano un palato piccolo, stretto e poco profondo, si è deciso di rivolgere l'attenzione ai soli denti estratti/estraibili. La difficoltà riscontrata nei soggetti con palato piccolo e stretto è legata al fatto che non è possibile posizionare correttamente il sensore, che, a causa della scarsa profondità del palato non può essere collocato completamente dietro al dente e, a causa di ciò, la radiografia risultava tagliata. Inoltre, anche i casi di malposizione e rotazione dei denti, non hanno agevolato l'acquisizione delle radiografie dei denti *in situ*, in molti casi risultate distorte e quindi inutilizzabili per lo studio. Si è pertanto deciso di concentrarsi sui denti che era possibile estrarre.

Oltre alle problematiche pratiche relative all'acquisizione delle rx dei denti infissi, è stata fatta la considerazione che per poter usare, all'interno di uno stesso studio, sia radiografie di denti estratti (che evidentemente risultano più facili da acquisire e danno maggiore sicurezza circa la corretta posizione del dente) che radiografie di denti *in situ*, sarebbe stato necessario dimostrare che nelle radiografie effettuate con dente *in situ* non era intervenuta alcuna alterazione dell'immagine dovuta a distorsione. In pratica quindi sarebbe stato necessario reperire un certo numero di denti facilmente estraibili dall'alveolo e analizzarli acquisendo una doppia radiografia: sia *in situ* che del dente estratto. Effettuate poi le misurazioni sulla cavità pulpare e sull'area del dente di queste radiografie e verificata la coincidenza del rapporto tra le due misure, sarebbe stato possibile procedere in questa direzione ed utilizzare entrambe le tipologie di immagine nello studio.

Poiché questa ipotesi risultava abbastanza complessa, si è deciso di proseguire selezionando solo i soggetti con denti "liberi".

Il campione analizzato risulta costituito da 61 soggetti (33 femmine e 28 maschi), così suddivisi:

- 20 femmine della collezione di Bologna
- 22 maschi della collezione di Bologna
- 5 femmine della collezione di Cagliari
- 8 femmine della collezione di Sassari
- 6 maschi della collezione di Sassari

Il numero delle radiografie disponibili per ciascun soggetto è variabile, perché si è dovuto fare i conti con denti danneggiati o assenti, talvolta affetti da carie o da grave patologia.

Al termine della raccolta delle radiografie, relativamente ai 61 soggetti era disponibile una discreta quantità di radiografie, così suddivise:

mascellare superiore	dente 23 = 39 rx dente 22 = 27 rx dente 21 = 34 rx dente 11 = 35 rx dente 12 = 28 rx dente 13 = 40 rx	per un totale di 203 radiografie.
----------------------	--	-----------------------------------

mandibola	dente 35 = 35 rx dente 34 = 32 rx dente 33 = 43 rx dente 32 = 29 rx dente 31 = 34 rx dente 41 = 29 rx dente 42 = 34 rx dente 43 = 42 rx dente 44 = 28 rx dente 45 = 37 rx	Per un totale di 343 radiografie
-----------	--	----------------------------------

Il totale complessivo delle radiografie effettuate è stato di 546.

Tutte le radiografie sono state catalogate con il numero di ciascun dente e suddivise in cartelle in base al numero identificativo del soggetto.

È stata inoltre predisposta una tabella Excel all'interno della quale sono state riportate tutte le misurazioni effettuate dell'area della cavità pulpare e dell'area totale del dente.

Relativamente a ciascuna radiografia analizzata è stata salvata una screenshot dell'immagine (Fig. 31) e delle misure rilevate. Essendo la screenshot di fatto una fotografia della schermata del computer, attraverso di essa è quindi facilmente archiviabile il dato relativo all'area selezionata (nello specifico è l'area della cavità pulpare che presenta maggiori difficoltà) e al suo valore, che risulta visibile nella tabella dei risultati).

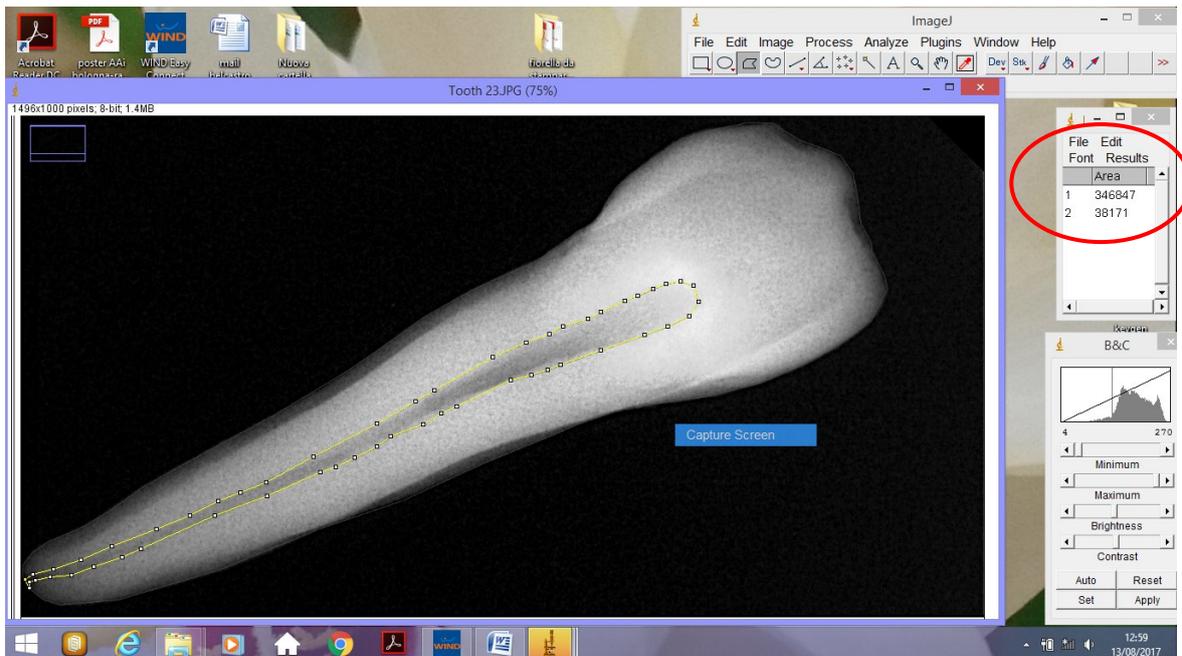


Figura 31: screenshot relativa ad uno dei denti analizzati. Nel riquadro a destra i valori dell'area del dente (misura 1) e dell'area della cavità pulpare (misura 2)

La screenshot doveva risultare utile per poter analizzare le misurazioni di un altro operatore (verifica errore inter-osservatore) o per confrontare le misurazione effettuate in momenti diversi (verifica dell'errore intra-osservatore).

Oltre a questo, anche nel caso di dubbio o di incertezza relativamente ad un valore che potrebbe essere erroneamente trascritto nella tabella Excel, l'archiviazione della screenshot costituisce una garanzia.

CAPITOLO 7: RISULTATI, CONSIDERAZIONI E DISCUSSIONE

VALUTAZIONE CRITICA DELLE METODOLOGIE APPLICATE

Lo scopo del lavoro è stato principalmente quello di verificare le difficoltà tecniche di applicazione, per osservare vantaggi e punti deboli di ciascuna metodologia, oltre a valutare i risultati della loro applicazione.

Le considerazioni sulle problematiche, sulle difficoltà rilevate e sui risultati verranno esposte in base al metodo.

D) Il metodo dell'area del carpo e delle ossa carpali

La metodologia risulta semplice da apprendere e da applicare e sfrutta come indicatore d'età una delle regioni anatomiche maggiormente indagate per l'accertamento nei soggetti in fase di accrescimento.

Il principio alla base del metodo è che con il trascorre del tempo lo sviluppo delle otto ossa carpali veda un incremento nelle dimensioni di queste piccole ossa, che si traduce in spazio che viene occupato all'interno dell'area del palmo della mano. Per questo motivo il rapporto tra l'area del carpo e l'area delle ossa carpali (considerate insieme alle epifisi distali di ulna e radio) può essere utilizzato per stimare l'età del soggetto.

Le immagini radiografiche risultano chiare e di facile lettura; risulta abbastanza semplice ed intuitivo, dopo aver visionato un certo numero di immagini, riconoscere le radiografie che presentano una lieve o marcata rotazione della mano.

Le letture del campione di radiografie sono state effettuate da tre operatori, tutti e tre con nozioni di base relative alla metodologia e senza alcuna esperienza pratica pregressa nella misurazione di radiografie della mano. L'attività di coordinamento è avvenuta tramite mail, utilizzando immagini esemplificative che sono servite per fornire a tutti gli operatori le informazioni di base relativamente alle difficoltà riscontrate. Si può perciò affermare che la metodologia risulta semplice e chiara una volta messe a fuoco le criticità.

L'unica difficoltà rilevata, fin dalla fase iniziale, è stata quella relativa alla definizione dell'area del palmo. Non si tratta infatti di un elemento scheletrico visibile e ben identificato, ma di un'area che, sebbene possa variare di poco, necessita di essere chiaramente definita e uniformata nelle misurazioni.

Mancando delle chiare linee guida in questo senso, nell'applicazione effettuata per lo studio del campione di Burlington, il limite distale dell'area del palmo (quello che costituiva il reale problema di delimitazione), è stato definito tracciando una linea sinuosa che è andata a ricalcare parzialmente la forma arrotondata delle estremità prossimali delle ossa metacarpi (Fig. 32).

Tuttavia si deve costatare a questo proposito, che mentre era in corso di svolgimento lo studio delle radiografie di Burlington, veniva pubblicato un articolo (De Luca *et al.* 2016) in cui, a giudicare dall'immagine riportata (Fig. 33), il limite distale dell'area del palmo è stato definito da una linea spezzata che lambisce la parte più prossimale delle epifisi distali dei metacarpi (o forse il punto centrale della base di ciascun metarpale).



Figura 32: delimitazione dell'area del palmo in una delle screenshot relative al campione di Burlington.

Nonostante sia evidente che il margine d'errore riscontrabile tra le due modalità comporti una variazione minima nel calcolo dell'area, si ritiene che trattandosi di una metodologia relativamente "nuova", sia necessaria una precisazione in merito da parte degli autori.

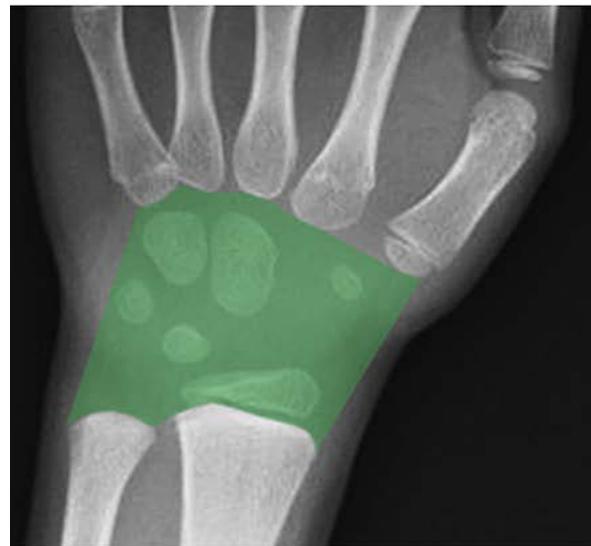


Figura 33: la definizione dell'area del palmo (da De Luca *et al.* 2016).

A proposito dell'area del carpo c'è inoltre da segnalare la possibilità di riscontrare, in alcuni soggetti già adolescenti, alcune ossa carpali che fuoriescono per piccoli tratti dall'area del carpo (indipendentemente da come venga delimitata, sia tramite una linea spezzata che tramite una linea sinuosa). C'è quindi da tenere presente che l'area delle

ossa carpali che viene presa in considerazione deve essere interna allo spazio delimitato dall'area del carpo (a tal proposito si veda Fig. 26).

La seconda criticità riscontrata nell'applicazione tecnica, è emersa in fase di rielaborazione statistica dei dati.

Il metodo prende in considerazione lo sviluppo delle ossa carpali all'interno dell'area del carpo, ma quando lo sviluppo è completo, le ossa del carpo non vanno ad occupare completamente l'area del palmo, pertanto non è stato possibile utilizzare la misura dell'area del palmo come se fosse il 100% dell'area che le ossa carpali devono andare ad occupare. È stato perciò necessario definire e misurare, utilizzando le radiografie di alcuni soggetti già completamente sviluppati, quale fosse l'area di massimo sviluppo che i carpali potevano raggiungere (in percentuale rispetto all'area del carpo) e utilizzarla come percentuale massima del loro sviluppo.

La metodologia applicata trova un limite oggettivo di applicazione nei soggetti maggiori di 14-16 anni (a seconda del sesso dei soggetti), età oltre la quale solitamente è già avvenuta la completa fusione tra le epifisi e le diafisi delle ossa dell'avambraccio³⁴ e non è quindi più possibile delimitare le epifisi di ulna e radio, prerogativa indispensabile per l'applicazione del metodo.

Questo limite è stato reso evidente nell'applicazione effettuata dal fatto che da un punto di vista statistico era stata fatta notare la mancanza di radiografie di soggetti di sesso femminile al di sopra dei 15 anni e questo era sembrato un *gap* nel campione. Tale mancanza invece, non era dovuta ad una reale assenza di questi soggetti dal campione in esame³⁵, ma dall'impossibilità di effettuare le misurazioni sulle radiografie dei soggetti per i quali era già avvenuta la fusione completa tra le epifisi (distali) e le diafisi di ulna e radio.

Va ricordato che la particolarità del campione di Burlington è legata al fatto che i soggetti siano stati sottoposti nel tempo a ripetute indagini radiologiche, per monitorare la

³⁴ La fusione delle epifisi con le diafisi di ulna e radio avviene già intorno ai 14 anni per i soggetti di sesso femminile, mentre nei soggetti di sesso maschile si riscontra intorno ai 16 anni.

³⁵ In realtà il campione di radiografie della collezione Burlington è costituito anche da un certo numero di radiogrammi effettuati su soggetti di 15-20 anni d'età.

crescita. Il campione in esame ha permesso di misurare per ciascun soggetto il rapporto Bo/Ca in diverse fasi della crescita; questo ha permesso di valutare, oltre alla variabilità dei soggetti, anche la variabilità che lo stesso soggetto ha manifestato nel tempo. Si tratta di un elemento importante dato che con tutti gli altri campioni che non presentano questa caratteristica si effettuano stime dell'età prendendo come presupposto valido l'omogeneità, sia quella tra soggetti, sia quella interna a ciascun soggetto e questa è sicuramente una condizione che non corrisponde alla realtà.

Il campione analizzato risulta costituito da 68 soggetti (35 maschi e 33 femmine); sono stati inclusi i soggetti per i quali si disponeva di almeno 5 radiografie, relative all'intervallo di anni 3-16. Il totale delle radiografie analizzate è stato di 623.

Sebbene la parte statistica sia parte integrante e determinante di questo studio, si è scelto di non includerla nella discussione di questo lavoro, poiché la rielaborazione dei dati è stata eseguita da personale specializzato.

Tuttavia relativamente al campione in esame si segnalano due delle principali difficoltà riscontrate nella rielaborazione: la prima è relativa al numero delle radiografie, la seconda invece, riguarda le scansioni temporali con cui le radiografie sono state acquisite.

In pratica si è dovuto tenere presente che non si disponeva dello stesso numero di radiografie per ciascun soggetto: per gli individui analizzati il numero di radiografie variava da 5 a 13. Questo è dovuto a diversi fattori: i soggetti sono stati sottoposti con una certa regolarità agli esami, ma alcune radiografie sono state escluse dallo studio perché rovinate, tagliate o non leggibili.

L'altra difficoltà invece è stata riscontrata nella variabilità dei momenti in cui sono state effettuate le radiografie: per un soggetto le lastre sono relative ai 5, 7, 8, 11 e 13 anni, mentre per un altro le radiografie disponibili sono state effettuate a 4, 6, 12 anni. Questa mancanza di regolarità nei tempi di acquisizione delle lastre ha quindi costituito un ulteriore problema a livello della rielaborazione statistica.

Per valutare la riproducibilità della metodologia, 50 radiografie sono state misurate una seconda volta dallo stesso operatore, trascorso un lasso di tempo di almeno due settimane. L'errore intra-osservatore è risultato molto basso, mostrando un livello ottimale (valore ottenuto 0.996).

Per quanto riguarda invece l'errore di stima dell'età, anch'esso è risultato molto contenuto: quello associato ai soggetti di sesso maschile è stato di 1.07 anni, mentre quello per i soggetti femminili è risultato di 1.34 anni.

II) Il metodo dell'indice del terzo molare

Non sono state riscontrate particolari difficoltà nell'applicazione di questa metodologia, che risulta chiara e semplice nell'esecuzione.

Nonostante la semplicità è comunque necessaria una minima esperienza nella lettura delle ortopantomografie per poter scartare il soggetto qualora presenti spiccate anomalie, tra le quali una delle più ricorrenti è la malposizione del III molare. È chiaro infatti, che una posizione non regolare del dente del giudizio può incidere fortemente sulle dimensioni lineari che devono essere misurate.

Bisogna inoltre fare attenzione alla situazione generale della cavità orale, sebbene teoricamente debba essere sempre misurato il dente del giudizio inferiore sinistro. Possono infatti essere notati due diversi stadi di mineralizzazione dei terzi molari inferiori; in tale circostanza è necessario misurare il dente che presenta lo stadio di sviluppo inferiore (da un punto di vista giuridico in caso di dubbio vige la presunzione della minore età, quindi bisogna sempre prendere in considerazione l'elemento meno sviluppato).

Oltre a questi fattori va valutata la situazione complessiva della mineralizzazione dei denti: la presenza di ritardi nella formazione di altri denti, di numerose denti ruotati, agenesiaci o soprannumerari possono essere considerati criteri validi per l'esclusione della lastra dal campione esaminato. Molto dipende però anche dal tipo di campione che si è scelto di utilizzare: se si fa ricorso alle lastre di pazienti che hanno richiesto un intervento di ortodonzia, è chiaro che si individueranno numerose malformazioni, a quel punto sarà sufficiente valutare che le malformazioni non abbiano interessato il dente che intendiamo misurare.

Rispetto alla metodologia degli apici aperti dei denti (che prevede il calcolo dell'indice di ciascun dente in formazione, oltre al conteggio dei denti permanenti che presentano già conclusa la loro mineralizzazione) il metodo dell'indice del terzo molare è meno affetto da problemi legati alla messa a fuoco della radiografia, che spesso più presentare un alone chiaro e non leggibile in corrispondenza della sinfisi mentoniera (Fig. 34). Da

questo punto di vista, la metodologia basata sulla misurazione del dente del giudizio non risulta interessata da questo problema tecnico.



Figura 34: radiografia panoramica con aloni chiaro nella parte centrale, in corrispondenza del mento.

Risultati relativi al campione della Colombia

Dall'analisi del campione, costituito 288 ortopantomografie di 163 ragazze e di 125 ragazzi si è potuto osservare (Fig. 35) che la distribuzione dell'età cronologica è gradualmente diminuita con l'incremento dell'indice del terzo molare, sia nei maschi che nelle femmine.

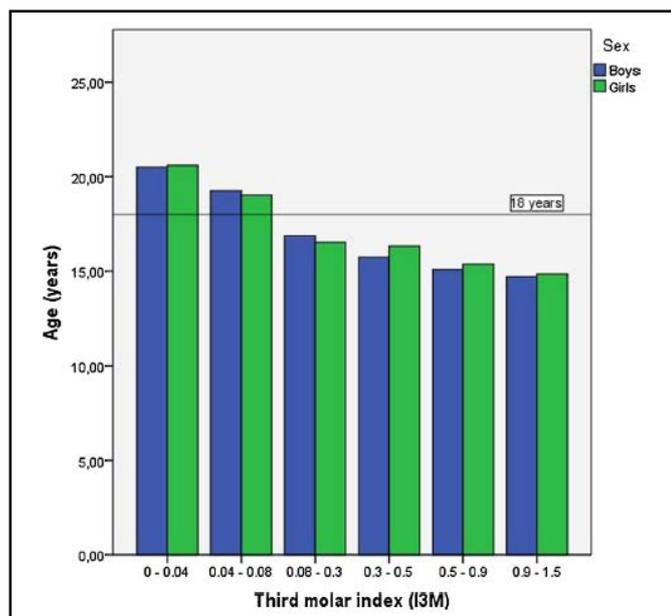


Figura 35: grafico della relazione tra l'età cronologica e l' I_{3M} nel campione maschile e femminile della Colombia (da De Luca *et al.* 2016b).

La prestazione del valore di cut-off di 0.08 e la sua precisione sul campione colombiano è stata analizzata separatamente per maschi e femmine.

L'indice del terzo molare può essere utilizzato per distinguere i soggetti maggiorenni da quelli minorenni; per questo relativamente al test " $I_{3M} < 0.08 =$ maggiorenne" sono state calcolate la sensibilità e la specificità.

La tabella 13 sintetizza i dati ottenuti, ossia la stretta correlazione tra l'età adulta e la positività al test ($I_{3M} < 0.08 =$ maggiorenne) per il campione femminile: 154 soggetti di sesso femminile sul totale di 163 risultano correttamente classificati, per una percentuale del 94.4%. La sensibilità del test sulle ragazze (la proporzione dei soggetti maggiorenni risultati positivi al test) è del 95.1%; mentre la specificità è risultata del 93.8%. Semplificando per le femmine: dei soggetti realmente maggiorenni 78 risultano positivi al test e solo 5 risultano invece erroneamente classificati come minorenni; mentre degli 80 reali minori, 76 risultano come tali e solo 4 sono stati erroneamente classificati come adulti.

Cut-off	Age (years)		Total
	≥ 18	< 18	
$I_{3M} < 0.08$	78	4	82
$I_{3M} \geq 0.08$	5	76	81
Total	83	80	163

Tabella 13: risultati relativi al campione femminile (da De Luca *et al.* 2016b).

La stessa analisi può essere effettuata anche sul campione dei soggetti di sesso maschile (Tab. 14). La tabella mostra la stretta associazione tra i soggetti adulti e la positività al test ($I_{3M} < 0.08$) nel campione dei maschi. I soggetti correttamente classificati sono 114 su un totale di 125 (66 sono i maggiorenni classificati come tali –a fronte di 5 erroneamente classificati; mentre 48 sono i minorenni correttamente classificati –a fronte di 6 risultati invece maggiorenni). La sensibilità al test per i soggetti di sesso maschile (proporzione dei maggiorenni risultati positivi al test) è del 91.7%, mentre la specificità è del 90.5%.

Cut-off	Age (years)		Total
	≥ 18	< 18	
$I_{3M} < 0.08$	66	6	72
$I_{3M} \geq 0.08$	5	48	53
Total	71	54	125

Tabella 14: risultati relativi al campione maschile (da De Luca *et al.* 2016b).

Poiché la possibilità di replicare le misurazioni in modo affidabile è una componente indispensabile di qualsiasi studio metrico, per testare la riproducibilità intra-osservatore, è stato riesaminato un campione casuale di 50 OPT dopo un intervallo di tempo di almeno 4 settimane (per eliminare l'effetto della memoria).

Per verificare invece l'accordo inter-osservatore un campione di altre 50 OPT è stato riesaminato da un osservatore diverso, con esperienza simile a quella dell'osservatore precedente, che ha effettuato nuove misurazioni, in base alle quali è stato calcolato il coefficiente kappa di Cohen.

La riproducibilità è stata analizzata testando l'errore inter-osservatore, attraverso il coefficiente kappa di Cohen: il valore oscilla tra 0.835 e 0.781, indicando un ottimo accordo tra gli osservatori. I valori di tale coefficiente infatti possono variare solo tra 0 e 1, dove 0 indica la quantità di accordo prevista se i punteggi sono stati assegnati a caso ai campioni e 1 indica invece un accordo perfetto.

Risultati relativi al campione del Cile

Sono state analizzate le OPT di 822 soggetti (472 femmine e 350 maschi), di età compresa tra 11 e 22 anni.

Sono stati esclusi dallo studio i soggetti che presentavano anomalie congenite, trattamenti odontoiatrici o carie destruenti che interessava i denti su cui era focalizzata la ricerca; sono inoltre state escluse le immagini di pessima qualità.

Utilizzando il secondo e il terzo molare è stata individuata una procedura che ha permesso di considerare un individuo più giovane, se il test era negativo, o più vecchio, nel caso in cui il test fosse risultato positivo, rispetto alla soglia d'età considerata.

Per quanto riguarda la soglia d'età dei 14 anni, è stato rilevato che solo l'8.8% dei maschi ed il 3.5% delle femmine di età inferiore ai 14 anni, avevano il terzo molare completamente maturo; ma il 14.6% dei maschi e il 16.2% delle femmine sotto ai 14 anni presentava il secondo molare formato integralmente.

Il secondo e il terzo molare sono stati utilizzati per assegnare un individuo alla popolazione dei soggetti di età inferiore ai 16 anni; sono stati identificati due cut-off utilizzando la curva ROC al fine di valutare la capacità di discriminazione. I due valori identificati come cut-off sono stati rispettivamente: 0.06 per l'indice del secondo molare

(I_{2M}) e 0.36 per l'indice del terzo (I_{3M}). Questo significa che possiamo ritenere l'individuo più vecchio di 16 anni se allo stesso tempo abbiamo $I_{3M} < 0.36$ e $I_{2M} < 0.06$.

Il secondo scopo del lavoro era quello di verificare la validità del cut-off di 0.08 nella popolazione del Cile.

Infatti, secondo la metodologia proposta da Cameriere i soggetti con valori dell'indice del terzo molare minori di 0.08 sono da ritenere maggiori di 18 anni: è stata riscontrata una buona associazione tra età adulta e positività del test (ovvero $I_{3M} < 0.08$): infatti su un totale di 709 individui, 588 sono stati correttamente classificati.

La sensibilità del test è risultata del 70.5% con un intervallo di confidenza del 95%; la sua specificità è risultata dell'88.4% con un intervallo di confidenza del 95. La percentuale di persone correttamente classificate è stata dell'83%.

La probabilità post-test stimata (PPV) è stata del 93.2%, con un intervallo di confidenza pari al 95%; pertanto, la probabilità che un soggetto che risulta positivo sul test (ovvero $I_{3M} < 0.08$) abbia 18 anni o più è stata del 93.2%.

Considerazioni riguardo ai risultati ottenuti su Cile e Colombia

Gli studi effettuati consentono di valutare la precisione del metodo basato sull'indice del terzo molare ai fini dell'identificazione dei soggetti ritenuti maggiorenni.

Le due applicazioni, insieme ad altre portate avanti negli ultimi anni, si prefiggono lo scopo di aumentare sensibilmente il campione esaminato con questa tecnica, sia in senso numerico, ma soprattutto in relazione ai gruppi etnici ed alle popolazioni coinvolte. Dai risultati ottenuti si ha una conferma sia della metodologia applicata fino ad ora, che del valore 0.08 scelto come cut off.

Sensibilità %	Sensibilità %			N soggetti	N soggetti	
M	F			M	F	Age
96	86	Serbia	Zelic et al. 2016	290	299	13-24
94,6	85,9	Turchia	Gulsahi et al. 2016	128	165	14-22
94,1	75,4	Albania	Cameriere et al. 2014	134	152	15-22
91,7	95,1	Colombia	De Luca et al. 2016	125	163	13-22
91,2	84,3	Croazia	Galić et al. 2015	578	758	14-23
90,9	90,6	Libia	Dardouri et al. 2016	144	163	14-22
90	90	Australia	Franklin et al. 2016	72	71	14-22
88	88	Botswana	Cavric et al. 2016	582	712	13-23

Tabella 15: i valori di sensibilità rilevati nei campioni maschili delle diverse popolazioni, in ordine decrescente.

Sensibilità %	Sensibilità %			N soggetti	N soggetti	
M	F			M	F	Age
91,7	95,1	Colombia	De Luca et al. 2016	125	163	13-22
90,9	90,6	Libia	Dardouri et al. 2016	144	163	14-22
90	90	Australia	Franklin et al. 2016	72	71	14-22
88	88	Botswana	Cavric et al. 2016	582	712	13-23
96	86	Serbia	Zelic et al. 2016	290	299	13-24
94,6	85,9	Turchia	Gulsahi et al. 2016	128	165	14-22
91,2	84,3	Croazia	Galić et al. 2015	578	758	14-23
94,1	75,4	Albania	Cameriere et al. 2014	134	152	15-22

Tabella 16: i valori di sensibilità rilevati nei campioni femminili delle diverse popolazioni, in ordine decrescente.

I valori di sensibilità relativa ai soggetti di sesso maschile collocano il campione colombiano al quarto posto (Tab. 15) rispetto alle serie analizzate, dopo Serbia (96%), Turchia (94.6%) e Albania (94.1%); mentre il valore della sensibilità del campione femminile risulta il migliore tra quelli ottenuti nelle popolazioni analizzate fino a questo momento (Tab. 16).

Oltre ai dati disponibili e sintetizzati nelle tabelle 15 e 16, relativi ai campioni analizzati a classi sessuali separate, altri valori di sensibilità sono stati rilevati in altri studi dove i campioni sono stati analizzati nella loro complessità, non ripartiti quindi in base al sesso. Questi valori sono: 70% per il campione italiano (Cameriere *et al.* 2008) e 86.6% (De Luca *et al.* 2014) e 77.4% (Deitos *et al.* 2015) per il campione brasiliano. A questi va aggiunto il valore di 70.5% ottenuto sul campione del Cile.

Oltre ai valori di sensibilità, come detto, nel caso di accertamento dell'età di soggetti minori, è importante che la metodologia impiegata abbia un valore molto basso di minori erroneamente classificati, pertanto è importante verificare in questo caso i valori della specificità.

Per quanto riguarda la specificità del campione maschile, il campione della Colombia ha mostrato valori alti, ma non altissimi e si è posizionato al settimo posto su 8 popolazioni analizzate (Tab. 17); lo stesso risultato è stato ottenuto per la specificità del campione femminile (Tab. 18).

specificità %	specificità %		
M	F		
100	100	Libia	Dardouri et al. 2016
100	100	Turchia	Gulsahi et al. 2016
94	98	Serbia	Zelic et al. 2016
94	96	Bosswana	Cavric et al. 2016
91,9	95,4	Croazia	Galić et al. 2015
90,9	96,6	Albania	Cameriere et al. 2014
90,6	93,8	Colombia	De Luca et al. 2016
85	88	Australia	Franklin et al. 2016

Tabella 17: i valori di specificità rilevati nei campioni maschili delle diverse popolazioni, ordinati per valori decrescenti.

specificità %	specificità %		
M	F		
100	100	Libia	Dardouri et al. 2016
100	100	Turchia	Gulsahi et al. 2016
94	98	Serbia	Zelic et al. 2016
90,9	96,6	Albania	Cameriere et al. 2014
94	96	Botswana	Cavric et al. 2016
91,9	95,4	Croazia	Galić et al. 2015
90,6	93,8	Colombia	De Luca et al. 2016
85	88	Australia	Franklin et al. 2016

Tabella 18: i valori di specificità rilevati nei campioni femminili delle diverse popolazioni, ordinati per valori decrescenti.

Per una valutazione complessiva bisogna inoltre tenere in considerazione i valori di specificità ottenuti sui campioni italiani, ossia 98% (Cameriere *et al.* 2008) e 95.7% (De Luca *et al.* 2014), sul campione brasiliano, ossia 86.2% (Deitos *et al.* 2015), e sul campione del Cile (88.4%), che riportano i dati rispetto al campione totale. Quindi, anche i dati di cui ora si dispone per la popolazione colombiana, si inseriscono nei valori di specificità compresi tra il 98% del campione italiano e l'86% del campione brasiliano.

Come è possibile desumere dai dati sintetizzati nelle tabelle 17 e 18 il metodo dell'indice del terzo molare ha dato, da questo punto di vista, risultati davvero positivi nell'applicazione sulle popolazioni della Libia e della Turchia, dove sia per il gruppo dei maschi, che per quello delle femmine, la specificità è risultata del 100%, pertanto nessun minore è stato erroneamente classificato utilizzando il cut-off di 0.08 in queste due popolazioni.

III) Il metodo basato sull'apposizione della dentina secondaria

Relativamente all'applicazione effettuata con il metodo basato sulla riduzione della cavità pulpare, purtroppo si deve constatare che non sono stati prodotti risultati validi; tuttavia si cercherà di analizzare le problematiche che possono aver minato alla base lo studio.

Il campione sottoposto ad esame non è particolarmente numeroso, sono stati indagati solo 61 soggetti, per ciascuno dei quali sono stati radiografati tutti i denti monoradicolarati che potevano essere estratti.

In una fase preliminare della rielaborazione, sono state utilizzate le misurazioni relative alle radiografie dei canini per valutare la precisione della formula nel campione esaminato. Tendenzialmente possiamo rilevare che solo la metà delle misurazioni effettuate ha prodotto risultati positivi, permettendo di stimare l'età con un grado di precisione di ± 4 anni, valore che risulta sicuramente elevato rispetto ai margini di errore di un paio d'anni solitamente associati a questo metodo.

Oltre a questo, molti valori sono risultati completamente errati, con margini d'errore oltre i 10/15 anni e in alcuni casi non è stato ottenuto alcun risultato.

Alla luce dei margini di errore associati alle misurazioni delle radiografie dei canini, che da sempre sono i denti che hanno permesso una miglior stima dell'età con questa metodologia, si è deciso di non proseguire ulteriormente con la rielaborazione dei dati, nella convinzione che ci fosse stato, alla base dello studio, un errore di fondo.

Come detto si cercherà di elaborare delle possibili spiegazioni relative all'insuccesso di questo studio.

1) L'apparecchio utilizzato per effettuare le radiografie è un radiografico portatile, che non essendo munito di alcun supporto è stato necessariamente impugnato dall'operatore.

Il tempo di esposizione è stato mantenuto costante; mentre si è tentato di mantenere costante la distanza tra il sensore e l'apparecchio (6-7 cm circa), così come si è cercato di mantenere sempre la posizione corretta con il radiografico perpendicolare al sensore. Non siamo in grado di dire se l'inesperienza dell'operatore o la mancanza di un supporto fisso possano aver avuto come conseguenza la distorsione delle immagini radiografiche

con conseguente misurazione errata della cavità pulpare e dell'area del dente. Questa è una delle possibili cause d'errore.

In realtà il fatto che nella formula venga inserito il rapporto tra le dimensioni è già di per sé un'accortezza introdotta per ovviare a problemi legati alla distorsione dell'immagine, ma forse in presenza di marcate alterazioni questo espediente non è sufficiente.

2) L'apparecchio radiografico utilizzato produce delle radiografie di buona qualità con buona risoluzione. Si tratta di immagini in "scala di grigi". Non è escluso ad un occhio non allenato nella lettura delle radiografie, la scala di grigi possa risultare fuorviante, mentre un'immagine con contrasto molto più marcato poteva forse essere più indicata per l'identificazione della cavità pulpare.

3) Le misurazioni sono state effettuate ingrandendo l'immagine sullo schermo del computer, in modo che il dente occupasse quasi tutto lo schermo. Anche questo potrebbe aver causato una distorsione ed un errore conseguente; forse un'immagine più ridotta avrebbe permesso di identificare la cavità pulpare al meglio.

4) In molte radiografie si è riscontrata la difficoltà oggettiva nell'identificare la cavità pulpare. Di solito questo problema è stato osservato nella parte sommitale della cavità, dove non è stato possibile osservare un margine netto. Era infatti visibile un'area grigia sfumata all'interno della quale non era ben chiaro dove fosse la chiusura della cavità pulpare. A questo proposito sono state fatte alcune riflessioni, che però non hanno trovato riscontro nelle pubblicazioni consultate.

Come detto il fenomeno dell'apposizione della dentina secondaria è costante e continuo nel tempo. All'interno della cavità pulpare la dentina si appone soprattutto sul tetto e sulle pareti della camera. In teoria quindi, in un soggetto di età media la cavità pulpare presenta dimensioni ridotte a causa della formazione della dentina secondaria, che ha iniziato a depositarsi sul limite superiore della cavità pulpare "originaria".

Prendendo in esame un dente quindi, dall'esterno verso l'interno dovremmo trovare un primo limite, meno evidente e più labile, che dovrebbe corrispondere al limite iniziale della cavità pulpare, e un secondo limite più interno, che dovrebbe invece essere più netto e dovrebbe coincidere con la cavità pulpare ancora "libera".

Il fatto che si sia riscontrata la difficoltà, in molte radiografie, nell'identificazione della parte superiore potrebbe essere quindi legata a quanto appena detto.

In questi casi forse sarebbe stato opportuno misurare quella che poteva essere la cavità più ridotta.

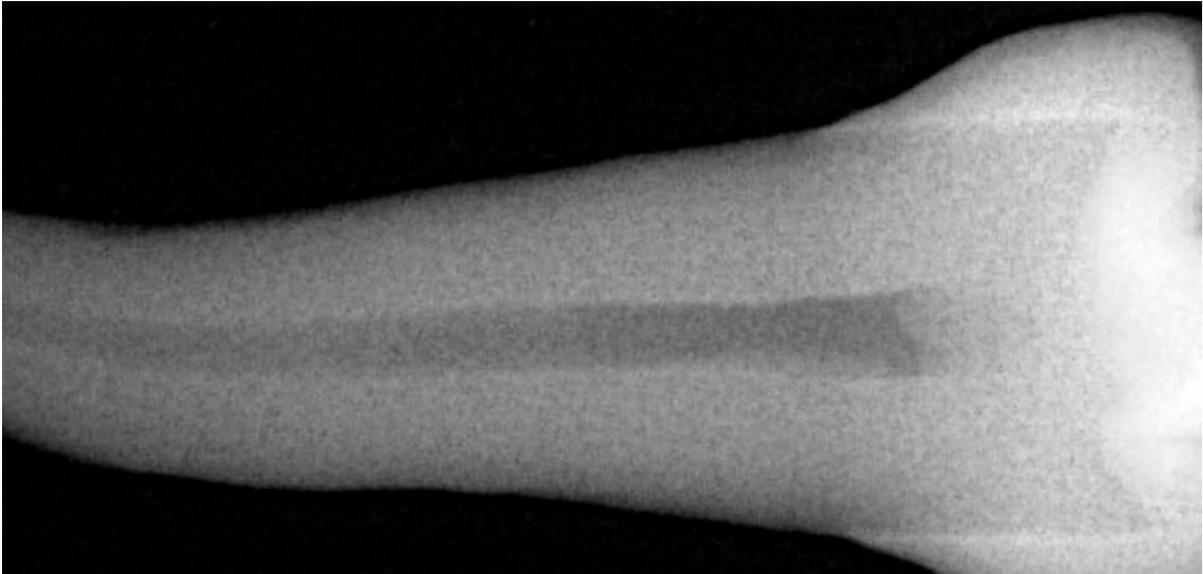


Figura 36: radiografia di un premolare con relativo ingrandimento.

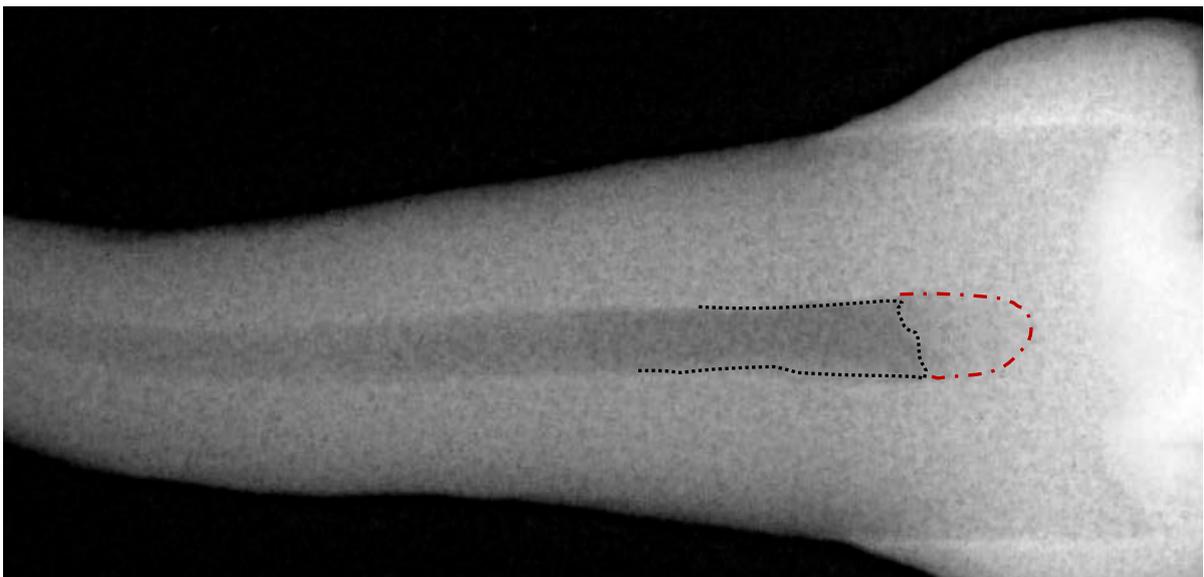


Figura 37: i due limiti visibili sulla radiografia

Le figure 36 e 37 mostrano come oltre il limite superiore della cavità pulpare sia presente un alone grigio che potremmo verosimilmente interpretare come l'area in cui si è depositata la dentina secondaria.

Come si può verificare dalla figure 38 la delimitazione della cavità pulpare nella parte sommitale può costituire un problema, data la presenza di un'area sfumata che non presenta limiti definiti.

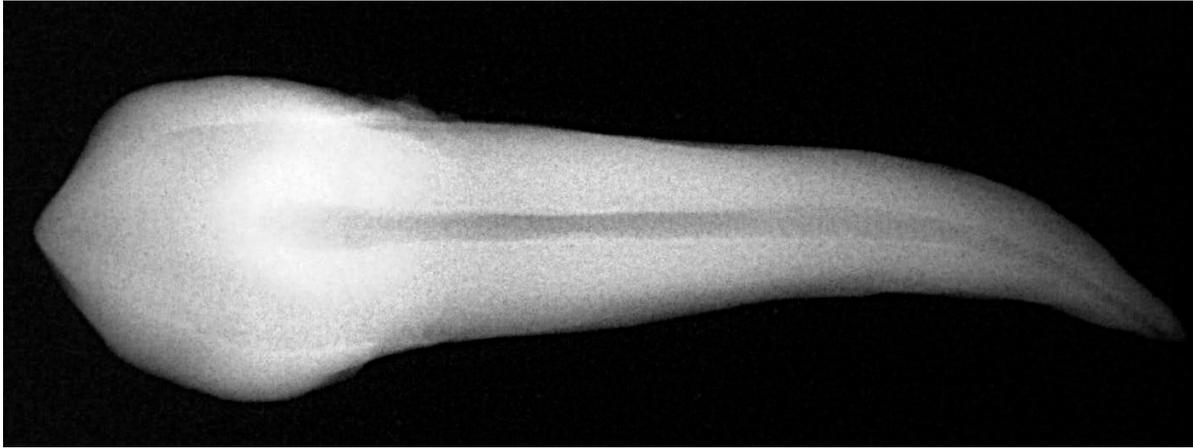


Figura 38: radiografia di un canino.

DISCUSSIONE

Nonostante non siano stati evidenziati grossi problemi tecnici relativi alle metodologie applicate, alcuni elementi potrebbero essere messi a punto per cercare di migliorarle.

La tecnica basata sulla misurazione della radiografia del carpo come detto, necessita semplicemente di una migliore definizione riguardante la delimitazione dell'area del palmo; per il resto il metodo risulta facile da applicare e abbastanza veloce. L'errore associato alla stima dell'età è molto contenuto e pertanto la metodologia può trovare impiego in campo forense. Il limite oggettivo resta legato al fatto che, quando il soggetto presenta le estremità di ulna e radio fuse alle diafisi, senza linea di fusione evidente, il metodo non possa più essere impiegato.

La metodologia basata sull'analisi del terzo molare è quella in assoluto più chiara, ed anche i risultati che si ottengono con essa mostrano un andamento piuttosto omogeneo nell'applicazione alle varie popolazioni. Nonostante quindi il terzo molare sia sempre stato molto criticato per la sua variabilità, la sua formazione può essere relazionata all'età cronologica del soggetto.

Il limite di applicazione resta legato al fatto che sovente questo dente può risultare agenesiaco oppure potrebbe essere volutamente estratto per non fornire elementi utili all'accertamento. Ovviamente riguardo a questa seconda possibilità non possono essere proposte soluzioni, mentre riguardo al fatto che possa essere agenesiaco, si potrebbe indicare, negli studi futuri, il numero dei soggetti eliminati dal campione a causa dell'agenesia e/o anche segnalare il numero dei soggetti per i quali è stata riscontrata una marcata differenza di mineralizzazione tra i due denti del giudizio. Questo non

contribuirebbe a migliorare la metodologia in sé, ma potrebbe comunque incrementare le informazioni a disposizione.

La metodologia relativa alla riduzione della cavità pulpare, analizzata nei denti monoradicolti, non è stata portata a conclusione a causa di una serie di incertezze e problematiche che molto probabilmente, sommate tra loro, hanno contribuito a minare lo sviluppo del lavoro fin dalle basi.

Come dimostrato dalle diverse metodologie sviluppate nel tempo, l'apposizione della dentina secondaria è ritenuto un ottimo indicatore d'età che è stato indagato, con diverse tecniche e misurato secondo varie indicazioni: alcuni metodi prevedono la rilevazione di misure lineari come lunghezze e larghezze (Kvall *et al.* 1995; Ikeda *et al.* 1985), altri prevedono invece la misurazione di aree (Cameriere *et al.* 2004b, Cameriere *et al.* 2007a); infine, con le più moderne tecnologie, si è pensato di rilevarne i volumi (Vandevoort *et al.* 2004; Yang *et al.* 2006; Someda *et al.* 2009; Aboshi *et al.* 2010).

In uno studio molto recente (Marroquin *et al.* 2017) è stata fornita una visione globale su queste metodologie. In particolare rispetto agli studi effettuati secondo le indicazioni di Kvall *et al.* (1995) o secondo variazioni successive, che prevedono quindi una rilevazione di dimensioni lineari, è stato riscontrato che:

- in 3 studi il sesso non ha interferito sui risultati, mentre in 2 studi è stato affermato il contrario;
- il dente che ha mostrato i risultati migliori è risultato il canino inferiore;
- i metodi hanno mostrato un alto livello di riproducibilità;
- il dente che ha prodotto la più bassa correlazione intra-osservatore è stato l'incisivo laterale inferiore.

Per quanto riguarda i lavori nei quali sono state rilevate delle aree, sempre la sintesi di Marroquin ha rivelato che:

- nella maggior parte degli studi è stato notato che il sesso non è una variabile rilevante, tuttavia in una minima parte dei lavori si asserisce anche il contrario;
- l'errore associato a queste metodologie è variabile, da ± 1.2 a $\pm 12-13$ anni;
- solo uno studio riporta un significativo errore intra-osservatore negli incisivi laterali e nei primi premolari, tuttavia non tutti gli studi riportano dati relativi a questo tipo di informazione.

Per quanto riguarda invece i metodi che valutano il volume è stato osservato che:

- 9 studi indicano che il sesso non è rilevante, mentre solo 3 riferiscono che il modello è risultato più accurato per il campione femminile.

Si ritiene che sia molto complicato ottenere una visione chiara da una valutazione complessiva di queste metodologie, poiché le variabili in gioco sono davvero molte, dal numero dei soggetti al tipo di dente, dal tipo di immagine (rx periapicale o panoramica) al software utilizzato come supporto; tuttavia si può se non altro notare che l'informazione riguardante l'interferenza o meno del sesso del soggetto induce cautela a tal proposito.

Questioni aperte

Come detto uno dei problemi che riguarda tutti i metodi di determinazione dell'età è la difficoltà nell'individuazione dei soggetti over 50 anni che potrebbe essere connessa anche con la sottorappresentazione di questi soggetti nei campioni utilizzati per sviluppare le diverse metodologie.

Tutti i metodi tradizionali di stima dell'età sono stati sviluppati su campioni con meno del 25% degli individui di età superiore a 60 anni; tra questi il metodo che presenta una percentuale maggiore di questi soggetti è il metodo Todd. Nonostante questo studio sia stato basato su un campione dove il 24% dei soggetti era oltre i 60 anni, l'ultima fase del metodo Todd è semplicemente definita come "50 anni +" senza una descrizione dei cambiamenti degenerativi che si verificano una volta che l'individuo ha raggiunto la piena maturità. (Merrit 2013: 104).

Per affrontare questo problema, una tendenza comune tra i metodi sviluppati o rivisti in momenti più recenti, ha visto uno sforzo nell'inserire i soggetti maturi/senili nei campioni che servono per mettere a punto nuove metodologie (Tab. 19).

	Reference	N	% of sample over age 60
New and Revised Methods	DiGangi et al.	N/A	N/A
	Hartnett Ribs	252/630	40%
	Passalacqua	216/635	34%
	Buckberry & Chamberlain	86/180	48%
	Rougé-Maillart et al.	12/52	23%
	Hartnett Pubic Symphysis	250/620	40%
Original Methods	Kunos et al.	16/74	22%
	İşcan et al.	23/118	19%
	Lovejoy et al.	N/A	13% ^a
	Todd	73/305	24%
	Suchey-Brooks	151/1012	15%

Tabella 19: numero degli individui e percentuale del campione dei soggetti over 60 anni (da Merrit 2013: p. 104).

Negli ultimi anni i nuovi metodi proposti presentano una percentuale dei soggetti over 60 anni maggiore del 25%; tra questi, spiccano tre nuove metodologie che hanno analizzato campioni con il 40% o più di soggetti maturi/senili.

L'analisi di comparazione condotta da Merrit nel 2013 mostra che quando i campioni sono analizzati per classi d'età, i metodi tradizionali presentano maggiore precisione nell'identificazione dei soggetti tra i 20 e i 39 anni. Per gli individui tra i 40 e i 59 anni, i metodi più recenti hanno leggermente migliorato la precisione, mentre per i soggetti maggiori di 60 anni, i metodi più recenti hanno notevolmente migliorato i risultati. I metodi più recenti sono stati sviluppati utilizzando una percentuale più elevata di individui over 60 anni, consentendo così ai ricercatori di identificare meglio questa categoria di soggetti.

Nel 2015 il lavoro presentato da Fabbri *et al.* ha visto l'applicazione del metodo Cameriere della riduzione della cavità pulpare all'analisi di un campione di sepolture neolitiche della Puglia. Nello specifico l'età ottenuta dalla radiografia dei canini, è stata confrontata con l'età ottenuta attraverso lo studio di altri indicatori scheletrici/dentari. Nell'articolo si sottolinea che il metodo è preciso e permette di stimare l'età anche per i soggetti maturi ("CRA –Canine Radiological Age- method is that it is precise and accurate even in older individuals, whereas skeletal methods are not" da Fabbri *et al.* 2015: p.428).

Può risultare utile a questo punto analizzare la composizione del campione utilizzato per sviluppare la formula dei canini, per verificare la percentuale dei soggetti over 50 anni.

Nello specifico, le formule applicate in Fabbri *et al.* 2015 sono le seguenti:

-Canino superiore: $Age = 100.598 - 544.433 \text{ Rau}$ (dove Rau è pulp area/tooth area)

e

-Canino inferiore: $Age = 91.362 - 480.901 \text{ RAI}$ (dove Rai è pulp area/tooth area)

Si tratta quindi delle formule sviluppate in seguito allo studio congiunto del campione italo-portoghese (Cameriere *et al.* 2009), che presenta una suddivisione dei soggetti nelle classi d'età come specificato in tabella 20.

Age	Males		Females		Total
	Coimbra	Bologna	Coimbra	Bologna	
20-29	10	11	10	8	39
30-39	12	14	10	9	45
40-49	10	12	10	10	42
50-59	14	13	12	9	48
60-69	10	5	11	2	28
>70	10	2	10	5	27
Total	66	57	63	43	229

Tabella 20: analisi del campione italiano e portoghese, analizzati a classi d'età e sessi separati.

Come emerge dai valori riportati nella tabella, il campione utilizzato per derivare queste formule presenta al suo interno un buon numero di soggetti over 50 anni; per la precisione sul totale di 229 soggetti, 103 soggetti (44.9% del campione) sono di età maggiore di 50 anni.

Confrontando questo dato con le informazioni relative ad alcuni metodi di stima dell'età (Merrit 2013 e Tab. 19) possiamo asserire che probabilmente proprio l'inserimento nel campione studiato, di un numero così elevato di soggetti maturi è la motivazione che rende possibile l'identificazione di questi soggetti utilizzando il metodo Cameriere della riduzione della cavità pulpare.

Sfruttando queste considerazioni si potrebbe pensare di sviluppare la metodologia proprio in questa direzione.

Potrebbe essere interessante mettere insieme un campione di denti costituito soltanto da soggetti maturi e senili, al fine di predisporre una formula specifica per questa classe d'età. In linea teorica la formula dovrebbe risultare vantaggiosa per la specifica individuazione di questi soggetti.

Nella pratica sarebbe necessario effettuare una sorta di preclassificazione del soggetto, come quella ad esempio che applicano all'Istituto di Medicina Legale di Montpellier relativa alla Two-Step Procedure (Baccino e Smith 2006) e una volta stabilito che si tratta di un soggetto maturo/senile applicare la formula specifica per quella determinata classe d'età.

CONCLUSIONI

Le metodologie di stima dell'età sono un tema di ricerca che risulta particolarmente attuale, considerate le ondate migratorie che hanno coinvolto l'Europa negli ultimi anni; trovano una loro applicazione infatti nell'accertamento dell'età sul vivente, ma anche in medicina legale nell'identificazione di corpi o resti scheletrici di ignoti ed infine nelle discipline antropologiche che studiano le popolazioni del passato.

L'accertamento dell'età è una pratica fondamentale per garantire i diritti dei minori che, per poter essere tutelati, devono prima di tutto essere identificati.

La regolamentazione di questo campo attraverso semplici linee guida, indicazioni o raccomandazioni, a livello nazionale ed internazionale, ha avuto come ovvia conseguenza l'attuazione di diverse pratiche nei diversi stati europei, talvolta persino nelle diverse regioni di uno stesso stato. Questa realtà stride con il concetto unitario d'Europa, perché si deve garantire lo stesso livello di protezioni ai soggetti in ciascuno stato membro. I soggetti non possono sentirsi più tutelati e protetti in uno stato, rispetto ad un altro.

I medici legali, gli antropologi, gli odontoiatri forensi, i radiologi e tutte le professionalità coinvolte nella pratica dell'accertamento, sono costantemente schiacciati da forze opposte, che possono essere magistralmente riassunte dalla dicotomia di base esistente tra i due concetti simbolo dei due ambiti contrapposti: l'età cronologica per il mondo giuridico e l'età fisiologica per il mondo biologico.

Risulta infatti evidente il contrasto tra delle metodologie che non possono arrivare a determinare l'età di un soggetto con la precisione assoluta, ma solamente con un certo grado di probabilità e la richiesta da parte dell'autorità giudiziaria di una perizia in tal senso che debba andare "oltre ogni ragionevole dubbio".

È chiaro quindi che la variabilità umana, l'errore insito nelle metodologie e negli strumenti, la discrezionalità della valutazione di ciascun professionista, contrastano con la richiesta di precisione e accuratezza necessarie in ambito giuridico, dove è auspicabile fornire un intervallo di anni relativo all'età del soggetto, il più contenuto possibile. Tuttavia bisogna tenere presente che riducendo il *range* d'età, aumenta la probabilità di eliminare accidentalmente la vera identità dell'individuo. Al contrario, un intervallo di età più ampio può più probabilmente includere la vera età del soggetto. Nonostante queste considerazioni, una stima d'età effettuata in modo troppo allargato può non essere utile

quando si tenta di identificare un corpo cercando una corrispondenza nell'elenco delle persone scomparse.

Allo stato di fatto, la questione etica legata all'utilizzo dei raggi X previsti solo per motivi clinici e non giustificati quindi, secondo le norme, per accertamenti a carattere amministrativo, non consente di fare passi avanti nella messa a punto di metodologie più specifiche, dato che le tecnologie alternative non forniscono al momento risultati validi quanto quelli ottenuti con l'indagine tramite radiografia.

Molti dei dati utilizzati come standard di riferimento si basano sull'analisi di soggetti europei o nordamericani, e non risultano adatti, essendo stati raccolti diverse generazioni fa (spesso utilizzando campioni militari, archeologici o cimiteriali) allo studio della situazione contemporanea.

La complessa mobilità, le migrazioni globali, i fattori ambientali e l'aumento dei matrimoni misti sono elementi che caratterizzano le società moderne, elementi che hanno sicuramente avuto ripercussioni sulle caratteristiche delle popolazioni, mentre una volta i cambiamenti avvenivano meno repentinamente, perché questi fattori erano molto ridotti.

C'è quindi un interesse ed un'attesa verso studi di "aggiornamento" di questi standard che tengano presente sia il *secular trend* sia le "altre" popolazioni, quelle maggiormente coinvolte dalle pratiche di accertamento attuali.

Quello che può essere fatto in questo momento e con queste premesse, è quindi valutare le metodologie disponibili, sottoponendo ad analisi campioni di diverse aree geografiche.

L'altro grande dilemma legato alle tecniche impiegate è se metodologie nate per valutare la corretta crescita dei soggetti possano essere affidabili nella derivazione dell'età anagrafica degli individui.

La risposta a questa domanda è nei risultati delle applicazioni, che confermano e convalidano l'utilizzo di queste metodologie, pur manifestando la necessità di messe a punto e di specifiche revisioni in base alla provenienza geografica dei soggetti.

Per quanto è stato possibile valutare le metodologie analizzate si confermano valide per l'applicazione in ambito forense: risultano infatti semplici nell'apprendimento e nella messa in pratica, veloci ed economiche in quanto non richiedono attrezzature particolarmente sofisticate.

Oltre a questo i valori di sensibilità e specificità del metodo dell'indice del terzo molare evidenziano come la scelta del valore 0.08 come cut-off sia corretta, in quanto permette di distinguere tra maggiorenni e minorenni senza riportare un numero eccessivo di minorenni erroneamente classificati come adulti.

Anche i valori riportati rispetto a ripetibilità e riproducibilità dei metodi sono buoni.

Non resta quindi altro da fare che continuare ad analizzare campioni di popolazioni differenti, per verificare il margine d'errore delle tecniche che scaturisce dalle differenti caratteristiche biologiche delle popolazioni.

È chiaro che, data l'emergenza attuale legata all'immigrazione, sarebbe teoricamente opportuno e realmente necessario valutare la precisione e l'affidabilità di questi metodi nello studio delle popolazioni che principalmente sono coinvolte nelle migrazioni; tuttavia è evidente che questa necessità si scontra con realtà sociali e civili che in questo momento non consentono lo scambio di informazioni di questo tipo.

Se tuttavia l'emergenza legata all'immigrazione ha costituito una nuova spinta alla ricerca e ha confermato la validità delle indagini in questo settore, si deve purtroppo constatare che l'applicazione delle metodologie è rimasta relegata al campo "teorico" della ricerca, non trovando spazio nella gestione pratica dell'emergenza.

Forse ancor più grave del mancato coinvolgimento pratico, è l'assenza di dialogo con il mondo politico, sociale e legislativo, mentre la conoscenza delle problematiche di base, delle linee di sviluppo intraprese e delle applicazioni effettuate fino ad ora, sono un presupposto necessario per arrivare alla regolamentazione e all'uniformizzazione (tanto auspiccate!) di questo settore.

BIBLIOGRAFIA

Aboshi et al 2010

Aboshi H, Takahashi T, Komuro T
Age estimation using microfocus X-ray computed tomography of lower premolars.
Forensic Sci Int (2010), 200 (1–3) 35–40.

Acsádi e Nemeskéri 1970

Acsádi G, Nemeskéri J
History of human life, span and mortality, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1970.

Alcina et al 2015

Alcina M, Lucea A, Salicrú M, Turbón D
Reliability of the Greulich & Pyle method for bone age estimation in a Spanish sample.
J Forensic Leg Investig Sci (2015), 1:003.

Aynsley-Green A et al 2012

Aynsley-Green A, Cole TJ, Crawley H, Lessof N, Boag LR, Wallace RMM
Medical, statistical, ethical and human rights considerations in the assessment of age in children and young people subject to immigration control.
British Medical Bulletin (2012), 102: 17-42.

Azvedo et al 2014

Azevedo AC, Michel-Crosato E, Biazevic MGH, Galić I, Merelli V, De Luca S, Cameriere C
Accuracy and reliability of pulp/tooth area ratio in upper canines by peri-apical X-rays
Legal Medicine (2014), 16: 337–343

Baccino, Schmitt 2006

Baccino E, Schmitt A
Determination of adult age at death in Forensic Context,
In Forensic Anthropology and medicine – Complementary Sciences from Recovery to Cause of death-, Schmitt A, Cunha E, Pinheiro J (eds), Humana Press, Totowa NJ, 2006.

Baccino et al 1991

Baccino E., Tavernier JC., Lamendin H., Frammery D, Nossintchouk R, Humbert JF
Recherche d'une méthode multifactorielle simple pour la détermination de l'âge des cadavres adultes.
J Med Leg Droit Med (1991), 34:27–33.

Baccino et al 2000

Baccino E, Souaiby N, Vergnes MD
Evaluation of the Işcan method for age determination from the sternal end of the fourth rib on a French forensic male sample ($n = 131$): results and propositions of modifications.
Proceedings of the American Academy of Forensic Sciences, 52nd annual meeting, Reno, NV, 2000.

Baccino et al 2001

Baccino E, Cuesta Tormo MC, Souaiby N, et al.
Evaluation of the Işcan method for age determination from the sternal end of the fourth rib on a French forensic male sample ($n = 131$) and a Spanish forensic female sample ($n = 168$): results and propositions of modifications.

Indopacific Association of Legal Medicine and Forensic Sciences, Melbourne, Australia, September 2001.

Baher 1984

Baker RK

Relationship of cranial suture closure and age analyzed in a multiracial sample of males and females.

Thesis California State University, 1984.

Baikstra, Ubelaker 1994

Baikstra JE, Ubelaker DH

Standards -for data collection from human skeletal remain-
Arkansas Archeological Survey Research serie N° 44, 1994

Bang e Ramm 1970

Bang G, Ramm E

Determination of age in humans from root dentin transparency.

Acta Odont Scand (1970), 28:3-35.

Baysson et al. 2006

Baysson H, Etard C, Brisse HJ, Bernier MO

Diagnostic radiation exposure in children and cancer risk. Current knowledge and perspectives.

Arch Pediatr (2012); 19:64–73.

Benso, Milani 2013

Benso L, Milani S

Alcune considerazioni sull'uso forense dell'età biologica.

Berkovitz et al. 1992

Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ

A Colour Atlas and Textbook of Oral Anatomy, Histology and Embryology (second edition). Wolfe Publishing Ltd, 1992.

Bodecker 1926

Bodecker CF

Fundamentals of Dental Histology and Embryology, New York, MacMillan Co, 1926,p. 94-97.

Broca 1861

Broca P.

Sur le volume et la forme du cerveau suivant les individus et la race.

Bull Soc Anthropol Paris II (1861):139-207.

Broca 1875

Broca P

Instructions craniologique et craniométriques.

Mém Soc d'Anthropol Paris II (1875), 2ème sér.

Brooke 1924

Brooke R

The sacro-iliac joint.

L Anat (1924),58: 299-305.

Brooks 1955

Brooks S.T.

Skeletal age at death: the reliability of cranial and pubic age indicators.
Am J Phys Anthrop (1955),13:567-589.

Brooks e Suchey 1990

Brooks S, Suchey JM

Skeletal age determination based on the os pubis: a comparison of the Ascádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods.
Journal of Human Evolution (1990),5:227-238.

Buckberry e Chamberlain 2002

Buckberry JL, Chamberlain AT

Age estimation from the auricular surface of the ilium: a revised method.
Am J Phys Anthrop (2002),119 : 231-239.

Burns e Maples 1976

Burns KR, Maples WR

Estimation of age from individual adult teeth.
J Forensic Sci (1976),21(2): 343-356.

Cameriere, Ferrante 2008

Cameriere R, Ferrante L

Age estimation in children by measurement of carpals and epiphyses of radius and ulna and open apices in teeth: a pilot study
Forensic Sci Int (2008), 174:60-63

Cameriere, Ferrante 2010

Cameriere R, Ferrante L

Canine pulp ratios in estimating pensionable age in subjects with questionable documents of identity.
Forensic Sci Int (2010), 206(1-3):132-5.

Cameriere et al. 2004a

Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M

Precision and Reliability of Pulp/Tooth Area Ratio (RA) of Second Molar as Indicator of Adult Age.
J Forensic Sci , (2004), 49(6):1-5.

Cameriere et al. 2004b:

Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M (2004)

Variations in Pulp/Tooth Area Ratio as an Indicator of Age: a Preliminary Study.
J Forensic Sci (2004), 49 (2):1-3.

Cameriere et al. 2006a

Cameriere R, Ferrante L, Mirtella D, Cingolani M

Carpals and epiphyses of radius and ulna as age indicators
Int J Leg Med 120 (2006): 143-146

Cameriere et al 2006b

Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M

Age estimation in children by measurement of open apices in teeth
Int J Legal Med (2006),120:49-52

Cameriere et al 2006c

Cameriere R, Brogi G, Ferrante L, Mirtella D, Vultaggio C, Cingolani M, Fornaciari G
Reliability in Age determination by Pulp/Tooth Ratio in upper canines in skeletal remains.
J Forensic Sci (2006), 51 (4): 861-864.

Cameriere et al. 2007a

Cameriere R, Ferrante L, Belcastro M G, Bonfiglioli B, Rastelli E, Cingolani M
Age estimation by pulp/tooth ratio in canine by peri-apical X rays.
J Forensic Sci (2007), 52 (1): 1-5.

Cameriere et al. 2007b

Cameriere R, Ferrante L, Belcastro M G, Bonfiglioli B, Rastelli E, Cingolani M
Age estimation by pulp/tooth ratio in canines by mesial and vestibular peri-apical x-rays
J Forensic Sci (2007), 52 (5): 1151-1155

Cameriere et al. 2008a

Cameriere R, Ferrante L, Ermenc B, Mirtella D, Štrus K
Age estimation using carpals: Study of a Slovenian sample to test Cameriere's method.
Forensic Sci Int (2008), 174:178-181.

Cameriere et al 2008b

Cameriere R, Ferrante L, De Angelis D, Scarpino F, Galli F
The comparison between measurement of open apices of third molars and Demirjian stage to
test chronological age of over 18 year old in living subject.
Int J Legal Med (2008), 122:493-497.

Cameriere et al 2009

Cameriere R, Cuhna E, Sassaroli E, Nuzzolese E, Ferrante L
Age estimation by pulp/tooth area ratio in canines: study of a Portuguese sample to test
Cameriere's method.
Forensic Sci Int (2009), 193: 128.e1-128.e6.

Cameriere et al. 2012a

Cameriere R, De Luca S, Alemán I, Ferrante L, Cingolani M
Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography.
Forensic Sci Int (2012), 214: 105-112.

Cameriere et al 2012b

Cameriere R, De Luca S, Cingolani M, Biagi R, Cingolani M, Ferrante L
Accuracy of three age estimation methods in children by measurements of developing teeth and
carpals and epiphyses of the ulna and radius
J Forensic Sci 57 (2012), 5:1263-70

Cameriere et al 2012c

Cameriere R, Cingolani M, Giuliadori A, De Luca S, Ferrante L
Radiographic analysis of epiphyseal fusion at knee joint to assess likelihood of having attained 18
years of age.
Int J Legal Med.(2012);126(6):889-99

Cameriere et al. 2013

Cameriere R, Cuhna E, Wasterlain SN, De Luca S, Sassaroli E, Pagliara F, Nuzzolese E, Cingolani M,
Ferrante F

Age estimation by pulp/tooth ratio in lateral and central incisors by peri-apical x-ray.
Journal of Forensic and Legal Medicine (2013), 20: 530-536.

Cameriere et al 2014

Cameriere R, Santoro V, Roca R, Lozito P, Introna F, Cingolani M, Galic I, Ferrante L
Assessment of legal adult age of 18 by measurement of open apices of the third molars: Study on the Albanian sample.
Forensic Sci Int (2014), 245:205.e1–205.e5

Cameriere et al. 2015a

Cameriere R, De Luca S, Egidi N, Bacaloni M, Maponi P, Ferrante L, Cingolani M
Automatic age estimation in adults by analysis of canine pulp/tooth ratio: preliminary results.
Journal of Forensic Radiology and Imaging (2015), 3: 61-66.

Cameriere et al 2015b

Cameriere R, Giuliadori A, Zampi M, Galic I, Cingolani M, Pagliara F, Ferrante L
Age estimation in children and young adolescents for forensic purposes using fourth cervical vertebra (C4).
Int J Legal Med (2015), 129:347-355.

Cattaneo et al. 2008

Cattaneo C, De Angelis D, Gibelli D, Cameriere R, Grandi M
How old am I? Age estimation in living adults: a case report.
J Forensic Odontostomatol (2008), 27(2): 39-43

Cavrić et al 2016

Cavrić J, Galic I, Vodanović M, Brkić H, Gregov J, Viva S, Rey L, Cameriere R
Third molar maturity index (I_{3M}) for assessing age of majority in a black African population in Botswana.
Int J Legal Med (2016), 130: 1109-1120.

Chiaracane G 2014

Chiaracane G
La determinazione forense dell'età sullo scheletro del vivente: valutazione clinica e medico-legale.
These finale en "Sciences criminologiques", Université Européenne Jean Monnet, Bruxelles.

Costa 1986

Costa CR
Determination of age at death: dentition analysis.
In MR Zimmerman, JL Angel (eds.): Dating and Age Determination of Biological Materials.
London: Croom Helm, pp.248-269, 1986.

Dantas et al 2015

Dantas I, Pontual A, Almeida M, Lucena M, Beltrao R, Ramos-Perez F, Pontual M
Evaluation of Greulich and Pyle method in the determination of bone age and chronological age in a Brazilian population.
Depósito legal (2015), 2005-5822.

Dardouri et al 2016

Dardouri AAK, Cameriere R, De Luca S, Vanin S

Third molar maturity index by measurements of open apices in a Libyan sample of living subjects.
Forensic Sci Intern (2016), 267: 230.e1-230.e6.

Dedouit et al 2012

Dedouit F, Auriol J, Rousseau H, Rougé D, Crubézy E, Telmon N
Age assessment by magnetic resonance imaging of the knee: A preliminary study.

Deitos et al 2015

Deitos AR, Costa C, Michel-Crosato E, Galić I, Cameriere R, Haye Biazevic MG
Age estimation among Brazilians: younger or older than 18?
J Forensic Leg Med (2015),33:111-115.

De Luca et al. 2010

De Luca S, Alemán, Bertoldi F, Ferrante L, Mastrangelo P, Cingolani M, Cameriere R
Age estimation bu pulp/tooth ratio in canines by periapical x-rays: reliability in age determinationof spanish and italian medieval skeletal remains.
J Archeol Sci (2010),37: 3048-3058.

De Luca et al. 2011

De Luca S, Bautista J, Alemán I, Cameriere R
Age-at-death estimation by pulp/tooth area ratio in canine: study of a 20th-century mexican sample of prisoners to test Cameriere's method.
J Forensic Science (2011): 1-8.

De Luca et al 2014

De Luca S, Biagi R, Begnoni G, Farronato G, Cingolani M, Merelli V, Ferrante L, Cameriere R
Accuracy of Cameriere's cut-off value for third molar assessing 18 years of age.
Forensic Sci Int (2014),235102.e1-102.e6.

De Luca et al. 2016a

De Luca S, Maingiulli T, Merelli V, Conforti F, Velandia Palacio LA, Agostini S, Spinass E, Cameriere R
A new formula for assessing skeletal age in growing infants and children by measuring carpals and epiphyses of radio and ulna.
J For Legal Med (2016),39:109-116.

De Luca et al. 2016b

De Luca S, Aguilar L, Rivera M, Velandia Palacio LA, Riccomi G, Bestetti F, Cameriere R
Accuracy of cut-off value by measurement of third molar index: Study of a Colombian sample.
Forensic Sci Int (2016), 261: 160.e1-160.e5.

Demirjian et al. 1973

Demirjian A., Goldstein H., Tanner M
A new system of dental age assessment.
Hum Biol (1973), 45:2

Demirjian, Goldstein 1976

Demirjian A, Goldstein H
New system for dental maturity based on seven and four teeth
Ann Hum Biol (1976),3:411-421

DiGangi et al. 2009

DiGangi EA, Bethard JD, Kimmerle EH, Konigsberg LW.
A New Method for Estimating Age-at-death from the First Rib.
Am J Phys Anthropol (2009),138(2):164–176.

Drusini 1991

Drusini AG
Age-related changes in root transparency of teeth in males and females.
Am J Hum Biol (1991), 3:629-637.

Drusini 1997

Drusini AG
The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults.
Am J of Phys Anthropol (1997), 103:353-363.

Drusini et al 1997

Drusini A, Toso O, Ranzato C
The Coronal Pulp Cavity Index: a biomarker for age determination in human adults.
Am J Phys Anthropol (1997), 103:353-363.

Dvorak et al. 2007a

Dvorak J, George J, Junge A, Hodler J
Age determination by magnetic resonance imaging of the wrist in adolescent male football players.
Br J Sports Med (2007), 41(1): 45–52.

Dvorak et al. 2007b

Dvorak J, George J, Junge A, Hodler J
Application of MRI of the wrist for age determination in international U-17 soccer competitions.
Br J Sports Med (2007), 41(8): 497–500.

Dwight 1890

Dwight T
The closure of the sutures as a sign of age.
Boston Med Surg (1890), 122:389-392.

Dudar et al 1993

Dudar JC, Pfeiffer S, Saunders SR
Evaluation of morphological and histological adult skeletal age-at-death estimation techniques using ribs.
J Forensic Sci (1993), 38:677-685.

EASO 2013

European Asylum Support Office
La pratica di valutazione dell'età in Europa, dicembre 2013.

El-Bakary et al. 2014

El-Bakary A, Attalla SA, Hammad SM, El-Ashry r, De Luca S, ferrante L, Cameriere R,
Age estimation in Egyptian children by Measurements of carpal and epiphyses of the ulna and radius
J Forensic Radiol and Imag (2014)2: 121-125.

EMN

European Migration Network
Unaccompanied Minors –a comparaty Study, 2010.

EUM 2010

European Migration Network
Policies on Reception, return and Integration arrangements for, and number of, Unaccompanied Minors – an EU comparative study- 2010.

EUM 2015

European Migration Network
Policies, practices and data on unaccompanied minors in the EU Member States and Norway.
Synthesis Report 2015.

Fabbri et al. 2015

Fabbi PF, Viva S, Lonoce N, Tiberi I, Cameriere R
Radiological tooth/pulp ratio in canine and individual age estimation in a sample of adult neolithic skeletons from Italy.
Am J Phys Anthrop (2015), 158: 423-430.

Focardi et al. 2014

Focardi M, Pinchi V, De Luca F, Norelli GA
Age estimation for forensic purpose in Italy: ethical issues
Int J Legal Med (2014); 128:515-522

Franklin et al 2015

Franklin D, Noble J, Swift L, Karkhanis S
Forensic age estimation in living individuals: methodological considerations in the context of medico-legal practice.
Research and Report in Forensic Medical Science (2015), 5:53-66.

Franklin et al 2016

Franklin D, Karkhanis S, Flavel A, Collini F, De Luca S, Cameriere R
Accuracy of cut-off value based on the third molar index: Validation in an Australian population
Forensic Sci Int (2016), 266:575.e1-575.e6.

Frédéric 1906-09

Frédéric J.
Untersuchungen über die normale obliteration der Schädelnähte.
Z Morph Anthropol (1906-09), 9: 373-456.

Galić et al 2015

Galić I, Lauc T, Brkić H, Vodanović M, Galić E, Biazzevic MG, Brakus I, Badrov J, Cameriere R,
Cameriere's third molar maturity index in assessing age of majority.
Forensic Sci Int (2015), 252 191.e1–191.e5.

Galić et al 2016

Galić I, Mihanović F, Giuliadori A, Conforti F, Cingolani M, Cameriere R
Accuracy of scoring of the epiphyses at the knee joint (SKJ) for assessing legal adult age of 18 years.
Int J Legal Med (2016), 130 (4):1129-42.

Garamendi, Landa 2003

Garamendi PM, Landa MI.
Estimación forense de la edad en torno a 18 años. Revisión bibliográfica.
Cuad Med For. (2003),31:13-24.

Garvin e Passalacqua 2012

Garvin HM, Passalacqua NV
Current Practices by forensic anthropologist in adult skeletal age estimation.
J Forensic Sci (2012),57(2):427-433.

Garvin et al 2012

Garvin HM, Passalacqua NV, Uhl NM, Gipson DR, Overbury RS, Cabo LL
Developments in Forensic Anthropology: Age-at death Estimation.
In: Dirkmaat DC (ed) A Companion to Forensic Anthropology, 2012 first edition, Blackwell Publishing.

George et al 2012

George J, Nagendran J, Azmi K
Comparison study of growth plate fusion using MRI versus plain radiographs as used in age determination for exclusion of overaged football players.

Getz 2011

Getz S
An Investigation and Critique of the DiGangi Et Al. (2009) First Rib Aging Method.
In: American Academy of Forensic Sciences, 24. Chicago, IL. 2011.

Gleiser e Hunt 1955

Gleiser I, Hunt EE
The permanent mandibular first molar: its calcification, eruption, and decay
Am J Physic Anthrop (1955), 13: 253-284.

Greulich e Pyle 1959

Greulich WW, Pyle SI
Radiographic Atlas of Skeletal Development of Hand and Wrist. Stanford: Stanford University Press 1959.

Gulsahi et al 2016

Gulsahi A, e Lca S, Cehreli B, Ebru Tirali R, Cameriere R
Accuracy of the third molar index for assessing the legal majority of 18 years in Turkish population.
For Sc Intern (2016), 266: 584.e1-584.e6

Guo et al 2014

Guo YC, Yan CX, Lin WW, Zhou H, Pan F, Wei L, Tang Z, Liang F, Chen T
Studies of the chronological course of third molars eruption in a northern Chinese population.
Arch Oral Biol (2014), 59(9):906–911.

Gustafson 1950

Gustafson G.
Age determination of teeth.
J Am Dent Assoc (1950),41:45–54.

Hartnett 2010

Hartnett KM

Analysis of age-at-death estimation using data from a new, modern autopsy sample - part I: pubic bone .

Journal of Forensic Sciences (2010) 55: 1145 -1151.

Hassel e Farman 1995

Hassel B, Farman AG

Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae.

Am J Orthod Dentofac Orthop (1995), 107(1):58–66.

Hillson 1986

Hillson S

Teeth. Cambridge University Press.

Howell 1976

Howell N

Toward a uniformitarian theory of human paleodemography.

In Ward, Weiss (EDS) Demographic Evolution of human population, Academic press, new York, 1976.

Ikeda et al 1985

Ikeda N, Umetsu K, Kashimura S, Suzuki T, Oumi M

Estimation of age from teeth with their soft X-ray findings.

Jap J For Med (1985), 39:244-250.

Işcan et al 1984

Işcan MY, Loth SR, Wright RK.

Metamorphosis at the sternal rib end: a new method to estimate age at death in white males .

Am J Phys Anthr(1984), 65 : 147 – 156.

Işcan et al 1985

Işcan MY, Loth SR, Wright RK.

Age estimation from the rib by phase analysis: white females

J Forensic Sci (1985),30 : 853 – 863.

Işcan et al 1987

Işcan MY, Loth SR, Wright RK

Racial variation in the sternal extremity of the rib an its effect on age determination.

J Forensic Sci (1987),32:452-466.

Johanson 1971

Johanson G

Age determination from human teeth.

Odontologisk Revy (1971), 22:1-126.

Katz e Suchey 1986

Katz D, Suchey JM

Age determination of the male os pubis .

Am J Phys Anthropology (1986),69 : 427-435.

Key et al 1994

Key CA, Leslie C, Aiello e Molleson T

Cranial suture closure and its implications for age estimation.
Inter J Osteoarch 1994, 4(3):193-207.

Kleinerman 2006

Kleinerman RA
Cancer risks following diagnostic and therapeutic radiation exposure in children.
Pediatr Radiol (2006);36:121–125

Koc et al 2001

Koc A, Karaoglanlu M, Erdogan M, Kosecik M, Cesur Y
Assessment of bone age: is Greulich –Pyle method sufficient for Turkish boys?
Pediatrics Int (2001), 43:662-665.

Kreitner et al. 1998

Kreitner K-F, Schweden FJ, Riepert T, Nafe B, Thelen M
Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle.
Eur Radiol 1998, 8:1116-1122.

Krogman 1949

Krogman WM
The human skeleton in legal medicine: medical aspects.
In: Levinson SA (ed.): Symposium on medicolegal problems. Philadelphia: Lippincott, 1949.

Krogman e Isçan 1986

Krogman WM, Isçan MY
The human skeleton in forensic medicine. 2 ed (1986). Springfield: Charles C Thomas.

Kvaal et al 1995

Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T
Age estimation of adults from dental radiographs.
Forensic Sci Int (1995), 74:175-185.

Kunos et al 1999

Kunos CA, Simpson SW, Russell KF, Hershkovitz I
First Rib Metamorphosis: Its Possible Utility for Human Age-at-death Estimation.
Am J Phys Anthropol (1999),110(3):303–323.

Lamendan 1988

Lamendin H
Determination de l'âge avec la methode de Guftason simplifiee”
Chir Dent Fr (1988),58:43-47.

Lamendin et al 1992

Lamendin H, Baccino E, Humbert JF, Tavernier JC, Nossintchouk R, Zerilli A
A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method.
J Forensic Sci (1992),37:1373-1379.

Lamparski 1972

Lamparski D
Skeletal age assessment using cervical vertebrae.
University of Pittsburgh, Pittsburgh, 1972.

Laws 1952

Laws RA

New method for age determination on mammals.

Nature (1952), 169(7):972-3.

Linet et al. 2009

Linet M, Kim K, Rajaraman P

Children's exposure to diagnostic medical radiation and cancer risk: epidemiologic and dosimetric consideration.

Pediatr Radiol (2009); 39:S4–S26

Linet et al. 2012

Linet MS, Slovis TL, Miller DL, Kleinerman R, Lee C, Rajaraman P, Berrington de Gonzalez A

Cancer risks associated with ex-ternal radiation from diagnostic imaging procedures.

CA Cancer J Clin (2012), 62:75–100.

Lipsinic et al 1986

Lipsinic FE, Paunovich E, Houston GD, Robison SF

Correlation of age and incremental lines in the cementum of human teeth.

J Forensic Sci 1986,31:982-989.

Liversidge 1994

Liversidge HM

Accuracy of age stimation from developing teeth of a population of known age (0 to 5,4 years).

Int Journal Osteoarchaeol (1994),4:37-46.

Liversidge e Molleson 1999

Liversidge HM, Molleson TI

Developing permanent tooth length as an estimate of age.

J Forensic Sci 44 (1999), 917–920.

Lucy e Pollard 1995

Lucy D, Pollard AM.

Further comments on the estimation of error associated with the Gustafson dental age estimation Method.

J Forensic Sci (1995),40:222-227.

Lynnerup et al. 2008

Lynnerup N, Belard E, Buch-Olsen K, Sejrsen B, Damgaard-Pedersen K

Intra- and interobserver error of the Greulich-Pyle method as used on a Danish forensic sample.

Forensic Sci Int (2008), 179:242.e1-242.e6

Lovejoy 1985

Lovejoy CO

Dental wear in the Libben population: its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death.

Am J Phys Anthropol (1985), 68: 47-56.

Lovejoy et al. 1985

Lovejoy CO, Meindl RS, Pryzbeck TR, Mensforth RP.

Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: a new method for the determination of adult skeletal age at death .

American Journal of Physical Anthropology (1985) 68 : 15-28.

Mansour et al. 2017

Mansour H, Fuhrmann A, Paradowski I, van Well EJ, Püschel
The role of forensic medicine and forensic dentistry in estimating the chronological age of living individuals in Hamburg, Germany.
Int J Legal Med (2017), 131:593-601.

Maples e Rice 1979

Maples WR, Rices PM
Some difficulties in the Gustafson dental age estimations.
J Forensic Sci (1979),24:168-172.

Marroquin et al 2017

Marroquin TY, Karkhanis S, Kvall SI, Vasudavan S, Kruger E, Tennant M
Age estimation in adults by dental imaging assessment systematic review.
Forensic Sci Int (2017), 275: 203-211.

McKern e Stewart 1957

McKern TW, Stewart TD
Skeletal Age Changes in Young American Males Analysed from the Standpoint of Age Identification .
Technical Report EP-45. Quartermaster Research and Development Command, (1957) Natick, MA

Meindl e Lovejoy 1985

Meindl RS, Lovejoy CO
Ectocranial Suture Closure: a Revised Method for the Determination of Skeletal Age at Death Based on the Lateral-anterior Sutures.
Am J Phys Anthropol (1985),68 (1): 57–66.

Meind et al. 1985

Meindl RS, Lovejoy CO, Mensforth RP, Walker RA.
A revised method of age determination using the os pubis, with a review and tests of accuracy of other current methods of pubic symphyseal aging .
American Journal of Physical Anthropology(1985) 68 : 29 – 45 .

Mentzel et al. 2005

Mentzel HJ, Vilser C, Eulenstein M, Schwartz T, Vogt S, Böttcher J, Yaniv I, Tsoref L, Kauf E, Kaiser WA
Assessment of skeletal age at the wrist in children with a new ultrasound device.
Pediatr Radiol (2005), 35(4):429-433

Merrit 2013

Merrit C
Testing the accuracy of adult skeletal age estimation methods: original methods revised and newer methods
Vis-a-vis: Exploration in Anthropology (2013),12(1):102-119.

Miles 1963

Miles AEW
Dentition in the estimation of age.
J Dent Res (1963), 42:255-263.

Mille et al 1988

Mille CS, Brent Dove S, Cottone JA

Failure of use of cemental annulations in teeth to determine the age of humans.

J Forensic Sci (1988),33:137-143.

Miller 1890

Miller WD

Micro-organisms of the Human Mouth, S. S. White Dental Mfg. Co., Philadelphia, 1890, p. 156.

Mincer et al 1993

Mincer HH, Harris EF, Berryman HE

The ABFO . Study of third molar development and its use as an estimator of chronological age

J Forensic Sci (1993), 38:379-390.

Moorees, Finning e Hunt 1963

Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt (Jr)EE

Age variation of formation stages for ten permanent teeth

J Dent Res (1963),42:1490-502.

Murray e Murray 1991

Murray KA, Murray T

A test of the auricular surface aging technique.

J Forensic Sci (1991), 36:1162-1169.

Nkhumeleni et al 1989

Nkhumeleni FS, Raubenheimer E, Monteith BD

Gustafson's method for age determination revised.

J Forensic Odontostomatol (1989), 7:13-16.

Owing et al 1985

Owing WPA, Suchey, J M

Epiphyseal union of the anterior iliac crest and medial clavicle in a modern multiracial sample.

Am J Phys Anthropol (1985), 68:457-466.

Paewinsky et al 2005

Paewinsky E, Pfeiffer H, Brinkmann B

Quantification of secondary dentine formation from orthopantomograms – a contribution to forensic age estimation methods in adults.

Int J Legal Med (2005),119: 27-30.

Philippas 1952

Philippas, GG

Effects of Function on Healthy Teeth: The Evidence of Ancient Athenian

J Amer dent Ass (1952),45:443-53.

Philippas 1961

Philippas GG

Influence of Occlusal Wear and Age on Formation of Dentin and Size of Pulp Chamber,

J dent Res (1961),40:1186-98.

Philippas, Applebaum 1966

Philippas G, Applebaum E,
Age factor in secondary dentin formation
J Dent Res (1966), 45:778-789.

Philippas, Applebaum 1967

Philippas GG, Applebaum E
Age changes in the permanent upper lateral incisor.
J Dent Res (1967), 46:1002-1009.

Philippas, Applebaum 1968

Philippas GG, Applebaum E
Age changes in the permanent upper canine teeth.
J Dent Res (1968), 47:411-417.

Prince e Ubelaker 2002

Prince DA, Ubelaker DH
Application of Lamendins adult dental aging technique to a diverse skeletal sample.
J Forensic Sci (2002), 47:107-116.

Pryor 1908

Pryor JW.
Chronology and order of ossification of the bones of the human carpus: x-ray method.
Bull State Coll Kentucky, 1908; 1(1)

Regulla, Eder 2005

Regulla DF, Eder H
Patient exposure in medical X-ray imaging in Europe.
Radiat Prot Dosimetry (2005); 114:11–25.

Ribbe 1885

Ribbe FC
Etude sur l'ordre d'oblitération des sutures du crâne dans les races humaines. These de
Médecine, Paris, 1885.

Risser 1948

Risser JC
Important practical facts in the treatment of scoliosis.
AAOS Instructional Course Lectures 1948, V:248-2690.

Ritz-Timme et al. 2000

Ritz-Timme S, Cattaneo C, Collins MJ, Waite ER, Scütz HW, Kaatsch H-J, Borrman HIM
Age estimation: the state of art in relation to the specific demands of forensic practice.
Int J Legal Med 2000,113:129-136.

Robinson e Boling 1952

Robinson HBG, Boling LR
Teeth and jaws. Problems of ageing. Baltimore: Cowdry, pp.447-480.

Rollo et al. 2005

Rollo F, Mascetti M, Cameriere R
Titian's secret: compariso of Eleonora Gonzaga della Rovere skull with the Uffizi Portrait
J Forensic Sci (2005),50(3):602-607.

Rösing e Kvall 1998

Rösing FW, KvallSI

Dental age in adults –a review of estimation methods.

In Dental Anthropology. Fundamentals, limits and prospects, 443-468, Springer Verlag, Wien, 1998.

Saunders 1837

Saunders E

The teeth: a test of age considered with reference to the factory children. 1837

Renshaw Strand, 1837, London

Saunders et al 1992

Saunders SR, FitzgeraldC, Rogers T, Dudar C, McKillop H

A test of several methods of skeletal age estimation using a documented archaeological sample.

Can Soc Forensic Sci (1992),25:97-118.

Saunders et al 1993

Saunders S. De Vito C. Herrig A. Southern R. Hoppa R

Accuracy tests of tooth formation age estimations for human skeletal remains.

Am J Phys Anthropol (1993),92:173-88.

Scheffer 1950

Scheffer VB

Growth layers on the teeth of Pinnipedia as an indication of age.

Science (1950), 112:309-11.

Schmeling et al 2001

Schmeling A, Kaatsch H-J, Marré B, Reisinger W, Riepert T, Ritz-Timme S, Rösing FW, Rötzscher K, Geserick G

Empfehlungen für Altersdiagnostik bei Lebenden im Strafverfahren.

Rechtsmedizin (2001), 11:1-3.

Schmeling et al 2003

Schmeling A., Olze A., Reisinger W., König M., and Geserick G.

Statistical analysis and verification of forensic age estimation of living persons in the Institute of Legal Medicine of the Berlin University Hospital Charité.

Legal Medicine 2003, 5: S367-S371.

Schmeling et al 2004

Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G

Forensic age diagnostics of living people undergoing criminal proceedings.

Forensic Sci Int (2004),144(2-3):243-5.

Schmeling et al 2008

Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch H-J, Knell B, Ramsthaler F, Reisinger W, Riepert T, Rötzscher T, Ritz-Timme S, Rösing FW, Rötzscher K, Geserick G

Criteria for age estimation in living individuals.

Int J Legal Med (2008), 122: 457-460.

Schmeling et al 2011

Schmeling A, Garamendi PM, Prieto JL, Landa I

Forensic Age Estimation in Unaccompanied Minors and Young Living Adults
In: D.N. Vieira (Ed.) Forensic Medicine-From Old Problems to New Challenges. inTech 2011:77–120 (Chapter 5).

Schmitt 2004

Schmitt A

Age at death assessment using the os pubis and the auricular surface of the ilium: a test on an identified Asian sample.

Int J Osteoarcheol (2004), 14:1-6.

Schmitt e Broqua 2000

Schmitt A, Broqua C,

Approche probabiliste pour estimer l'age au deces a partir de la surface auriculaire de l'ilium.

Bull Mem Soc Anthropol Paris (2000), 12:279-301.

Schmitt et al 2002

Schmitt A, Murail P, CunhaE, Rouge D.

Variability of the pattern of aging on the human skeleton: evidence from bone indicators and implications on age at death estimation.

J Forensic Sci (2002), 47:1203-1209.

Schmitt et al 2004

Schmitt, A., Murail, P.

Is the first rib a reliable age indicator of age at death assessment? Test of the method elaborated by Kunos et al. (1999).

Homo (2004), 54:207-214.

Schmitt et al 2011

Schmidt S, Schmeling A, Zwiesigk P, Pfeiffer H, Schulz R

Sonographic evaluation of apophyseal ossification of the iliac crest in forensic age diagnostics in living individuals.

Int J Leg Med (2011), 125(2): 271-276.

Schmitt et al 2007

Schmidt S, Mühler M, Schmeling A, Reisinger W, Schulz R

Magnetic resonance imaging of the clavicular ossification.

Int J Leg Med (2007), 121:321-324.

Scoles et al 1988

Scoles PV, Salvagno R, Villalba K, Riew D

Relationship of iliac crest maturation to skeletal and chronologic age.

J Pediatr Orthop (1988), 8:639-644.

Sicher 1962

Sicher H.

Orban's Oral Histology and Embryology, ed. 5. St. Louis, C. V. Mosby Co, 1962, p. 121-27; 139-40.

Singer 1953

Singer R

Estimation of age from cranial suture closure.

J For Med (1953), 1:52-59.

Smitt 1991

Smith HB

Standards of human tooth formation and dental age assessment.

Advances in Dental Anthropology (1991): 143-168.

Smith, Brownless 2011

Smith T, Brownless L

Discussion paper: age assessment practices a literature review and annotated bibliography- United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF).

http://www.unicef.org/protection/Age_Assessment_Practices_2010.pdf.

Solheim 1993

Solheim T

A new method for dental age estimation in adults.

Forensic Sci Int (1993): 59:137-147.

Someda et al 2009

Someda H, Saka H, Matsunaga S, Ide Y, Nakahara K, Hirata S, et al.

Age estimation based on three-dimensional measurement of mandibular central incisors in Japanes.

Forensic Sci. Int. (2009), 185 (1–3):110–114.

Stevenson 1924

Stevenson PH.

Age order of epiphyseal union in man.

Am J Phys Anthropol (1924),7:53-93

Tanner 1962

Tanner JM

Growth and adolescence

Oxford, 2nd ed. UK:Bockwell, 1962

Tanner et al 1975

Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H

Assessment of Skeletal Maturity and prediction Adult Height (TW2) Method.

London: Academic Press, 1975.

Teodoro et al. 2014

Teodoro MT, Forte V, Mazzone V, Cascio O

Accertamento dell'età biologica in immigrato clandestino

Italian Journal of Legal Medicine (2014): 3; 1

Thevissen et al 2011

Thevissen PW, Fieuws S, Willems G

Third molar development: measurements versus scores as age predictors,

Arch Oral Biol (2011),56(10):1035–1040

Tisé et al 2011

Tisé M, Mazzarini L, Fabrizzi G, Ferrante G, Giorgetti R, Tagliabracci A

Applicability of Greulich and Pyle method for age assessment in forensic practice on an Italian sample.

Int J Legal Med (2011), 125:411-416

Todd 1937

Todd TW
Atlas of skeletal Maturation.
London: Henry Kimpton, 1937.

Todd 1920

Todd TW
Age changes in the Pubicbone:I. White Male Pubis.
Am J Phys Anthrop (1920),3:467-470.

Todd e d'Errico 1928

Todd TW, d'Errico J
The clavicular epiphyses.
Am J Anat (1928), 41:25-50

Todd e Lyon 1924

Todd TW, Lyon DW
Endocranial suture closure.Its Progress and age relationship. I. Adult Males of white stock.
Am J Phys Anthrop (1924),7:325-384.

Ubelaker 1999

Ubelaker D. K.
Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis, Interpretation, 3rd Ed. 1999, Taraxacum,
Washington, D.C.

Vandevoort et al 2004

Vandevoort FM, Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Bielen DJ, Lambrechts P, Wevers M, et al.
Age calculation using X-ray microfocus computed tomographical scanning of teeth: a pilot study
J Forensic Sci (2004), 49(4): 787.

Vodanović et al. 2011

Vodanović M, Dumančić J, Galić I, Pavičin, Petrovečki M, Cameriere R, Brkić H
Age estimation in archaeological skeletal remains: evaluation of four non-destructive age
calculation methods.
J Forensic Odontostomatol (2011),29(2):14-21.

Willems 2001

Willems G
A review of the most commonly used dental age estimation techniques,
J Forensic Odontostomatol (2001),19: 9–17.

Willems et al 2002

Willems G, Moulin-Romsee C., Solheim T
Non-destructive dental-age calculation methods in adults: intra- and inter-observer effects.
Forensic Sci Int (2002),126:221-226.

Witteschieber et al. 2013

Witteschieber D, Vieth V, Wierer T, Pfeiffer H, Schmeling A
Cameriere's approach modified for pelvic radiographs: a novel method to assess apophyseal iliac
crest ossification for the purpose of forensic age diagnostics.
Int J Legal Med (2013),127(4): 825-829.

Wittwer-Backofen et al 2004

Wittwer-Backofen U , Gampe J, Vaupel JW

Tooth cementum annulation for age estimation: results from a large known-age validation study.
Am J Physic Anthrop (2004),123:119-129.

Wood e Cunningham 2011

Wood W, Cunningham CA

Age determination in the juvenile.

In Black S, ferguson e (Eds), Forensic Anthropology 2000-2010, CRC press 2011.

Yang et al. 2006

Yang F, Jacobs R, Willems G

Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT.

Forensic Sci Int (2006), 159 (Supplement (1)) S78–S83.

Yoder et al 2001

Yoder C, Ubelaker DH, Powell JF

Examination of variation in sternal rib end morphology relevant to age assessment.

J Forensic Sci (2001),46:223-227.

Zabet et al 2015

Zabet D, Rérolle C, Puchoux J, Telmon N, Saint-Martin S

Can the Greulich and Pyle method be used on French contemporary individuals?

Int J Legal Med (2015), 129:171-177.

Zander e Hurzeler 1958

Zander HA, Hurzeler B

Continous Cementum apposition.

J Dent Res (1958), 37 (2), 1035-1044.

Zelic et al 2016

Zelic K, Galić I, Nedeljkovic N, Jakovljevic A, Milosevic O, Djuric M, Cameriere R

Accuracy oc Cameriere's third molar maturity index in assessing legal adulthood on Serbian population.

Forensic Sci Int (2016), 259: 127-132.

ALLEGATI



Contents lists available at ScienceDirect

Forensic Science International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/forensiint



Forensic Anthropology Population Data

Accuracy of cut-off value by measurement of third molar index: Study of a Colombian sample



Stefano De Luca^{a,b,*}, Lina Aguilar^{b,c}, Marcela Rivera^{b,d}, Luz Andrea Velandia Palacio^{b,e}, Giulia Riccomi^{b,f}, Fiorella Bestetti^b, Roberto Cameriere^b

^aStefano De Luca, Unidad Especial de Identificación Forense, Servicio Médico Legal, Santiago de Chile, Chile

^bAgEstimation Project, Institute of Legal Medicine, Macerata, Italy

^cInstituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Bogotá, Colombia

^dInstituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Cali, Colombia

^eCarretera 74 #55-05, Normandia II, 111071, Bogotá, Colombia

^fDivisione di Paleopatologia, Dipartimento di Ricerca Trasazionale e delle Nuove Tecnologie in Medicina e Chirurgia, University of Pisa, Pisa, Italia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 4 July 2015

Received in revised form 6 January 2016

Accepted 23 January 2016

Available online 1 February 2016

Keywords:

Forensic Science

Age estimation

third molar index

Cut-off

Colombia

Forensic Anthropology Population Data

ABSTRACT

The aim of this cross-sectional study was to test the accuracy of cut-off value of 0.08 by measurement of third molar index (I_{3M}) in assessing legal adult age of 18 years in a sample of Colombian children and young adults. Digital orthopantomographs of 288 Colombian children and young adults (163 girls and 125 boys), aged between 13 and 22 years, were analysed. Concordance correlation coefficient (ρ_c) and κ statistics (Cohen's Kappa coefficient) showed that repeatability and reproducibility are high for both intra- and inter-observer error, κ statistics for intra- and inter-observer agreement in decision on adult or minor was 0.913 and 0.877, respectively. Age distribution gradually decreases as I_{3M} increases in both girls and boys. For girls, the sensitivity test was 95.1% (95% CI 87.1%–95%) and specificity was 93.8% (95% CI 87.1%–98.8%). The proportion of correctly classified individuals was 95.1%. For boys, the sensitivity test was 91.7% (95% CI 85.1%–96.8%) and specificity was 90.6% (95% CI 82.1%–97.8%). The proportion of correctly classified individuals was 89.7%. The cut-off value of 0.08 is highly useful to determine if a subject is 18 years of age or older or not.

© 2016 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

One of the most difficult areas of criminal justice policy lies in providing suitable legal mechanisms to reflect the transition from the age of childhood innocence through to maturity and full responsibility under the criminal law [1].

Colombian juvenile justice is regulated primarily by the Code on Minors [2] and the Code on Childhood and Adolescence [2]. In 2006, Law 1098 updated the Code for Adolescence and Childhood, adding explicit reference to the UN CRC (UN Convention on the Rights of the Child) and eliminating the possibility for juveniles to be prosecuted under the Criminal Code, excluding serious crimes [3]. The System for Youth Criminal Responsibility (SRPA), under Law 1098, outlines twelve guiding principles for juvenile justice in Colombia, emphasizing the protection of youth and a flexible, specialized justice system oriented toward rehabilitation. In 2011,

the Law on Citizen Security established that if a juvenile turns 18 years old before completing a sentence, he or she is permitted to finish the remainder of the sentence in the juvenile system, until age 25 [2,3].

In 2014, Colombia ranked as the country with the largest internal displacement population (IDP), estimated at 5,700,000, seeking protection in neighboring countries such as Ecuador and Venezuela. The UNHCHR reports that threats by guerrillas and paramilitaries are the primary reasons for families to seek refuge elsewhere [4,5]. According to UNICEF, 55% of the displaced are unaccompanied minors particularly vulnerable to homelessness, prostitution, kidnappings, landmines, and domestic violence [4,5].

The Colombian law regards child soldiers as victims of political violence [3]. Recruitment of children under age 18 by armed groups is punishable by 96 to 180 months in prison and fines ranging from 800 to 1500 times the legal minimum monthly salary. Forcing minors to participate in the commission of terrorist acts is punishable by 192 to 360 months incarceration and fines ranging from 6667 to 45,000 times the legal minimum monthly salary. Punishments for crimes involving illegal drugs, such as

* Corresponding author. Tel.: +56 965410685.

E-mail address: sdeluca@sm.lcl (S. De Luca).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foresciint.2016.01.026>

0379-0738/© 2016 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.

ALLEGATO 2

✉ ☆ Forensic Science International (eesserver@eesmail.elsevier.com)24/8/2017 18:50

A fiobes@libero.it

Rispondi Rispondi a tutti Inoltra Elimina Altro ▼

Dear Dr. Fiorella Bestetti,

You have been listed as a Co-Author of the following submission:

Journal: Forensic Science International
Corresponding Author: Luz Velandia Palacio
Co-Authors: Roberto Cameriere, Ph.D; Jorge Pinares, DDS., MSc; Fiorella Bestetti, Ph.D student; Rossella Paba;
Erminia Coccia, DDS, Ph.D, Assistant Professor; Luigi Ferrante, Math.D, Associated professor
Title: Assessment of second (I2M) and third (I3M) molar indices for establishing 14 and 16 legal ages and validation of the Cameriere's I3M cut-off for 18 years old in Chilean population