



UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA

DEPARTAMENTO DE MEDICINA

**Índices antropométricos corporales
en relación con los índices
cefalométricos faciales en una
población infantil en dentición mixta**

Tesis Doctoral presentada por
D. Carlos M^º Agrasar Cruz

Dirección de Tesis:

Prof. Dr. Francisco Javier Jorge Barreiro
Prof^ª Dra. M^ª Teresa Castaño Oreja

A Coruña 2000

123

Índices antropométricos corporales en relación con los índices cefalométricos faciales en una población infantil en dentición mixta

Carlos M^a Agrasar Cruz
Tesis Doctoral

Directores de Tesis
Prof. Dr. Francisco Javier Jorge Barreiro
Profa. Dra. M^a Teresa Castaño Oreja

A Coruña, junio de 2000

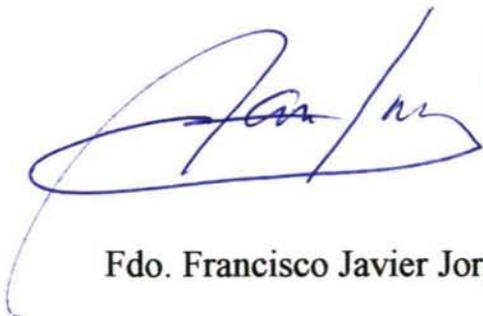


D. Francisco Javier JORGE BARREIRO, Catedrático de Anatomía Humana de la Facultad de Medicina y Dña. M^a Teresa CASTAÑO OREJA, Profesora Titular de Universidad de la Facultad de Medicina, pertenecientes al Departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Santiago de Compostela

CERTIFICAN

Que el presente trabajo ***“Índices antropométricos corporales en relación con los índices cefalométricos faciales en una población infantil en dentición mixta”***, que ha sido presentado por el Licenciado en Medicina y Cirugía, D. Carlos M^a AGRASAR CRUZ, ha sido realizado bajo su dirección, y reúne todas las condiciones para ser defendido ante tribunal y optar al título de Doctor.

Y para que así conste, firman la presente certificación en Santiago de Compostela, a veintiocho de junio de 2000.



Fdo. Francisco Javier Jorge Barreiro



Fdo. M^a Teresa Castaño Oreja.

A mis padres, que me lo han dado todo.
A Chelo, por estar siempre a mi lado.
A mis hijas Carmen y Sabela, a quienes les he
robado un tiempo ya irrecuperable.

Mi más sincero agradecimiento:

Al Profesor D. Juan Antonio Suárez Quintanilla, por su amistad, por el constante apoyo que ha supuesto para mí y por sus acertados consejos. Este trabajo ha podido llevarse a cabo gracias a su desinteresada ayuda, lo que supuso sacrificar parte de su valioso tiempo. Nunca podré agradecerle suficientemente la confianza que depositó en mí y él representará siempre, por su generosidad y nobleza, un ejemplo a seguir.

Al Profesor D. Javier de Toro Santos, por la ayuda prestada en todo momento y por su ofrecimiento para poder trabajar a su lado, sin apenas conocerme. Sus consejos y palabras de ánimo, junto con su actitud siempre cordial y afable, facilitaron que yo pudiese superar las dificultades que surgieron en el desarrollo de este trabajo.

Al Profesor D. Francisco Javier Jorge Barreiro, por facilitar mis primeros pasos en el mundo de la Anatomía y prestarme su apoyo. Al aceptar la dirección de este trabajo, su dilatada experiencia hizo menos dificultoso mi aprendizaje en la investigación, guiándome con seguridad y paciencia.

A los profesores y P.A.S. del Departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Santiago de Compostela, especialmente a **Dña. M^a Teresa Castaño Oreja**, por su amabilidad al haber aceptado compartir la dirección de este trabajo y a **D. Maximino Quintáns Rodríguez**, quien siempre me obsequió con su amistad y que nunca se equivocó en sus consejos, permitiéndome compartir su experiencia.

A D. Ramón Barral, D. Miguel Santiago, D. Alberto Oro, D. Rafael Arriaza, D. Alejandro Pazos y D. Javier Cudeiro, por su afecto y por permitirme compartir con ellos la pasión por la Medicina.

A los profesores y P.A.S. del I.N.E.F. de Galicia, pero, de manera especial, a los profesores **D. Francisco Camiña, D. Isidoro Hornillos, D. Fernando Agulló, D. José Luis Romero y Dña. Milagros Ezquerro**, por su ayuda y apoyo constantes, que me han permitido superar los momentos de desánimo.

A Dña. Milagros Castro, A.T.S./D.U.E. del Centro de Salud de Fontiñas, por su inestimable ayuda, totalmente espontánea y desinteresada, en la realización de este trabajo. Su amabilidad hizo que me sintiese, desde el primer momento, como un miembro más del equipo de trabajo.

A mis amigos Gracia, Segis, Ángeles, José Miguel y Geles, a los que debo momentos inolvidables y que han soportado su parte en la realización de este trabajo.

Aunque la verdad de los hechos resplandezca, siempre se
batirán los hombres en la trinchera sutil de las interpretaciones.

Gregorio Marañón.

Índice.

Índice.

I.- Justificación y objetivos.	3
II.- Introducción.	7
II. 1.- Antropometría.	8
II. 1. 1.- Recuerdo histórico.	8
II. 1. 2.- Medidas antropométricas y técnicas de medición.	10
II. 1. 3.- Antropometría de la cabeza y la cara.	13
II.-2.- El proceso de crecimiento. Crecimiento, maduración y desarrollo.	15
II. 3.- El crecimiento postnatal: períodos y patrones de crecimiento.	18
II. 4.- El estudio del proceso de crecimiento.	21
II. 4. 1.- Objetivos de los estudios de crecimiento.	21
II. 4. 2.- Métodos de estudio de crecimiento. Curvas de crecimiento.	22
II. 4. 3.- Principios a tener en cuenta en las medidas y observaciones.	25
II. 5.- Regulación general del crecimiento y de la maduración.	26
II. 6.- Patrones de crecimiento de los diferentes parámetros antropométricos.	27
II. 6. 1.- Patrones de crecimiento en estatura y peso corporal.	27
II. 6. 2.- Patrones de crecimiento de otras dimensiones corporales.	30
II. 6. 3.- Cambios en las proporciones corporales.	31
II. 6. 4.- Estabilidad de las dimensiones corporales durante el crecimiento.	34.
II. 6. 5.- El crecimiento craneofacial postnatal.	35
II. 6. 6.- Cambios relacionados con los factores raciales y la edad en los parámetros de crecimiento facial.	42
II. 7.- La forma corporal. Somatotipo.	45
II. 7. 1.- Recuerdo histórico.	45
II. 7. 2.- El somatotipo de Sheldon.	48
II. 7. 3.- Modificaciones del método de Sheldon.	50
II. 7. 4.- El somatotipo en niños y jóvenes.	51
II. 8. - La composición corporal y sus métodos de estudio.	54
II. 8. 1.- Los métodos de estudio de la composición corporal.	57
II. 8. 2.- Métodos utilizados en niños en crecimiento.	59
III.- Material y métodos.	65
IV.- Resultados.	82
V.- Discusión.	116
VI.- Conclusiones.	148
VII.- Bibliografía.	151

I. Justificación y objetivos.

I. Justificación y objetivos.

La Antropometría es una ciencia cuyo uso y aplicación se extiende a un amplio rango de disciplinas científicas como pueden ser la Biología Humana, la Antropología Física, que estudian las características de las poblaciones y grupos étnicos [NELSON y BARONDESS, 1997], los cambios que se producen en ellas a lo largo del tiempo, los fenómenos del crecimiento, cambios evolutivos, etc [LASKER, 1994]; las ciencias de la salud también utilizan esta ciencia en el estudio del crecimiento [TOJO y cols, 1981], en la valoración del estado nutritivo [RICART y cols, 1992; JEEJEEBHOY y cols, 1990], en la identificación forense [REVERTE COMA, 1991], en la corrección de trastornos maxilo-faciales y estéticos [SUAREZ QUINTANILLA, 1991; FARKAS, 1994]; las ciencias del deporte, estudiando los signos objetivos de una adecuada condición física [MALINA y BOUCHARD, 1991]. Pero el uso de la Antropometría se extiende también a otras actividades humanas de importancia, como el estudio de las proporciones corporales en el arte [COBB, 1944; OGUZ, 1996]; diseño de ropa, muebles y equipos de trabajo [BRUES, 1992] y la evaluación de la estética facial [FARKAS y MUNRO, 1987].

La Antropometría puede estudiar individuos aislados, valorando su estado nutricional, su condición y rendimiento físico, su patrón estético y su composición corporal.

Uno de los aspectos que pueden ser estudiados en un individuo aislado es la presencia o no de asimetrías corporales. La simetría corporal puede considerarse como una norma en el reino animal. Sin embargo, han sido descritas pequeñas asimetrías en diferentes partes del cuerpo, como es la asimetría facial en el niño en crecimiento [MULLICK, 1965; BURKE, 1971]; asimetrías en los miembros, siendo los huesos del miembro inferior izquierdo más largos y fuertes que en el lado derecho [RUFF y JONES, 1981; VOGEL, 1984]. Esta asimetría que, en el sujeto sano, es casi imperceptible y que no llega a provocar problemas funcionales, puede llegar a ser muy marcada en algunas patologías.

El estudio de la composición corporal permite detectar las subpoblaciones de riesgo para desarrollar enfermedades de gran impacto para la salud pública, como diabetes, obesidad, hiperlipemias, etc [CALLAWAY, 1985]; permite también definir cuál es el estado nutricional de un individuo o población [FRISANCHO, 1990; CROOKS, 1999] y los trastornos que puedan darse en el estado de nutrición [ALASTRUÉ y cols., 1983; KUCZMARSKI y cols., 1994].

Pero, además de estudiar al individuo aislado, la Antropometría permite definir las características de una población y establecer, mediante la obtención de una serie de datos, la "normalidad" de dicha población. Estos parámetros, basados en criterios estadísticos, permiten clasificar a un individuo de dicha población dentro de los criterios de "normalidad" o no [COLE y GREEN, 1992; COLE y cols., 1998].

Las variaciones raciales, geográficas y demográficas obligan a determinar esa "normalidad", para cada grupo de población, de los diferentes parámetros antropométricos. Por ello, los datos de una población determinada no permiten su extrapolación a cualquier otra población.

La población infantil gallega ha sido estudiada desde un punto de vista antropométrico y nutricional [TOJO y cols., 1981; RIOS y cols., 1999] y no presenta las mismas características antropométricas que la de los Estados Unidos o China [HAMILL y cols., 1979; LEUNG y cols., 1996]. Además, los constantes cambios en los hábitos dietéticos, en las condiciones socioeconómicas, en las actividades de ocio (actividad física, incremento de horas ante el televisor y el ordenador), pueden comportar variaciones en la composición corporal que obligan a una valoración periódica de la misma [GUO y cols., 1999]. En este sentido, baste recordar el incremento, en un 1,2 %, del sobrepeso en la población adulta de los Estados Unidos de Norteamérica, en el intervalo comprendido entre los periodos 1960-62 y 1976-80 [KUCZMARSKI, 1992], o, en el caso de niños, un incremento del sobrepeso del 5,8% a más del 10% entre los estudios NHANES I y NHANES III [ODGEN y cols., 1997].

Los profundos cambios que ha experimentado la sociedad gallega en los últimos veinte años, debido al mayor desarrollo económico y a la asunción de hábitos dietéticos y de ocio de los países occidentales, podrían haber dado lugar a modificaciones en las características de la población infantil.

Por todo ello, es conveniente profundizar en el conocimiento de las características antropométricas de la población gallega y establecer los valores estándar que reflejen, del modo más exacto posible, la realidad morfológica actual de esta población.

Los estudios antropométricos de la cabeza y la cara han sido numerosos en los últimos años, llevados a cabo con el objetivo de determinar la presencia o no de asimetrías faciales [BURKE y HEALY, 1993; ALAVI y cols., 1988], la aplicación a tratamientos de ortodoncia [STEINER, 1953; RICKETTS, 1981] y la corrección de trastornos craneales y maxilofaciales [POSNICK y cols., 1992; WAITZMAN y cols., 1992] así como en rinoplastias [GUYURON, 1988]. La comparación de los datos faciales de los niños gallegos con poblaciones de otros países ha de realizarse con cautela, ya que los criterios de "normalidad" no son los mismos, puesto que la mayoría de los métodos cefalométricos se han creado a partir de datos de poblaciones norteamericanas o centroeuropeas [CANUT y cols., 1987; SUAREZ QUINTANILLA, 1991]. Este hecho obliga a conocer y determinar de modo más exhaustivo los valores faciales estándar de nuestra población.

Los estudios antropométricos de la cara suelen centrarse en dicha zona, sin tener en cuenta el crecimiento general del individuo. Sin embargo, los datos antropométricos faciales se relacionan con los patrones de desarrollo de otras partes del cuerpo, como ya sugirió Euclides en la época griega (proporciones "áuricas") y que Kapler denominó "la proporción divina", por las manifestaciones que se reflejan sobre la naturaleza [LEVIN, 1978] y que posteriormente fueron aplicadas por

LOMBARDI [1973] a las proporciones dentales. También Leonardo da Vinci encontró que muchas de las proporciones de la cara muestran relación con la longitud del dedo pulgar, relación que fue denominada “regla del pulgar de Leonardo da Vinci” [OGUZ, 1996]. Otros autores han estudiado el crecimiento facial en función del crecimiento en períodos concretos, como el estirón puberal [BURKE y HUGHES-LAWSON, 1988], pero sin relacionarlo con otros parámetros antropométricos de otras partes del cuerpo.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, nuestro propósito en este trabajo es estudiar diferentes parámetros antropométricos y del crecimiento de un grupo de niños gallegos, para lo cual hemos establecido los siguientes objetivos:

- Primero.- Estudiar los valores del peso, estatura, diámetros óseos, perímetros de miembros y pliegues cutáneos, para observar su distribución en la población estudiada y poder compararlos con los datos de estudios previos llevados a cabo en Galicia y en otros países desarrollados.
- Segundo.- Establecer los valores del índice de masa corporal de la población estudiada, para utilizarlo como un parámetro de evaluación del estado nutricional de la misma.
- Tercero.- Determinar el somatotipo o forma corporal del grupo estudiado, cuantificando sus tres componentes (endomorfia, mesomorfia y ectomorfia), así como estudiar los cambios que se producen en sus valores con la edad.
- Cuarto.- Estudiar la composición corporal de la muestra, cuantificando los componentes del peso: graso, óseo, muscular y residual, en función de ecuaciones basadas en métodos antropométricos.
- Quinto.- Estudiar parámetros antropométricos faciales de altura y anchura, para establecer la relación de estos datos faciales con otros índices del crecimiento y de la composición corporal de otras regiones.

II.- Introducción.

II. Introducción.

II. 1.- Antropometría.

II. 1. 1.- Recuerdo histórico.

El término antropometría (del griego *antropos* = hombre y *metros* = medir), significa medición del hombre. La antropometría ha sido definida por HRDLIČKA [1920] como la ciencia que se ocupa de observar y medir al hombre, su esqueleto y otros órganos, mediante medios fiables y con objetivos científicos. Es, por tanto, la rama de las ciencias biológicas que tiene por finalidad el estudio de los caracteres mensurables de la morfología humana. El método antropométrico se basa en la medida sistemática y en el análisis cuantitativo de las variaciones de las dimensiones del cuerpo humano [SOBRAL, 1985].

En el inicio de la historia del hombre, sus únicos instrumentos de trabajo eran los miembros superiores e inferiores, los cuales, además, constituían el patrón de medida para todas las cosas. De este modo, la longitud de la palma de la mano estableció una unidad de medida: el palmo; con el dedo pulgar, se medían pulgadas; con los brazos, otra medida denominada braza y con la longitud de la huella del pie, el pie. Estas diferentes unidades permitían establecer las dimensiones y distancias de su entorno [DE ARANZADI, 1908].

La aparición de oficios diferentes hizo necesario unificar las medidas en cada pueblo o comunidad, eligiendo un patrón para cada clase (peso, longitud, etc), que guardaba y custodiaba la comunidad. La necesidad o conveniencia de que los múltiplos de ese patrón fuesen números enteros provocó que alguna medida se forzase o exagerase más de lo natural, como ocurrió con el pie de rey.

El desarrollo del comercio y de la industria, con un incremento en el intercambio de productos entre los diferentes países, reveló que las unidades de medida vigentes eran imperfectas, con grandes variaciones entre comunidades. Este hecho obligó a buscar una exactitud y uniformidad, rechazando las medidas basadas en el cuerpo humano, lo que llevó a la invención del sistema métrico decimal. La primera tentativa de implantar un sistema de medidas fue llevada a cabo por Mouton (1670), siendo a finales del siglo XVIII, en la década de 1790, cuando se introdujo y adoptó legalmente en Francia el sistema métrico decimal. Más tarde, se definieron las unidades de medida de longitud, peso y capacidad, de las que se elaboraron unos patrones que fueron depositados en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de Sèvres, cerca de París. Así, el metro patrón se definió en 1875.

En la misma época de implantación del sistema métrico decimal, a mediados del siglo XIX, surge, como un campo diferenciado de la ciencia, la Antropología o estudio de los seres humanos desde una perspectiva biológica, social y humanista, y dentro de ella, la Antropología física, que estudia la evolución biológica y la

adaptación fisiológica de los seres humanos. El primer tema de estudio de esta disciplina fue el de las razas humanas (estudios craniológicos de Retzius; otros estudios de Topinard y de De Quatrefages), para luego abordar temas como las diferencias somáticas dentro de los distintos grupos raciales.

Las diferencias entre las razas humanas, y entre los diferentes individuos, se expresaron como diferencias de tamaños y proporciones, para lo que se hizo necesario establecer una sistemática de las diferentes medidas: establecer puntos de referencia de esas medidas, determinar cuáles de éstas se escogían para comparar a los sujetos estudiados, desarrollar los instrumentos y aparatos de medición, etc. Esto condujo al desarrollo de una parte importante de la Antropología: la que se encarga de los aspectos relacionados con la medición del hombre y que pasó a denominarse Antropometría. La contribución de esta disciplina al estudio de la variabilidad biológica de la especie se hizo patente a partir de los primeros estudios conducidos por Paul Broca (1821-1902).

A partir de ese momento, comenzaron a realizarse estudios de talla, peso, crecimiento, medidas craneales, etc, que condujeron, en algunos casos, a elaborar teorías erróneas como la de que las medidas craneales están relacionadas con la inteligencia (craneoscopia de Gall), o la de la relación existente entre la forma corporal y la conducta antisocial (antropología criminal de Lombroso). Las mediciones tuvieron también su aplicación en el área de la Justicia, para la identificación exacta de las personas, siendo Bertillon, en el año 1879 en París, el que desarrolló este campo denominado sistema antropométrico de identificación. En España, la aplicación de este procedimiento se estableció por un Real Decreto de 1892, organizándose gabinetes antropométricos para la identificación judicial [REVERTE COMA, 1991].

Desde entonces, la antropometría se ha desarrollado cada vez más, extendiéndose su aplicación a diferentes campos, como el de la nutrición y el control ponderal; las ciencias de la actividad física y el deporte, donde se ha desarrollado bajo el nombre de cineantropometría [ROSS, 1978].

Dentro de la antropometría pueden considerarse diferentes divisiones. La somatometría, que consiste en la evaluación de las dimensiones corporales del sujeto vivo; la cefalometría, que se ocupa de las medidas de la cabeza en el sujeto vivo y la craniometría, que está dedicada al estudio de las medidas del cráneo; la pelvimetría, que estudia las medidas pélvicas en el sujeto vivo y en el esqueleto de esa región; la odontometría, etc. Un término relacionado con la antropometría es el de antroposcopia, que se basa en la apreciación visual y descripción de los rasgos que no son susceptibles de medición directa, como la pigmentación o coloración de la piel, dermatóglifos, grado de hirsutismo, etc. [SOBRAL, 1985].

II. 1. 2.- Medidas antropométricas, instrumentos y técnicas de medición.

La antropometría es, por tanto, un conjunto de técnicas estandarizadas para la toma sistemática de medidas del cuerpo humano y sus diferentes partes. Permite cuantificar el tamaño, proporciones y forma general del cuerpo.

El valor de los datos antropométricos reside en la posibilidad de establecer comparaciones objetivas entre individuos o grupos de éstos. Por ese motivo, y para poder comparar datos de diferentes trabajos, es preciso que exista una uniformidad en las técnicas y procedimientos antropométricos, una descripción minuciosa de cómo llevarlos a cabo y unos instrumentos de medición que reúnan condiciones de estandarización. Además de todo esto, se requiere un entrenamiento riguroso del explorador, controlando los errores de medida. BEHNKE [1963] decía que un antropometrista debe practicar, por lo menos, cien veces la misma técnica de medición antes de poder aceptar, con una cierta seguridad, los valores que de dicha técnica obtenga.

Esta necesidad de homogeneizar y estandarizar las mediciones surge ya desde los primeros estudiosos de la Antropología: Broca, Lawrence, Haddon, Keith y Martin. Las primeras resoluciones de acuerdos sobre mediciones surgen en congresos celebrados en 1880 (Acuerdo de Frankfurt) y 1912 (Ginebra), unificándose en este último la medición de 49 variables antropométricas [RIVET, 1912]. En los años 60, surge el Programa Biológico Internacional (IBP), y dentro de él se constituye la comisión de Antropometría-Fisiológica, donde se debate la estandarización de un gran número de medidas antropométricas. En 1969, el IBP publica un texto, que es ya un clásico en la historia de la antropometría, donde se recoge una lista de medidas estandarizadas [WEINER y LOURIE, 1969].

Tras la desaparición en 1972 del IBP, surge el IWGK (International Working Group in Kinanthropometry) como la entidad organizadora y aglutinadora de las diferentes actividades en antropometría. En 1986, se constituye una nueva organización que reemplazó al IWGK y que se denominó ISAK (International Society of the Advancement of Kinanthropometry), la cual unificó las medidas y protocolos de medición, utilizados en la actualidad y que son seguidos por el Grupo Español de Cineantropometría [ARAGONÉS y cols., 1993; NORTON, 1996; ROSS y MARFELL-JONES, 1991].

El número de medidas que pueden ser tomadas es casi ilimitado, por lo que en un protocolo de estudio del crecimiento han de seleccionarse aquéllas que aporten una información útil a dicho estudio. Citaremos a continuación algunos de los indicadores antropométricos más usados en el estudio del crecimiento somático.

El peso y la estatura o altura son las dos medidas más usadas en el crecimiento. El *peso corporal* es una medida de la masa corporal, compuesta de diferentes y variados tejidos. Para su medición se utilizan básculas de diferentes tipos, que han de tener una precisión de 100 g. Aunque debería pesarse al sujeto

desnudo, lo normal es que se haga con el sujeto en ropa interior y sin zapatos. La *estatura*, o altura de pie, es la medida lineal de la distancia entre el suelo y el vértex, para lo que se utiliza un antropómetro o escala métrica, con una precisión de 1 mm. Entre el nacimiento y los 2-3 años de vida, la estatura suele medirse con el sujeto acostado sobre su espalda. Es preciso recordar que en posición acostada, el sujeto presenta una mayor longitud.

La estatura y el peso presentan variaciones a lo largo del día. La estatura es mayor por la mañana en 1 cm o más, debido a que los discos intervertebrales están menos comprimidos que por la tarde. Este hecho debe tenerse en cuenta a la hora de llevar a cabo mediciones con pequeños intervalos de tiempo, lo que podría originar que ligeros cambios en las medidas podrían reflejar esta variación en el momento del día en que fueron realizadas. Lo mismo ocurre con el peso, siendo ligeramente más ligero un individuo por la mañana, especialmente tras vaciar su vejiga urinaria. En la mujer, las diferentes fases del ciclo menstrual provocan también cambios en el peso corporal.

Dentro de los componentes de la estatura, tenemos la *altura sentado*, que como su nombre implica, es la distancia existente entre la superficie sobre la que estamos sentados hasta el vértex, con la espalda erguida. Este dato proporciona una medida de la longitud de la extremidad inferior, la llamada longitud subisquiática. Esta medida puede realizarse también en niños de 0 a 3 años, con el sujeto acostado, flexionando la cadera y midiendo la distancia entre el vértex y las nalgas.

Otro grupo de medidas que se realizan habitualmente son *anchuras o diámetros*, que pueden ser tomadas en el plano frontal (diámetros transversos o anchuras) o en el plano sagital o parasagital (diámetros anteroposteriores o sagitales), en ambos casos perpendiculares al eje longitudinal del segmento corporal [SOBRAL, 1985]. Estas anchuras pueden ser medidas con un paquímetro o compás de pequeños diámetros. Las medidas de anchura se toman habitualmente entre puntos de referencia óseos y proporcionan una información acerca de la robustez o firmeza del esqueleto. Las cinco anchuras más utilizadas son: el *diámetro biacromial*, medido entre los procesos acromiales derecho e izquierdo; el *diámetro biliocrestal*, medido entre las partes más laterales de ambas crestas ilíacas; *diámetro biepicóndileo* de húmero, medido entre los epicóndilos medial y lateral del húmero; *diámetro biestiloideo* o distancia entre las apófisis estiloides de cúbito y radio y, por último, el *diámetro bicondileo de fémur*, distancia entre las partes más laterales de los cóndilos femorales.

Las *circunferencias de los miembros o perímetros* son otro grupo de medidas que son utilizadas como indicadores relativos del desarrollo muscular. Son muy fáciles de medir, ya que se requiere un equipo muy simple, como es una cinta antropométrica, por lo que puede ser una alternativa a la medición de los pliegues cutáneos, que en algunos individuos no pueden ser medidos fácilmente [MUELLER y cols., 1987]. Es conveniente recordar que una circunferencia no solamente incluye músculo, sino también el hueso subyacente y la capa de piel y tejido graso subcutáneo, por lo que esta medida no proporciona la medición del tejido muscular

en sí, pero dado que el músculo es el principal componente de la circunferencia (excepto quizás en los sujetos obesos) puede utilizarse la circunferencia como un indicador relativo del desarrollo muscular.

Las circunferencias más usadas son las del *brazo* y de la *pierna*, medidas en la parte media del brazo y pierna, respectivamente.

El espesor de diferentes *pliegues cutáneos* es otro tipo de medidas que se realizan habitualmente. Estas mediciones indican la cantidad de grasa subcutánea, y se realizan por medio de un plicómetro (calibrador o compás de pliegues cutáneos), pellizcando una doble capa de piel con el tejido subcutáneo subyacente y midiendo su espesor. Los pliegues pueden medirse en numerosos lugares del cuerpo, pero los más utilizados son los pliegues tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, el pliegue anterior del muslo y el medial de la pierna [LOHMAN y cols., 1988].

Otras medidas pueden ser útiles en determinadas fases del crecimiento, como la circunferencia de la cabeza (perímetro craneal), que hasta los 3-4 años de edad es un indicador del crecimiento craneal y cerebral.

El conjunto de medidas que se ha descrito proporciona información acerca del tamaño del niño como un todo, así como de partes específicas del cuerpo. Pero, los individuos pueden ser similares en las medidas corporales globales y variar, sin embargo, en la forma, proporciones y distribución de los tejidos.

Las medidas obtenidas pueden ser relacionadas unas con otras para obtener *índices* o *ratios*. Estos índices se suelen calcular relacionando dos medidas, dividiendo la medida más pequeña por la más grande, aportando información acerca de la forma o de las proporciones.

Tres son las ratios más utilizadas en los estudios sobre crecimiento. La primera es el *peso relativo a la estatura*, o cociente peso/estatura. Esta ratio expresa si el peso de un niño es elevado, bajo o adecuado para su estatura. Durante el estirón puberal, la relación entre peso y estatura cambia temporalmente, ya que, en primer lugar, aumenta la estatura y más tarde, el peso, por lo que la relación entre las dos medidas se altera. Una vez que cesa el crecimiento en altura, este índice vuelve a ser útil.

El primer índice estaturponderal utilizado fue el propuesto por Quetelet que se expresaba por el cociente estatura / peso, pero al comparar una dimensión lineal con otra volumétrica, es poco utilizado. Un índice más utilizado, en cambio, es el llamado *índice de masa corporal*, propuesto por Kaup, y que ha recibido diferentes nombres (de Barden, de Gould o *body build index* de Davenport). Se calcula dividiendo el peso en Kg por la estatura al cuadrado (medida en metros). Es una medida de amplio uso en estudios de obesidad y sobrepeso, aunque su utilidad en la infancia, en la niñez temprana y en los adolescentes varones es limitada.

Otro índice utilizado frecuentemente es el cociente *altura sentado / estatura*, expresado en porcentaje, lo que se conoce también como *índice córmico* [VALLOIS, 1965]. Este dato estima la longitud relativa del tronco y, consiguientemente, la longitud relativa del miembro inferior. Dos sujetos con la misma estatura pueden presentar valores de esta ratio del 55% y 50 % respectivamente, lo que indica que el

primer sujeto tiene un tronco de más altura que el segundo, y, por tanto, miembros inferiores más cortos.

El índice córmico permite clasificar a los individuos en las siguientes categorías: braquicórmico (de tronco corto) con un índice inferior al 51% en varones y al 52 % en mujeres; metricórmico (de tronco medio) con valores de este índice comprendidos entre 51.1 y 53 en varones y 52.1 y 54 en mujeres; el tercer grupo es el de macrocórmicos, con índices superiores al 53.1 en varones y 54.1 en mujeres [COMAS, 1966].

El tercer índice es el cociente *diámetro biiliocrestal/diámetro biacromial*, que indica la relación entre la región de la cadera y la del hombro, pudiendo seguirse las relaciones entre estas regiones a lo largo del crecimiento.

II. 1. 3.- Antropometría de la cabeza y la cara.

El origen de la antropometría se establece en el estudio, por parte de los antropólogos, de aquellos restos humanos y estructuras que perduran más a lo largo del tiempo: huesos y dientes; de ahí surgió la *osteometría*, ciencia descriptiva que permite cuantificar objetivamente los huesos humanos. La posibilidad de medir al sujeto vivo o *somatometría*, amplía las aplicaciones de la antropología física y se convierte en una herramienta importante en el estudio de los cambios evolutivos del hombre y de las diferencias existentes entre razas o zonas geográficas.

De estas ciencias se derivaron otras: de la osteometría se derivó la craneometría, y de la somatometría surgió la *cefalometría*, que engloba el estudio de todas las estructuras, duras y blandas, de la cabeza humana [BARRACHINA, 1988].

La aplicación inicial de la cefalometría fue el estudio del crecimiento facial infantil, a través del seguimiento de un grupo de niños normales, a lo largo del tiempo. Luego, esta ciencia ha encontrado su mayor utilidad en la clínica ortodóncica [DOWNS, 1948; RIEDEL, 1952; STEINER, 1953, 1959; RICKETTS, 1960]. Otra aplicación importante es la identificación de anomalías del complejo craneofacial y su clasificación, de gran ayuda en el planteamiento de la corrección quirúrgica de las mismas y su seguimiento [WARD, 1989]. Desde un punto de vista histórico, debemos citar a CAMPER, quien a finales del siglo XVIII, fue, quizás, el primer antropólogo que empleó mediciones angulares para determinar las dimensiones de la cara, definiendo el triángulo que lleva su nombre [BARRACHINA, 1988].

Vemos, por tanto, que la cefalometría es un instrumento válido para el estudio del crecimiento y desarrollo faciales, y con este fin fue aplicada inicialmente [BROADBENT, 1937; BRODIE, 1941; BJORK, 1947]. El examen de la cabeza y la cara puede llevarse a cabo por *antroposcopia* (del griego *anthropos*, "hombre", y *skopein*, "examinar") que valora la construcción del cuerpo humano basándose en la inspección. Esta valoración visual, uno de los métodos de examen más antiguos y todavía utilizado en la medicina actual, tiene el inconveniente de que es muy

subjetiva, por la naturaleza tridimensional de la cara y también, por el impulso a hacer estimaciones basadas en comparaciones subconscientes de los tamaños de diferentes características faciales [FARKAS y KOLAR, 1987]. Existen alrededor de sesenta características antroposcópicas de referencia en la cabeza y en la cara, muchas de las cuales no pueden ser expresadas numéricamente, como son el mayor o menor grado de epicanto o de ptosis palpebral, la forma del trago, o la posición de la oreja dentro de la cabeza, basándose en la situación del conducto auditivo externo [LEIBER, 1972; FARKAS, 1978].

El estudio de estas regiones también puede realizarse mediante la *antropometría*, la cual permite una valoración cuantitativa, lo que es de mayor utilidad, ya que permite comparar datos entre diferentes investigadores. Debido a esto, a lo largo de los años, se han ido introduciendo nuevas técnicas de medición para conseguir cuantificar lo que antes constituían datos antroposcópicos. Decía GOLDSTEIN [1936] que la "extrema precisión de las ciencias físicas es escasamente posible,..... pero se debe tratar de alcanzar el máximo de precisión posible". A pesar de los diferentes intentos, no siempre es fácil cuantificar determinados parámetros o unificar las técnicas de medición [WEINER y LOURIE, 1969; KOLAR, 1993].

El estudio antropométrico de la cabeza y la cara puede ser realizado a partir de una *posición de reposo* o de la *posición estándar*, que requiere que la cabeza del sujeto se sitúe en el plano de Frankfurt horizontal.

La posición de reposo podría definirse como aquella que adopta un individuo espontáneamente, y que es percibida por el sujeto como aquella en la que su cabeza alcanza un equilibrio natural [SOLLOW y TALLGREN, 1971]. La adopción de esta posición, o la de recostado en un sillón dental, no influye en la determinación de muchas medidas, por lo que, por mayor comodidad, puede ser adoptada por el sujeto.

La posición estándar o de Frankfurt horizontal, es necesaria para todas aquellas medidas basadas en la posición del vértex, y las inclinaciones con respecto a este punto. Para ello, puede ser de gran utilidad un ayudante que mantenga la cabeza del sujeto en posición, junto con dispositivos que permitan controlar la posición correcta en todo momento [FARKAS y DEUTSCH, 1982].

Los instrumentos de medida son los mismos que se han citado en el apartado correspondiente a las medidas antropométricas, pero la morfología de la cabeza y la cara, junto con la dificultad que plantea la determinación de algunas medidas, ha conducido al diseño de instrumentos de medida específicos para estas regiones corporales. Podemos citar el medidor de ángulos en el perfil facial [VENKATADRI y cols., 1992] o dispositivos con nivel para comprobar la posición de la cabeza [FARKAS y DEUTSCH, 1982].

La localización precisa de los puntos antropométricos en la superficie de la cabeza y de la cara es esencial para una correcta medición. Dentro del elevado número de puntos, podemos destacar en la cabeza, el vértex, la glabella y el inion. En la cara: el gonion (en la mandíbula) y el zygion, en el arco zigomático.

También cabe citar los tres puntos anatómicos que definen la línea media de la cara y que se han utilizado en el desarrollo del presente estudio:

- Nasion, o punto en la línea media de la raíz nasal y de la sutura nasofrontal. Este punto siempre se sitúa por encima de la línea que conecta los dos endocantos y el punto óseo coincide con el punto de tejido blando [HRDLIČKA, 1920; ASHLEY-MONTAGU, 1935]. Si, después de una lesión de los huesos nasales o tras cirugía correctiva de la nariz, el nasion no puede ser bien definido por palpación, el punto que lo sustituye será la intersección de la línea media de la raíz nasal y la horizontal que es tangencial al punto más alto del surco palpebral superior [ASHLEY-MONTAGU, 1935].
- Subnasal, o punto medio de la línea base de la columela, donde confluyen el borde más bajo del septo nasal y la superficie del labio superior [HOWELLS, 1937]. Este punto no es idéntico al subnasion óseo o nasoespinal, el cual es el punto medio del margen anterior de la apertura piriforme en la base de la espina nasal anterior [GODYCKI, 1956].
- Gnation o mentón, es el punto más bajo situado en la línea media, en el borde inferior de la mandíbula. Se identifica muy bien por palpación y es idéntico al gnation óseo [GODYCKI, 1956], siendo el que se toma como referencia del punto más bajo de la altura facial.

Los parámetros antropométricos que pueden ser estudiados en las regiones cefálica y facial pueden ser de diferente tipo: medidas lineales simples (transversales o longitudinales); medidas tangenciales (arcos, circunferencias); medidas lineales apareadas, para comparar un lado de la cabeza con el otro; medidas angulares, etc. Este conjunto representa más de cien parámetros, muchos de ellos descritos hace décadas [HOWELLS, 1937].

II. 2.- El proceso de crecimiento. Crecimiento, maduración y desarrollo.

El *crecimiento* es una de las características propias de los seres vivos, y es la consecuencia de la producción de células estructurales en una tasa superior a la de su destrucción [SOBRAL, 1985]. Es la actividad biológica dominante en las dos primeras décadas de la vida del ser humano, incluyendo también el período prenatal, y a lo largo de todo este tiempo, el individuo no solamente crece, sino que, al mismo tiempo, madura, transformándose en un sujeto adulto.

El crecimiento es un proceso dinámico en el que los cambios moleculares en las células, sometidos a un gran número de diferentes controles y sujetos a un ambiente físico cambiante, son traducidos a la elongación de los huesos largos en el cartilago de crecimiento [WALES, 1998]. En términos biométricos, el crecimiento es un incremento en el tamaño corporal total, es decir, un aumento dimensional

conseguido a expensas del mayor tamaño que adquieren las diferentes partes del cuerpo.

Los cambios en tamaño son el resultado de dos procesos celulares fundamentales [CRUZ, 1994; NEEDLMAN, 1997]:

A) *Hiperplasia*, o incremento en el número de células. Este incremento está en función de las mitosis celulares, con la consiguiente replicación del ADN y la gran síntesis proteica, que conducen a la formación de dos células idénticas en cuanto a dotación génica.

Aunque los estudios de crecimiento se ocupan, sobre todo, del que ocurre en el período postnatal, no hay que olvidar que es durante el período intrauterino cuando se produce el aumento de tamaño más importante (un ejemplo es que el feto crece unos 4 cm/mes en el 4º mes de gestación frente a 1 cm/mes durante el estirón puberal).

B) *Hipertrofia* o incremento en el tamaño de las células. Este aumento dimensional del tamaño celular es resultado del incremento de unidades funcionales dentro de la célula, como proteínas y sustratos, evidente en el caso de la hipertrofia muscular que se desarrolla con el ejercicio físico regular. Es conveniente recordar que durante el tercer trimestre de gestación, se produce un importante crecimiento hipertrófico.

Además de estos procesos celulares, se produce también una *acreción* o *aumento de la sustancia intercelular*, tanto orgánica como inorgánica.

Estos tres procesos -hiperplasia, hipertrofia y acreción- tienen lugar a la vez durante el crecimiento, pero cualquiera de ellos puede predominar sobre los demás en determinados períodos de edad o en diferentes tejidos orgánicos. Así, el número definitivo de neuronas de un individuo se alcanza hacia la mitad de la gestación, mientras que el número de fibras musculares esqueléticas se establece muy poco después del nacimiento. Por ello, el crecimiento de estos dos tejidos estará basado en la hipertrofia. Por el contrario, en el crecimiento óseo están implicados los tres procesos a la vez [TANNER, 1989]. Dependiendo del momento en el que su crecimiento es mayor, cada tejido presentará un *período crítico* diferente, entendiendo como tal aquel estadio de formación en el que dicho tejido se vuelve más vulnerable a las distorsiones de un crecimiento normal [CRUZ, 1994].

Tal como se ha definido hasta ahora, el concepto de crecimiento asienta en un criterio cuantitativo. Sin embargo, el camino que un individuo debe recorrer hasta llegar a la edad adulta, incluye otras modificaciones de tipo cualitativo, que son indicativas de *maduración*. Este concepto, muy utilizado también en la descripción del crecimiento, es más difícil de definir y precisar. A menudo, se define como la secuencia temporal de progreso hacia el estado biológico maduro [MALINA y BOUCHARD, 1991]. En esta progresión hacia la madurez, pueden producirse variaciones en la tasa de cambios, en muy diferentes períodos.

Este concepto de "madurez" es diferente para cada aparato o sistema que se considere: la madurez sexual es la completa capacidad reproductora, mientras que la madurez esquelética se consigue con la total osificación del esqueleto adulto.

La maduración puede ser expresada de forma cuantitativa, como *edad de maduración completa*, utilizando el método de BLALOCK [1960] y que define esta edad del siguiente modo:

- En medidas o parámetros que se incrementan con la edad, la edad de maduración es aquella a la cual el valor medio de la medida más dos errores estándar de la media alcanzan a la media menos dos errores estándar de la media a los 18 años de edad.
- En medidas o parámetros que disminuyen con la edad, es la edad a la cual el valor medio del hallazgo menos dos errores estándar de la media alcanzan a la media más dos errores estándar de la media a la edad de 18 años.

Ambos conceptos, crecimiento y maduración, son direccionales, con el propósito de conseguir un fin: la madurez o estado adulto. El crecimiento se basará en el tamaño, mientras que la maduración lo hará en la tasa, en la progresión del tamaño alcanzado. El siguiente ejemplo ilustra mejor esta diferencia: dos niños pueden tener la misma talla en un momento determinado (por ejemplo, 1,20 m, es decir, el mismo crecimiento), pero uno de ellos haber alcanzado el 60% de su estatura adulta futura y el otro, el 70%. Se encontrarían en diferentes estadios de maduración.

Los términos *crecimiento* y *maduración* se utilizan asociados a otro término que es el de *desarrollo*. Éste último es un concepto más amplio, que se suele utilizar en dos contextos diferentes:

- A) Biológico, en el que se define el desarrollo como la diferenciación de las células a lo largo de líneas especializadas de función. Esto tiene lugar, principalmente, en la vida prenatal, en la que los tejidos y órganos están formándose y va a depender de la activación o no de determinados grupos de genes. El desarrollo continúa, por supuesto, en la vida postnatal, en la que los diferentes sistemas perfeccionan y afinan sus funciones.
- B) Conductual, relacionándose el desarrollo con la adquisición de competencias en diferentes campos: social, intelectual, cognitivo, emocional, etc [MALINA y BOUCHARD, 1991].

Crecimiento y maduración son, esencialmente, procesos biológicos, mientras que el concepto de desarrollo tiene un rango más amplio, implicando aspectos de conducta. El desarrollo es un concepto fisiológico que supone la diferenciación de las formas del cuerpo, la organización y complejidad de sus estructuras y los cambios de sus funciones incluyendo aquellas que dependen de la interacción con el entorno como son la emocional y social [CRUZ, 1994].

El crecimiento, desarrollo y maduración actúan en un marco temporal, por lo que pueden ser medidos u observados, bien en un determinado momento, o bien a lo largo de un período más largo.

La rama de la biología que se ocupa del desarrollo de los organismos y, en una acepción más restrictiva, del estudio del crecimiento, se denomina *auxología*.

La aplicación de las técnicas antropométricas con el objetivo de apreciar las modificaciones de dimensión, proporcionalidad, composición y forma corporal, que tienen lugar en el período de crecimiento, se conoce como *auxometría* [SOBRAL, 1985].

El punto de referencia para el estudio es la *edad cronológica* del sujeto. Pero no debemos olvidar que niños y niñas de la misma edad cronológica pueden diferir en varios años en sus niveles de maduración biológica. A los 12 años, por ejemplo, algunas niñas pueden ser ya sexualmente maduras, otras estar en un proceso de maduración sexual y un tercer grupo ni siquiera haber comenzado dicho proceso. Lo mismo podría decirse de los niños de 14 años de edad.

II. 3.- El crecimiento postnatal: períodos y patrones de crecimiento

El crecimiento postnatal se suele dividir, aunque de forma algo arbitraria, en tres períodos de edad [KROGMAN, 1972; LOWREY, 1973]:

1.- *Infancia*, la cual comprende el primer año de vida. Corresponde a un período de rápido crecimiento en la mayor parte de los sistemas corporales, sobre todo del sistema neuromuscular.

2.- *Niñez*, que abarca desde el primer año hasta el comienzo de la adolescencia. Es un período de progreso estable en el crecimiento y en la maduración, así como de un rápido progreso en el desarrollo motor y neuromuscular.

La niñez suele dividirse en dos partes [MEREDITH, 1978]:

- A) Niñez temprana, que abarca desde el final del primer año hasta los 5 años, correspondiéndose con la etapa preescolar.
- B) Niñez tardía, desde los 6 años hasta el comienzo de la adolescencia.

Debido a que el crecimiento desde el momento del nacimiento hasta el tercer año de vida es muy rápido, los individuos deberían ser medidos, en este período, cada 3 meses para poder controlar adecuadamente los cambios en el proceso de crecimiento.

3.- *Adolescencia*, la cual es difícil definir en términos de edad, ya que hay enormes variaciones en su edad de comienzo y de terminación. Los límites que se suelen aceptar, como variaciones normales, para el comienzo y final de la adolescencia son:

- Entre los 8 y los 19 años, en el sexo femenino.
- Entre los 10 y los 22 años, en el sexo masculino.

La adolescencia comienza con una aceleración en la tasa del crecimiento en estatura. Esta tasa alcanza un pico, el llamado estirón de crecimiento, para luego ir descendiendo (fase de deceleración) hasta alcanzar la estatura adulta. Al igual que se

ha comentado en la etapa de 0-3 años, en la adolescencia también deberían efectuarse las mediciones y controles cada 3 meses, dado el rápido crecimiento de esta fase. En el resto de las edades, las mediciones realizadas cada 6 meses, o incluso cada año, pueden proporcionar suficiente información.

La adolescencia, desde un punto de vista funcional, debe ser abordada en términos de maduración sexual, comenzando con cambios en el sistema neuroendocrino que son previos a los cambios estructurales antes citados y terminando cuando se alcanza la función reproductora madura [SINCLAIR, 1985].

La división de los períodos de crecimiento que se ha descrito, no es compartida por todos los autores. Para SOBRAL [1985] se dividiría en:

- 1ª infancia (desde el nacimiento hasta el 24º mes de vida extrauterina).
- 2ª infancia (desde el comienzo del tercer año hasta que se inicia la pubertad).
- Pubertad.

El crecimiento que tiene lugar en el período postnatal puede presentar cuatro patrones de crecimiento, propuestos por SCAMMON [1930]. Éste, tras el análisis de diferentes partes y órganos del cuerpo humano, concluyó que el crecimiento de los distintos tejidos podía resumirse en cuatro patrones, que él denominó *general*, *neural*, *genital* y *linfoide* y que representó por medio de curvas de crecimiento sistémico a lo largo del tiempo. Aunque dichas curvas tienen limitaciones, sirvieron como punto de partida para resumir la diferente naturaleza del crecimiento en los distintos órganos y tejidos en el período postnatal.

La curva de *crecimiento general* corresponde a un patrón sigmoide (en forma de S) con cuatro fases: en la infancia y en la niñez temprana existe un crecimiento rápido; en la niñez tardía hay un crecimiento constante, pero más estable que en la anterior fase; un rápido crecimiento durante el estirón puberal y un cese del crecimiento tras la adolescencia.

A este patrón general de crecimiento corresponde el crecimiento del cuerpo como un todo, pero también es característico de la mayor parte de los sistemas corporales, como los aparatos respiratorio, urinario y digestivo; la sangre y vasos sanguíneos; músculos esqueléticos y la casi totalidad del esqueleto (excepto algunas partes del cráneo y de la cara).

El *crecimiento neural* es el que se produce en el sistema nervioso central y periférico y en sus estructuras asociadas, como ojos, parte superior de la cara, etc.

La curva *neural* se caracteriza por un crecimiento rápido en la etapa postnatal temprana, de manera que el 95% del crecimiento neural se alcanza alrededor de los 7 años de edad, aunque puede presentar un ligero crecimiento durante la adolescencia. Algunas medidas antropométricas de la cabeza (como su longitud y anchura) y la órbita, pueden alcanzar en el primer año de vida, entre un 84 y un 88% de su valor en la edad adulta [FARKAS y HRECZKO, 1994].

La *curva genital* traduce el patrón de crecimiento de los caracteres sexuales primarios y secundarios. La curva muestra un ligero crecimiento en la infancia,

seguido por un período de latencia en la mayor parte de la niñez, para mostrar un rapidísimo crecimiento y maduración durante el estirón puberal.

Dentro de las estructuras que experimentan este patrón de crecimiento tenemos:

- Caracteres sexuales primarios, en los que se incluyen:
 - En la mujer: ovarios, útero, trompas de Falopio y vagina.
 - En el varón: testículos, vesículas seminales, próstata y pene.
- Caracteres sexuales secundarios que incluyen: las mamas en las mujeres; el vello púbico y axilar en ambos sexos y el vello facial y el crecimiento de la laringe en los varones.

La *curva linfoide* representa el crecimiento de aquellos tejidos que están implicados en los procesos de inmunidad, incluyéndose aquí la resistencia a las enfermedades infecciosas. Estos tejidos son: los ganglios linfáticos, el timo, las amígdalas, el apéndice y los islotes de tejido linfoide que se encuentran en el intestino.

El crecimiento de dichos tejidos es muy rápido durante la infancia y la niñez, alcanzando su máximo alrededor de los 13 años de edad, momento en el que los niños llegan a poseer el doble de tejido linfoide del que tendrán como adultos. A partir de ese momento, durante la segunda década de la vida, la curva describe un trazo en declive, debido a la involución que sufren, sobre todo, el timo y las amígdalas.

Las curvas de SCAMMON [1930] nos indican la naturaleza diferencial del crecimiento postnatal, produciéndose un crecimiento no simultáneo en las diversas zonas del cuerpo, con distintas tasas de crecimiento y en períodos de tiempo muy diferentes.

Sin embargo, hay varias excepciones a estos patrones de crecimiento; una de ellas es el crecimiento del esqueleto craneofacial. Las órbitas, la parte alta de la cara y la bóveda craneal siguen la curva neural y completan la mayor parte de su crecimiento alrededor de los 7 años de edad, siguiendo el patrón de crecimiento de las estructuras nerviosas que albergan. Por el contrario, la parte baja de la cara, incluyendo la mandíbula, sigue el patrón general de crecimiento.

Además, a lo largo del crecimiento se producen cambios en las proporciones corporales, y para que esto ocurra, es necesario que en los diferentes segmentos corporales se instauren velocidades de crecimiento diferenciadas. Este fenómeno se conoce como *crecimiento diferencial o alométrico*, descrito y cuantificado por HUXLEY [1932], siendo la *alometría* la existencia de un crecimiento diferencial, expresando las relaciones sistemáticas entre las dimensiones del cuerpo cuando éstas aumentan [BURMEISTER, 1965].

La alometría se expresa matemáticamente por la ecuación de HUXLEY: donde $Y = aX^b$ donde X e Y son dos medidas cualesquiera, b es el coeficiente de alometría y a el valor de la ordenada para Y cuando X=1. Si consideramos dos medidas X e Y, la alometría puede ser positiva cuando Y crece a una tasa superior a

la de X ($b > 1$), mientras que será negativa si Y crece a una tasa inferior a la de X ($b < 1$).

Las proporciones se expresan en términos de ratios o porcentajes, y dos de ellas, en particular, son las que contribuyen a la comprensión del crecimiento alométrico, de las diferencias entre sexos, y del impacto del estirón puberal sobre las proporciones corporales: son los ratios altura sentado/estatura y diámetro biiliocrestal/diámetro biacromial [TANNER, 1962].

II. 4.- El estudio del proceso de crecimiento.

II. 4. 1.- Objetivos de los estudios de crecimiento.

El crecimiento debe ser estudiado a nivel individual, y también en muestras de individuos dentro de diferentes comunidades y naciones [EVELETH y TANNER, 1976].

El estudio del crecimiento y de la maduración aporta información de gran interés en diferentes aspectos:

A) Un mejor conocimiento de estos procesos de crecimiento contribuye a una mayor comprensión de la *variabilidad biológica dentro de la especie humana*, ya que un porcentaje significativo de esta variabilidad, presente en los adultos de cualquier población, tiene su origen durante los años de crecimiento, incluyendo el período prenatal.

Los procesos de crecimiento y maduración son bastante plásticos, en el sentido de que están influenciados por una gran variedad de factores ambientales que inciden en el desarrollo del individuo, como son el aporte nutricional, patrones de actividad física, enfermedades de la infancia y niñez, etc [MALINA y ROCHE, 1983]. Estos factores interactúan con el potencial genético que el individuo posee para su crecimiento, lo que da como resultado un amplio rango de variaciones individuales.

Un objetivo importante en el estudio de los procesos de crecimiento es comprender esta variabilidad biológica en términos de su origen, su distribución en el seno de diferentes poblaciones, y su significación, es decir, comprender por qué existe esta variación, qué representa para el individuo y por qué es un proceso tan tardío y alargado en el tiempo [TANNER, 1981].

B) El *estado de crecimiento* es otro aspecto importante en los estudios de crecimiento. Se define como el tamaño alcanzado y el nivel de maduración en un momento dado de tiempo. Estos datos permiten comparar a un niño con otros de la misma edad y sexo, esto es, el estado relativo del niño con respecto a otros. Pero no solamente pueden hacerse estudios de individuos, sino que puede estudiarse el estado de un grupo de niños de una comunidad. En este sentido, este abordaje es utilizado

frecuentemente para valorar el estado nutricional de una población o su estado general de salud. Para la Organización Mundial de la Salud, el estado de crecimiento de los niños es el mejor indicador de la salud global y nutricional de una comunidad, especialmente en los países o áreas en desarrollo [WATERLOW y cols., 1977].

C) La *progresión del crecimiento* o cambios en la tasa de crecimiento a lo largo del tiempo. Para ello, precisamos tomar, en diferentes puntos de tiempo, medidas y observaciones de un niño o de un grupo de niños, lo que nos permite conocer su tasa de crecimiento (una tasa de crecimiento de 5 cm/año significa que el niño creció 5 cm a lo largo de un período de un año).

La progresión del crecimiento permitirá valorar si un niño está adelantado, retrasado o a la par, con los de su edad cronológica.

El conocimiento del estado y de la tasa de crecimiento puede ser utilizado para la predicción, puesto que en determinadas circunstancias puede ser importante saber qué talla podrá alcanzar un niño cuando llegue a adulto [TANNER y cols., 1956]. Conociendo los datos de la altura presente del sujeto, la altura de sus padres y el estado de maduración esquelética, se puede predecir, con un grado razonable de exactitud, la altura en su estadio adulto [TANNER y cols., 1975, 1983].

D) La *comparación* de datos de un individuo o grupo con datos de referencia (por medio de curvas o gráficas de crecimiento). Siempre que se estudie un individuo o grupo, ha de ser comparado con otro grupo similar, de la misma edad o sexo, o con datos de referencia obtenidos de extensas muestras de sujetos sanos [JOHNSTON, 1986].

II. 4. 2.- Métodos de estudio de crecimiento. Curvas de crecimiento.

Existen diferentes métodos de estudio del crecimiento y la elección de uno u otro tipo dependerá del propósito de la investigación que se quiera llevar a cabo.

Hay dos tipos básicos de estudios: los longitudinales y los transversales, así como una combinación de los dos diseños, el longitudinal mixto.

El tipo de estudio se escogerá en función de la pregunta que nos planteemos. Así, si lo que interesa es el estado de crecimiento de los niños de 6 años de edad, deberá plantearse un estudio transversal con individuos de esa edad. Si por el contrario, interesa conocer los efectos de una dieta, instaurada durante un cierto tiempo, sobre la composición corporal, es conveniente plantear un estudio longitudinal.

El *estudio transversal* consiste en el estudio y medición de un cierto número de individuos a una edad dada, o de diferentes edades, pero cada individuo está representado en la muestra solamente una vez. Es, por tanto, una sección transversal de una población dada, a una determinada edad.

Los resultados de un estudio transversal proporcionan información del crecimiento y maduración de los niños que componen la muestra y de la variabilidad en la muestra. Proporcionan, por tanto, datos de tamaño corporal, estadios de

maduración, etc, en el momento de la exploración. No aportan, en cambio, datos de tasas de crecimiento.

Para su realización, es necesario escoger una muestra adecuada de manera que los niños seleccionados representen una verdadera sección o corte de la población a estudiar.

Se han llevado a cabo importantes estudios transversales sobre el crecimiento, como los realizados en Holanda en los años 1955, 1965 y 1980 [ROEDE y van WIERINGEN, 1985]; en los Estados Unidos de América se realizaron estudios en el año 1963, que se continuaron con otros realizados en los años 70 y 80 [TANNER, 1981].

El *estudio longitudinal* implica observaciones repetidas de los mismos individuos a intervalos específicos a lo largo de un período de tiempo. Estos estudios proporcionan información, no sólo del estado de crecimiento, sino también de la tasa del mismo.

Los estudios longitudinales presentan mayores dificultades que los transversales para su realización. Hay que pensar que un estudio de crecimiento desde el nacimiento hasta el período adulto supone un seguimiento de unos veinte años, requiriendo invertir un largo tiempo, un equipo logístico bien organizado, gastos de transporte de los individuos al centro de estudio del crecimiento, etc. Además, otros problemas radican en que la población estudiada puede cambiar de domicilio, abandonar el estudio o incluso morir, reduciendo el número de sujetos estudiados.

Pese a las dificultades expuestas, se han llevado a cabo importantes estudios longitudinales que han proporcionado importantes datos sobre el crecimiento. Entre ellos están el Harpenden Growth Study, realizado en los suburbios de Londres y comenzado en 1948 [TANNER y cols., 1966; TANNER y WHITEHOUSE, 1982]; a este estudio, siguieron otros en Europa a mediados de los años 50, desarrollados en París [SEMPÉ y cols., 1979], Bruselas [WACHHOLDER y HAUSPIE, 1986], Estocolmo y Zurich [MOLINARI y cols., 1980]. Otros, como el estudio de crecimiento llevado a cabo en Wroclaw (Polonia), iniciado en 1961; un estudio en Suecia, sobre 700 escolares desarrollado entre 1964 y 1971; el realizado en Irlanda [HOEY y cols., 1987] y, por último, citaremos el estudio realizado en Newcastle upon Tyne (Inglaterra) comenzado en 1971 [MALINA y BOUCHARD, 1991].

Los estudios de crecimiento llevados a cabo en los Estados Unidos de América han servido de referencia para otros muchos trabajos en diferentes países. Así, se han llevado a cabo estudios que permitieron elaborar las curvas de crecimiento del NCHS [HAMILL y cols, 1977], llevados a cabo por el National Center for Health Statistics [1973, 1977, 1981] y que estudiaron muestras representativas de la población de Estados Unidos. Estos datos fueron adoptados como valores de referencia por la Organización Mundial de la Salud [DIBLEY y cols., 1987].

Un *estudio mixto longitudinal* es una mezcla de los dos anteriores. Combina los datos de individuos que son medidos en todas las ocasiones en el estudio y datos de individuos que solamente son medidos en algunas de ellas. En lugar de estudiar un gran número de individuos desde los 8 años de edad, por ejemplo, hasta los 16 años, se constituyen cohortes de individuos de 8, 10, 12 y 14 años, los cuales son estudiados a los 10, 11 y 12 años en el caso de la primera cohorte y así sucesivamente. De esta manera, un estudio de 9 años de duración puede reducirse a tres años. Este tipo de estudios proporciona datos del estado de crecimiento y de la tasa de crecimiento, pero requiere un especial tratamiento estadístico de los datos para deducir estimaciones exactas de la tasa. Por todas estas razones, es un método muy practicado en estudios de crecimiento [SOBRAL, 1985].

Los estudios antropométricos proporcionan, en ocasiones, tal cantidad de datos que las simples tabulaciones de las estadísticas descriptivas no permiten interpretar en toda su extensión dichos datos. Por eso, las representaciones gráficas de la evolución de una medida o de un conjunto de medidas se hacen indispensables y permiten comprender mejor el *patrón* o *perfil* de esa medida [SOBRAL, 1985].

Por ello, un instrumento de trabajo absolutamente indispensable en la auxología son las *curvas de crecimiento*, que según la naturaleza de los datos que utilicemos para su construcción, podrán ser de dos tipos distintos:

- *Curvas de distancia*, resultado de reunir los puntos correspondientes a los valores de una variable en diversos momentos del crecimiento. Suelen presentar forma de S. Las variaciones de la estatura y peso con la edad se recogen en estas *curvas de distancia*, diferentes para cada sexo, mostrando un patrón que es generalmente similar para todos los niños y niñas, aunque ya se ha comentado que el tamaño corporal alcanzado a una edad determinada en el momento del estirón puberal, puede variar enormemente de un niño a otro [HAMILL y cols., 1977].

Las curvas citadas son usadas habitualmente para valorar el estado de crecimiento de niños y niñas. Están elaboradas a partir de los datos obtenidos de muestras de un alto número de sujetos sanos, lo que se denominan *datos de referencia* y que nos permiten valorar el estado de crecimiento de un niño o grupo de niños, comparando sus datos con estos datos de referencia [HEALY y cols., 1988; COLE, 1990; PAN y cols., 1990; ROSSITER, 1991].

Las curvas obtenidas de estos datos de referencia suelen presentarse, no como una sola curva, sino como varias curvas que representan diferentes percentiles, con el objeto de incluir el rango de variabilidad normal. La media o percentil 50 representa el promedio, es decir que el 50% de los niños de la muestra estudiada están por encima de este punto y el otro 50% por debajo. Los rangos de percentiles de los datos de referencia son bastante amplios, incluyendo el 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% y 95%. Si un niño tiene una estatura en el percentil 10, significa que el 90% de los niños de esa edad son más altos que él [HAMILL y cols., 1979].

Los percentiles son de gran utilidad en la evaluación del estado de crecimiento. Así, si un niño presenta una estatura en el percentil 50 para su edad y un peso en el percentil 75, significa que presenta un peso excesivo para su estatura.

- *Curvas de velocidad*, construidas a partir de los incrementos dimensionales que se producen en una variable entre dos momentos consecutivos de observación. Suelen constar de tres partes: una de intensa desaceleración entre el nacimiento y el 2º año de vida, una estabilización en la 2ª infancia y una aceleración coincidente con los cambios puberales.

II. 4. 3.- Principios a tener en cuenta en las medidas y observaciones.

Las medidas y observaciones son básicas en el estudio del crecimiento y de la maduración. Las medidas representan aquellos parámetros que pueden determinarse por medios de escalas, calibres, antropómetros, etc, mientras que las observaciones están basadas en datos subjetivos que se llevan luego a una escala.

En los estudios de crecimiento se recogen fundamentalmente dos *tipos de datos*: medidas de estado (distancia) y medidas de tasa (velocidad). El primer tipo hace referencia a indicadores del estado de crecimiento, como puede ser la talla en un momento dado, o de distancia o porcentaje que el niño ha recorrido en su camino hacia la talla de adulto. El segundo tipo son los indicadores de velocidad o tasa de crecimiento, como las que obtenemos al medir a un niño a intervalos regulares de seis o doce meses (cm/año, Kg/año, etc).

Las medidas y observaciones han de tener *significación*, es decir, han de ser seleccionadas para que aporten una información específica que incremente nuestro conocimiento acerca del proceso de crecimiento.

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta a la hora de realizar las medidas y observaciones es su *variabilidad*. Aunque los procedimientos de medida y observación estén perfectamente estandarizados y sean llevados a cabo por unos observadores experimentados, los errores o variaciones siempre están presentes, por lo que deberán minimizarse en todo lo posible.

Hay dos tipos de errores: aleatorio y sistemático. El primero es un aspecto normal del proceso de medida y es un resultado de la variación en los individuos que están realizando las medidas y de los niños que están siendo medidos. Sin embargo, con muchos datos, los valores por encima compensan a los tomados por debajo y este tipo de error no suele ser de importancia.

Por el contrario, el error sistemático supone una gravedad mayor. Consiste en la tendencia del técnico en sobrevalorar o infravalorar una medida o una observación, de manera persistente. Este error es direccional e introduce un sesgo en la medida y en el proceso de observación.

En la toma de medidas debe realizarse un *control de calidad*, que consiste en llevar a cabo sesiones donde los técnicos que realizan las medidas unifiquen sus criterios de observación, eliminando así las posibles fuentes de error en la toma de datos. El control debe extenderse también al material utilizado, el cual deberá calibrarse periódicamente.

La realización de estudios longitudinales puede dar lugar a que, entre dos exploraciones sucesivas, la variación en los datos que estamos midiendo sea muy pequeña. Este hecho incide todavía más en la necesidad de precisión en las medidas.

Un aspecto que debe tenerse en cuenta a la hora de realizar estudios de crecimiento y exponer los resultados es la distribución de los sujetos en *grupos de edad cronológica*. Si hablamos de un grupo de niños de 10 años de edad, el rango puede ser diferente: en estudios realizados hace años, el rango iba desde los 9.5 años a los 10.49 años, siendo el promedio de 10 años. Pero, en estudios más recientes, los grupos de edad se definen como años completos, es decir desde los 10 a los 10.99 años, siendo, en este caso, 10.5 años el promedio del grupo.

En los estudios longitudinales, las mediciones suelen hacerse coincidir con el cumpleaños del niño (en el ejemplo citado antes sería a los 10 años), con lo que el promedio de edad estará dentro de un estrecho rango alrededor del número entero de años [MALINA y BOUCHARD, 1991].

II. 5.- Regulación general del crecimiento y de la maduración.

La morfología externa de un individuo es, para OLIVIER [1971], debida a la conjunción de cinco factores determinantes: tres factores plásticos (esqueleto, musculatura y la grasa subcutánea) regulados por glándulas endocrinas y todo este conjunto, determinado por factores genéticos.

El crecimiento es un proceso complejo en el que interaccionan numerosos factores: genes, hormonas, nutrientes y factores ambientales en los que está inmerso el sujeto. Esta compleja interacción que regula el crecimiento y los procesos de maduración durante las dos primeras décadas de la vida, no está comprendida todavía en su totalidad.

La composición genética de un individuo (su genotipo) puede ser considerada como la representación de su potencial de crecimiento. El que llegue a alcanzar el máximo de ese potencial genético va a depender del ambiente o entorno en el que se desarrolle. Su fenotipo (es decir, sus características observables, tanto físicas como fisiológicas) será el producto del genotipo y del entorno en el que vive [O'KEEFE y cols., 1989; TRIPPEL y cols., 1989].

Las hormonas son sustancias reguladoras importantes en los procesos de crecimiento y maduración, siendo necesarias para que ese potencial genético del individuo pueda expresarse. Las glándulas endocrinas, a su vez, están influenciadas por mecanismos reguladores determinados genéticamente [CRABB y cols., 1989; NILSSON y cols., 1986; IANNOTTI y cols., 1997]. Por otra parte, el sistema nervioso está implicado íntimamente en la regulación de las secreciones endocrinas y

al estar, además, en relación con el medio exterior, es otro factor importante en este proceso de crecimiento.

La nutrición es, quizás, el componente ambiental clave en la regulación del crecimiento y la maduración, interactuando de manera fundamental con el genotipo y las secreciones endocrinas. Es un factor difícil de cuantificar ya que, probablemente, los requerimientos de nutrientes para cada individuo son bastante diferentes.

Otros factores ambientales que juegan un mayor o menor papel en el crecimiento son, en primer lugar, la actividad física regular, la cual se considera necesaria para un crecimiento óptimo, pero cuyos efectos no se han podido especificar con exactitud [MALINA, 1983]. Otros factores son las condiciones socioeconómicas, la higiene, el ambiente físico (clima, contaminación, etc) [FALKNER y TANNER, 1978, 1986].

Por tanto, el proceso de regulación del crecimiento es complejo, con muchos factores implicados, de algunos de los cuales no se conoce exactamente su grado de participación en esta interacción.

II. 6.- Patrones de crecimiento de los diferentes parámetros antropométricos.

II. 6.1.- Patrones de crecimiento en estatura y peso corporal

La estatura y el peso corporal son las medidas más utilizadas en los estudios del crecimiento, realizándose dichas mediciones de forma sistemática en muchas exploraciones realizadas a niños (hospitales o centros de salud, escuela, clubes deportivos, etc) [FRISANCHO, 1990].

Las variaciones de la estatura y peso con la edad se recogen en *curvas de distancia*, diferentes para cada sexo, mostrando un patrón que es generalmente similar para todos los niños y niñas, aunque ya se ha comentado que el tamaño corporal alcanzado a una edad determinada en el momento del estirón puberal, puede variar enormemente de un niño a otro [HAMILL y cols., 1977].

En muchos países se han elaborado gráficas que contienen los datos de referencia de peso y estatura, basados en el estudio de amplias muestras de sujetos. Normalmente, existen dos tipos de gráficas: una que recoge los datos de peso y estatura entre los 0 y 3 años, y otra desde los 3 a los 18 años de edad. Esto es debido a que en las primeras etapas, se suele medir la estatura con el sujeto acostado sobre su espalda, y a partir de los 3 años, ya se mide al sujeto de pie.

Estas gráficas muestran que el rango de variación en las etapas que siguen al nacimiento es muy estrecho, mientras que, a medida que aumenta la edad, el rango

entre el percentil 5 y el 95 se hace progresivamente más ancho. Por otro lado, se observa que el rango de variación en el peso corporal es mayor que el de la estatura.

La tasa o velocidad de crecimiento con la edad, también se representa en forma de curva, las *curvas de velocidad*, siendo diferentes de las descritas para los valores de estatura y peso ya citadas. Para poder elaborar estas curvas es preciso realizar estudios longitudinales [SOBRAL, 1985; TANNER y cols., 1977].

A lo largo del crecimiento fetal, los factores que predominan son los maternos, pero en la infancia comienzan a manifestarse los factores genéticos del individuo. En consecuencia, el fenómeno de catch-up se manifestará ya en los seis primeros meses de vida para compensar una velocidad de crecimiento reducida durante la vida intrauterina.

Durante los seis primeros meses de vida extrauterina, los individuos de sexo masculino presentan una velocidad de crecimiento superior al sexo femenino, como consecuencia de incremento temporal en la concentración sérica de testosterona; a partir del sexto mes, la concentración de la hormona disminuye y la velocidad de crecimiento tiende a uniformizarse en ambos sexos [FOREST, 1974].

Desde el momento del nacimiento hasta la madurez temprana, tanto el peso como la estatura siguen un patrón en cuatro fases: un rápido aumento en la infancia y en la niñez temprana; un aumento estable y menos pronunciado en la niñez tardía, conocido como período de crecimiento estable (con crecimientos de 4-6 cm/año o incluso de 5-7.5 cm/año); rápido incremento durante el estirón puberal, en el que llega a conseguirse alrededor del 20% de la estatura del adulto, y en último lugar, un lento incremento hasta que se detiene el crecimiento y se adquiere la estatura definitiva.

Esta progresión del crecimiento es común para ambos sexos. Existen diferencias entre ambos sexos antes de la adolescencia, pero son secundarias: los chicos, como promedio, tienden a ser ligeramente más altos y de mayor peso que las chicas. Pero durante la etapa temprana de la adolescencia comienzan las diferencias: las chicas son, temporalmente, más altas y de mayor peso debido a su más temprano estirón puberal. Pero muy pronto, las chicas pierden la ventaja ganada y son finalmente sobrepasadas cuando se produce el estirón masculino. Sin embargo, y debido al normal rango de variaciones individuales, existe un solapamiento entre los sexos a lo largo de todo el crecimiento y la madurez temprana.

En la curva de velocidad de crecimiento para la estatura se observa que en la infancia y la niñez, el crecimiento en estatura presenta una tasa que está descendiendo de forma constante, o expresado de otro modo, el niño crece, pero lo hace a una tasa cada vez más baja. La tasa alcanza su valor mínimo justo antes del estirón puberal, donde la velocidad de crecimiento sufre un aumento [GASSER y cols., 1985].

El crecimiento en peso presenta un comportamiento diferente, ya que desciende su velocidad de crecimiento en los dos primeros años de vida, para ir aumentando luego ligeramente, pero de forma constante, hasta la adolescencia donde se produce un gran incremento en la tasa. El pico de velocidad de crecimiento del peso suele tener lugar unos 8 meses después del pico de crecimiento de la estatura [SOBRAL, 1985].

Esta aceleración que tiene lugar en la adolescencia para la estatura y peso, ocurre antes en las chicas que en los chicos, unos dos años antes como término medio. A continuación, las chicas cesan su crecimiento alrededor de los 16 años, como promedio, mientras que los chicos siguen creciendo hasta los 18 años, aproximadamente.

Un examen detenido de estas curvas, explica por qué existe una diferencia en la estatura adulta para ambos sexos. La velocidad de crecimiento es prácticamente igual para varones y mujeres hasta que se produce el estirón, pero en ese momento es cuando surgen las diferencias. Cuando las chicas inician su estirón, los varones continúan creciendo durante dos años más a una tasa de crecimiento preadolescente, la cual es de unos 5cm/año, lo que representa unos 10 cm de diferencia a favor de los varones. Si a eso se añade que, durante el estirón, la tasa de crecimiento es algo mayor en los varones (10 cm/año frente a 8 cm/año en las chicas), esto explica la diferencia final en la estatura entre los dos sexos [SOBRAL, 1985].

Además del estirón puberal, se ha debatido la existencia de un estirón que tendría lugar en mitad de la niñez, alrededor de los siete años de edad. Esto ha sido demostrado en medidas tales como anchuras, circunferencias y peso [MEREDITH, 1935; GRAY, 1941; TANNER, 1947; MOLINARI y cols, 1980; TANNER y CAMERON, 1980] y también en estatura [COUNT, 1943], siendo confirmado por otros autores [TANNER y DAVIES, 1985; HOEY y cols., 1987]. Este aumento en la mitad de la niñez, ocurre generalmente entre los 6.5 y los 8.5 años, lo que confirma, una vez más, la variación biológica entre diferentes individuos. Suele presentarse con más frecuencia en niños que en niñas, pero en éstas, suele producirse también en edades más tempranas [BERKEY y cols., 1983; MOLINARI y cols., 1980; TANNER y CAMERON, 1980].

Los datos de estudios longitudinales también permiten determinar cuatro aspectos fundamentales:

- A) El momento en el que se inicia el estirón (el llamado take-off).
- B) La máxima tasa de crecimiento dentro del estirón puberal, lo que se denomina *pico de crecimiento en estatura* y también, la *edad* a la que se produce éste, constituyendo este dato una característica individual utilizada como un indicador de la maduración.
- C) La intensidad del crecimiento, que viene dada por la inclinación o declive de la curva de crecimiento. Normalmente esta intensidad es mayor cuanto más precoz es el inicio del estirón puberal. Y además, en este caso, suele ocurrir que el tiempo que transcurre entre el take-off y el pico de crecimiento es menor. Es decir, que un inicio precoz se traduce en una

importante ganancia de estatura obtenida en un lapso de tiempo muy corto.

D) La amplitud entre el take-off y el pico de velocidad de crecimiento.

Todos estos datos proporcionan información de la intensidad y secuencia temporal del estirón puberal.

La mayor parte de los estudios de crecimiento realizados interrumpían su toma de datos alrededor de los 18 años. Sin embargo, hoy es un hecho comprobado que un gran número de individuos continúa su crecimiento en estatura más allá de los 23-25 años, como se comprobó en las series longitudinales del Fels Research Institute, en las que algunos individuos fueron medidos en los últimos años de la tercera década de su vida (entre los 25 y 30 años). TANNER [1978] estableció que la columna vertebral continúa creciendo hasta cerca de los 30 años de edad, alcanzando incrementos de altura de 3 a 5 mm de promedio. GARN y ROHMANN [1966] también establecieron que el crecimiento puede seguir hasta los 28 años de edad, pudiendo alcanzarse una ganancia en estatura de unos 8 cm, entre los 18 y los 28 años [GARN, 1980]. El crecimiento en estatura continúa, como promedio, unos ocho años más allá del pico máximo de crecimiento en varones y unos seis años en mujeres, y, en un 10% de chicos y chicas, continúan creciendo diez años después del pico de crecimiento. Esto obliga a continuar y extender los estudios de crecimiento a la tercera década de la vida [ROCHE y DAVILA, 1972].

En lo que se refiere a la adquisición de la estatura adulta, es necesario establecer uno criterio que defina la edad a la cual el crecimiento ha llegado a su fin. Un criterio puede ser la edad a la que se alcanza el 98 % de la talla final [TANNER, 1978]. Según este criterio, las chicas cesarían su crecimiento a los 13.9 años y los chicos lo harían a los 16.6 años.

Otros criterios pueden ser los derivados del estudio del Fels Research Institute:

- Un primer criterio sería establecer el cese del crecimiento cuando hayan transcurrido dos años después de un crecimiento inferior a 1 cm/año.
- El segundo criterio sería que el cese del crecimiento se establecería un año después de haberse producido cuatro incrementos de menos de 0.5 cm medidos cada 6 meses.

De acuerdo con estos criterios, las chicas podrían alcanzar su estatura adulta a los 14.3 años, y algunos chicos no la alcanzarían hasta los 20.0 años [ROCHE y DAVILA, 1972].

II. 6. 2.- Patrones de crecimiento de otras dimensiones corporales.

La mayor parte de las dimensiones corporales, salvo la grasa subcutánea y las dimensiones de la cabeza y la cara, siguen el mismo patrón general de crecimiento (tanto en tamaño como en tasa de crecimiento) que la estatura y el peso [KROGMAN, 1970]. De este modo, el crecimiento es más rápido en la infancia y en

la niñez temprana, se enlentece durante el resto de la niñez y se incrementa durante el estirón puberal, para caer, por último, y finalizar, cuando se alcanzan las dimensiones del adulto. Muchas de estas dimensiones probablemente siguen creciendo en los primeros años de la tercera década de la vida.

Al igual que lo que ocurría con el peso y la estatura, existen diferencias en cuanto al sexo en lo que se refiere a los valores de tamaño y de velocidad de crecimiento de muchas dimensiones. En general, las diferencias en las dimensiones son pequeñas en los sujetos preadolescentes, pero en la adolescencia temprana, las chicas presentan, temporalmente, una ventaja sobre los chicos en muchos de estos parámetros. Luego, los chicos sobrepasan a las chicas, en la mayor parte de las dimensiones, cuando presentan su estirón puberal y sus valores promedio son más altos en la edad adulta [MARTORELL y cols., 1988].

Las circunferencias del brazo y de la pierna presentan un patrón de crecimiento similar al del peso corporal total, lo cual se explica porque las circunferencias se deben a la presencia de tejidos blandos, músculo y grasa sobre todo, los cuales están en relación con el peso corporal.

La circunferencia del brazo es mayor en varones, salvo en el período de estirón femenino, mientras que la circunferencia de la pierna es mayor en las chicas, prácticamente a lo largo de toda la niñez, a excepción de los 7-8 años. Cuando se alcanza la edad adulta, la circunferencia del brazo presenta mayores diferencias entre los sexos, a favor de los varones, que la circunferencia de la pierna, lo que es debido a un mayor desarrollo de la masa muscular del brazo en varones [JOHNSON y cols., 1981].

La circunferencia de la cabeza presenta, en su crecimiento, una pequeña diferencia entre los dos sexos en todas las edades. Aumenta rápidamente entre el nacimiento y los dos años de edad y después muestra un crecimiento muy lento. Este patrón de crecimiento es característico del patrón neural de Scammon, de crecimiento del peso cerebral. Existe un ligero, pero nítido, estirón en la adolescencia, que ocurre de forma más precoz en las chicas [ROCHE y cols., 1986, 1987].

II. 6. 3.- Cambios en las proporciones corporales

En el proceso de crecimiento no solamente se producen incrementos en determinadas dimensiones sino que, tomando como referencia el conjunto del cuerpo, se pueden observar transformaciones cuando consideramos una medida en relación con las otras. Un ejemplo característico es la altura de la cabeza, la cual, en el momento del nacimiento, representa un porcentaje importante de la estatura total para ir disminuyendo progresivamente dicho porcentaje hasta el final de la adolescencia.

A lo largo del crecimiento se producen cambios en las proporciones corporales, y para que esto ocurra, es necesario que en los diferentes segmentos

corporales se instauren velocidades de crecimiento diferenciadas. Este fenómeno se conoce como *crecimiento diferencial o alométrico*, descrito y cuantificado por HUXLEY [1932], siendo la *alometría* la existencia de un crecimiento diferencial, expresando las relaciones sistemáticas entre las dimensiones del cuerpo cuando éstas aumentan [BURMEISTER, 1965].

Las proporciones se expresan en términos de ratios o porcentajes, y dos de ellas, en particular, son las que contribuyen a la comprensión del crecimiento alométrico, de las diferencias entre sexos, y del impacto del estirón puberal sobre las proporciones corporales: son las ratios altura sentado/estatura y diámetro biiliocrestal/diámetro biacromial [TANNER, 1962].

La ratio altura sentado/estatura presenta su valor más alto en la infancia y desde ese momento declina a lo largo de la niñez, hasta la adolescencia. Durante el estirón puberal (10-12 años en chicas y 12-14 años en chicos) alcanza sus valores más bajos, para incrementarse luego en la última fase de la adolescencia [McCAMMON, 1970; ROCHE y MALINA, 1983]. Estos datos indican que durante la infancia y la niñez, los miembros inferiores crecen más rápido que el tronco, por lo que la altura sentado contribuye cada vez menos a la altura total, con el paso del tiempo. Un recién nacido tiene unas extremidades inferiores cortas en relación con su longitud total, cuando se compara con un niño de 6 años, el cual las presenta proporcionadas con la estatura total.

La ratio sigue descendiendo y alcanza su tasa más baja durante el estirón puberal, debido a que las extremidades inferiores experimentan su mayor crecimiento antes que el del tronco. Más adelante, a continuación del de las extremidades inferiores, el tronco presenta su propio estirón (causado por el gradual incremento en la altura de cada cuerpo vertebral) y la ratio se incrementa. Este incremento en la ratio expresa el crecimiento del tronco en longitud en un momento en el que el crecimiento de las extremidades inferiores ha cesado por completo [TANNER y cols., 1982].

Esta ratio altura sentado/estatura es prácticamente igual para ambos sexos hasta la edad de 10-11 años, momento en el que se hace más elevada para las chicas. Antes de la adolescencia, por tanto, niños y niñas son muy similares en la proporción relativa de la longitud del tronco y de las extremidades inferiores. Pero, en la adolescencia y en la edad adulta, las mujeres presentan extremidades inferiores más cortas que los varones a igualdad de estatura [Mc CAMMON, 1970].

El crecimiento, tanto de la estatura sentado como el de la longitud de la extremidad inferior, presenta diferencias insignificantes cuando se establece una comparación entre ambos sexos. La longitud de la extremidad inferior de las chicas es, como promedio, inferior a la de los chicos, salvo en el período de la adolescencia temprana, donde presenta un ligero aumento en longitud sobre el otro sexo; sin embargo, la altura sentado de las chicas es mayor que la de los chicos durante un período más largo. Los chicos sobrepasan a las chicas en longitud de la extremidad inferior alrededor de los 12 años, pero no alcanzan a las chicas, en lo que se refiere a

la altura sentado, hasta los 14 años aproximadamente. Una de las características de la adolescencia temprana es, precisamente, el rápido crecimiento en longitud de las extremidades inferiores; el crecimiento en el componente de la altura sentado es más tardío.

Además, el crecimiento de las extremidades inferiores termina más temprano que el crecimiento de la altura sentado, o longitud del tronco, el cual probablemente continúa a lo largo de la tercera década de la vida. Por tanto, el crecimiento del tronco se prolonga más en el tiempo y contribuye más a la ganancia en estatura que la longitud de la extremidad inferior [MALINA, 1978b].

En cuanto a la ratio diámetro biiliocrestal/diámetro biacromial, recordemos que es característico de la adolescencia del varón un mayor ensanchamiento de los hombros en relación con las caderas, mientras que el ensanchamiento relativo de éstas en relación con los hombros es típico de la adolescencia femenina.

La ratio de estos dos diámetros es mayor en las chicas que en los chicos, en todas las edades desde los 6 a los 18 años, lo que significa que aquéllas presentan caderas más anchas en relación con sus hombros. Sin embargo, esta ratio es bastante constante entre los 6 y los 11 años, en ambos sexos.

A partir de los 11 años y durante la adolescencia, esta ratio decrece en los varones, lo que es debido a que el diámetro biacromial se hace mayor, a una tasa más rápida que el diámetro biiliocrestal. El denominador de la ratio se incrementa a una mayor velocidad que el numerador, por lo que la tasa decrece.

En las chicas, por el contrario, la tasa permanece bastante estable, debido a que ambos diámetros se incrementan al mismo ritmo, por lo que el cociente se mantiene en los mismos valores [ROCHE y MALINA, 1983].

Las curvas para los diámetros biacromial y biiliocrestal muestran que las chicas presentan, como promedio, un diámetro biiliocrestal mayor que el de los chicos desde la mitad de la niñez hasta el final de la adolescencia. Es en ese momento, cuando los chicos alcanzan a las chicas en valores absolutos de este diámetro y la diferencia es insignificante en los adultos jóvenes [ROCHE y MALINA, 1983].

El estudio del aumento del diámetro biacromial muestra que los chicos presentan mayores valores de este diámetro en todas las edades, a excepción del período de 10 a 12 años, que corresponde al estirón de las chicas.

Las diferencias sexuales en la anchura de estos dos diámetros del tronco en los adultos jóvenes están en relación con la variación en la magnitud de la ganancia en la adolescencia para los dos sexos. Durante el estirón, los chicos ganan más que las chicas en el diámetro biacromial (unos 2.3 cm de diferencia entre sexos), mientras que las chicas ganan más que los chicos en el diámetro biiliocrestal (alrededor de 1.2 cm). Sin embargo, los chicos ganan alrededor del doble en el diámetro biacromial comparado con el biiliocrestal durante el estirón, mientras que en las chicas solamente hay una pequeña diferencia en la cantidad ganada en ambos diámetros [TANNER y cols., 1976].

De este modo, el crecimiento diferencial en la adolescencia da como resultado un dimorfismo sexual evidente en los dos diámetros, en los adultos jóvenes. Los varones presentan hombros más anchos que las mujeres, mientras que la anchura entre ambas crestas ilíacas es similar en ambos sexos [ROCHE y MALINA, 1983].

El pico de velocidad de crecimiento del diámetro biiliocrestal suele producirse casi al mismo tiempo que el pico de la estatura, pero el pico del diámetro biacromial suele ser un poco anterior [HAUSPIE, 1979; LINDGREN, 1978].

Este crecimiento diferencial durante la adolescencia es el que contribuye a la diferencia sexual en la relación hombros/caderas en el sujeto adulto.

Otra modificación en la proporcionalidad corporal es el cambio del diámetro torácico transversal, el cual aumenta en relación con el diámetro sagital del tronco, lo que produce un tronco más aplastado de delante atrás.

Otro hecho destacado por TANNER [1962] es que, en los miembros, los picos de velocidad de crecimiento son más precoces en sentido distal-proximal, acelerando su crecimiento el pie antes que la pierna y ésta, antes que el muslo.

En cuanto a las circunferencias o perímetros y a los pliegues cutáneos, también presentan patrones típicos de crecimiento en la pubertad. Para MALINA [1978, a] el aumento del músculo es por hiperplasia en los primeros meses de vida, siendo a partir de ese momento un crecimiento hipertrófico; en clara contradicción con el resto de autores se encuentra ROOT [1973] que afirma que el número de fibras musculares aumentaría, entre los 5 y los 14 años, unas catorce veces.

Los pliegues cutáneos presentan un patrón típico de crecimiento, bien diferenciado del resto de las estructuras morfológicas, y con características diferentes según el sexo. Así, en el sexo masculino, se observa una disminución de la grasa subcutánea durante el período puberal, más acentuada a nivel de los miembros, aunque al final del período citado existe un aumento de los pliegues del tronco. En el sexo femenino, tiene una tendencia inversa: el porcentaje de grasa aumenta en los miembros.

II. 6. 4.- Estabilidad de las dimensiones corporales durante el crecimiento.

El crecimiento de los individuos suele mantenerse en un determinado nivel de percentil desde los 3 años de edad hasta la adolescencia. Sin embargo, en edades previas, antes de los 3 años, la posición en un determinado percentil puede cambiar considerablemente a medida que el potencial genético de ese niño se está expresando, es decir, que un niño con un potencial genético para una gran estatura puede presentar un pequeño tamaño al nacimiento o a lo largo de estos primeros años y viceversa [BLOOM, 1964; BUSCHANG y cols., 1985].

Tras estos primeros años, los niños tienden a situarse en el adecuado percentil hasta la adolescencia, aunque con mayor estabilidad para la estatura que para el peso [BUTLER y cols., 1990].

En la adolescencia, los cambios en los niveles de percentiles son muy comunes y, en ocasiones, súbitos, debido a la diferencia en la secuencia temporal y en la magnitud del estirón puberal en los diferentes individuos.

El crecimiento es, por tanto, una característica individual que tiende a seguir un camino muy estable a lo largo del tiempo, sin abandonar su percentil. Sin embargo, puede haber cambios súbitos durante la niñez que indican alteraciones del ambiente en el que se está desarrollando ese individuo, sobre todo enfermedades y alteraciones nutricionales [MEREDITH y KNOTT, 1962].

Esta estabilidad se comprueba cuando se establecen correlaciones en estudios longitudinales, entre las medidas a diferentes edades y las medidas en adultos, [CAMERON, 1984]. Así, en las correlaciones entre las diferentes medidas de los niños del estudio de crecimiento de Harpenden, se observa que dichos valores tienden a ser bajos entre el nacimiento y los 2-3 años de edad, para luego permanecer estables y con valores altos desde esas edades hasta cerca de la adolescencia. Es decir, que después de los 2-3 años y hasta la adolescencia, los niños tienden a mantener sus posiciones dentro del grupo, año tras año, en estatura, peso, longitudes y diámetros corporales [TANNER y WHITEHOUSE, 1982].

Al llegar a la adolescencia, se observa una inestabilidad y caída en los valores de las correlaciones, lo que indica cambios de posición del individuo dentro del grupo. Esto es causado por la enorme variación individual en la aparición, duración y magnitud del estirón puberal. Esta caída en las correlaciones se presenta antes en el sexo femenino. En cuanto se rebasa la adolescencia, las autocorrelaciones se incrementan otra vez de manera gradual, aproximándose al valor 1 en los jóvenes adultos.

II. 6. 5.- El crecimiento craneofacial postnatal.

La cabeza del recién nacido es muy diferente a la del sujeto adulto, tanto en su tamaño como en forma y proporciones. Los cambios a lo largo de la niñez implican un aumento en las dimensiones y, además, un cambio significativo en las proporciones, lo que explica la dificultad de identificar a un adulto cuando se observa una fotografía de los primeros meses de su vida.

Una característica de la cabeza de un neonato es que los huesos están aún separados en diferentes unidades, que más adelante se van a fusionar. Así, el esfenoideas está dividido en tres partes: una central, formada por el cuerpo y las alas menores y dos laterales, formadas por las alas mayores y las apófisis pterigoides; el occipital está dividido en una parte condilar y otra escamosa; el temporal, también en

dos zonas, la petromastoidea y la escamosa; y, por último, citar que el frontal y la mandíbula están divididos en dos mitades por su parte media [RANLY, 1980].

Una segunda característica de la cabeza en el neonato es que existe una amplia separación de los huesos entre sí, debido a la presencia de dos sistemas suturales que determinan la existencia de tres regiones craneales. El sistema coronal separa el frontal de los parietales mientras que el lambdoidal pasa entre el temporal, occipital y parietal. En la base del cráneo, el esfenoides y occipital están separados por la sincondrosis esenooccipital.

Otra característica es la gran desproporción entre la cara y el cráneo. La parte del neurocráneo que va a formar la calota, tiene un gran crecimiento prenatal para poder albergar el encéfalo, mientras que el viscerocráneo, que forma la cara, está menos desarrollado, presentando un pequeño tamaño tanto el maxilar superior como la mandíbula [ENLOW y HANS, 1998].

En el desarrollo craneofacial están presentes *tres tipos de crecimiento óseo*:

- *Crecimiento sutural*, responsable del crecimiento de la calota, la cual se adapta al crecimiento del encéfalo. En este tipo de crecimiento se incluyen también las suturas entre los diferentes huesos de la cara, las que unen la cara con el cráneo y la sutura palatina, en la bóveda maxilar.
- *Crecimiento cartilaginoso*, localizado en tres zonas: en las sincondrosis de la base del cráneo, sobre todo la esenooccipital; el crecimiento del tabique nasal, que condiciona el desplazamiento hacia abajo y hacia delante del maxilar superior; y, en tercer lugar, el crecimiento del cóndilo mandibular, que hace que la mandíbula tienda a desplazarse en el mismo sentido que el maxilar superior, esto es, hacia abajo y adelante.
- *Crecimiento periostal y endostal*, los cuales aumentan el tamaño tridimensional de la cabeza por medio de una aposición ósea superficial y remodelado interno de los huesos. Quizás sea el tipo de crecimiento más importante en el desarrollo de la cara y los maxilares tras los primeros años de vida, una vez que los otros tipos de crecimiento van decreciendo [CANUT, 1988].

El crecimiento de la cara, para ENLOW y HANS [1998] se basa en dos principios básicos: el *remodelado* que experimenta cada unidad ósea y el *desplazamiento espacial* que presenta cada hueso.

El desarrollo facial se debe a una combinación de reabsorción y aposición ósea en diferentes zonas. Cada hueso posee zonas de aposición y zonas de reabsorción, que hace que todos los huesos de esta región, sin excepción, sufran un remodelado total y de cada una de sus partes, junto con un aumento de tamaño: el hueso se agranda y, a la vez, modifica su morfología.

Sin embargo, las diferentes zonas presentan distintos ritmos e intensidades de crecimiento, aunque todas ellas participan en este crecimiento. Un ejemplo

característico es el cóndilo de la mandíbula, el cual presenta una actividad continua de crecimiento.

En el proceso de crecimiento, cada hueso, al experimentar un aumento de tamaño, sufre un desplazamiento que lo aleja de los huesos vecinos (crecimiento primario). Pero, además, presenta un crecimiento secundario, debido al crecimiento y remodelado de los huesos vecinos, como ocurre en el desplazamiento del maxilar superior hacia abajo y adelante, provocado por el crecimiento del cartílago nasal.

Analicemos con un poco más de detalle el crecimiento de las diversas zonas de la cara.

El crecimiento del **maxilar superior** es el responsable del crecimiento del segmento medio de la cara, pero no de modo exclusivo, ya que no puede separarse su crecimiento del de otros elementos óseos como el nasal, frontal, etmoides, vómer, palatinos, lagrimales y cigomáticos. Se observan, en el maxilar superior, los tres tipos de crecimiento citados anteriormente: cartilaginoso, sutural y periostal/endostal, siendo éste último de especial importancia, ya que este crecimiento tridimensional permite la formación del antro y la apófisis alveolar [LATHAM, 1968].

En el crecimiento maxilar se ponen de manifiesto los dos mecanismos que dirigen el desarrollo craneofacial:

1. - El *crecimiento visceral*.- El crecimiento del cerebro, el aumento del tamaño ocular y el incremento de la cavidad nasal hacen que el maxilar tenga que alejarse de la base del cráneo, empujado hacia abajo y hacia adelante. Es un desplazamiento secundario ante las exigencias funcionales nerviosas, sensoriales y respiratorias.

Para algunos autores este sería el mecanismo primordial del crecimiento, siendo esas vísceras los "centros promotores" del crecimiento maxilar [COBEN, 1966].

2. - El crecimiento está dirigido por un *sistema de suturas* que rodean al maxilar: la frontomaxilar, la cigomaticotemporal, la cigomaticomaxilar y la pterigopalatina. Este conjunto de suturas denominado por SCOTT [1956] *complejo sutural circummaxilar*, muestra que todas ellas están orientadas hacia abajo y adelante, empujando en ese sentido el crecimiento del hueso.

El mecanismo "motor" del crecimiento del maxilar, sean las partes blandas o las suturas, todavía no está suficientemente aclarado [REMMELINK, 1985].

Una vez analizados los mecanismos de crecimiento teniendo en cuenta la vecindad de otras estructuras, pasemos a estudiar el remodelado del maxilar superior como hueso aislado.

El maxilar presenta un *desplazamiento vertical*, analizado inicialmente por BRODIE [1941], observando un descenso paralelo del suelo nasal con el tiempo. Hay dos zonas de interés en el remodelado del hueso, siendo la primera de ellas la bóveda palatina. El suelo de la cavidad nasal es una zona de reabsorción continuada, mientras que la bóveda palatina es de aposición ósea continuada, de manera que el resultado es el descenso vertical de esta parte del hueso, por un desplazamiento primario. Además existe un crecimiento en V, descrito por ENLOW [1975],

provocando un crecimiento divergente hacia abajo y afuera de las apófisis alveolares, que aumenta la altura de las mismas y el ensanchamiento transversal del arco dental.

El *crecimiento en altura* del maxilar superior fue estudiado por BJORK y SKIELLER [1976] observando el descenso del cuerpo del maxilar en un grupo de sujetos desde los 4 a los 20 años de edad. Observaron que en dicho crecimiento intervienen dos factores:

- El desplazamiento en las suturas maxilofaciales.
- El crecimiento de la apófisis alveolar, coincidente con la erupción de las piezas dentarias.

De estos dos mecanismos, este último es el más importante.

Estos autores observaron también que el reborde alveolar es más alto y crece más cuando el paladar es más estrecho, que cuando está configurado normalmente.

Además del crecimiento en altura, se produce una *rotación vertical* del maxilar. El desplazamiento hacia abajo y hacia delante del maxilar se acompaña con una rotación en el plano vertical, también hacia abajo y adelante. Esto se debe a que existe un crecimiento vertical mayor en la zona retrofacial que en la zona anterior, por lo que desciende más la parte distal que la mesial [BJORK y SKIELLER, 1976]. Sin embargo, en algunos casos, menos frecuentes, crece más la zona anterior y se produce una rotación contraria [CANUT, 1988].

El *crecimiento en anchura* del maxilar superior se debe, sobre todo, al crecimiento de la sutura palatina, que crece por término medio entre 6 y 9 mm entre los 4 y los 20 años [BJORK y SKIELLER, 1976]. Durante mucho tiempo se discutió cuál era el mecanismo de crecimiento en anchura: si era este crecimiento sutural o el de aposición en la cara externa de los maxilares. Incluso se dudaba de si el papel activo de la sutura se limitaba al período fetal y los primeros meses de vida extrauterina [SCOTT, 1967]. Pero luego se comprobó que la sutura palatina permanece abierta después de la adolescencia, teniendo incluso un brote puberal de crecimiento coincidente con el somático, cerrándose alrededor de los 17 años de edad, junto con el resto de las suturas faciales [PERSON, 1973].

El crecimiento en anchura no es igual en todo el maxilar, ya que hay un ensanchamiento menor en la zona anterior que en la posterior: la anchura canina aumenta 1.1 mm entre los 6 años y la adolescencia, mientras que la anchura molar aumenta casi tres veces más.

Entre los 6 y los 20 años, la anchura molar se incrementa en 3.1 mm, mientras que en ese período la sutura media crece transversalmente 4.8 mm. Hay, por tanto, mayor crecimiento transversal en la sutura que el del diámetro bimolar [BJORK y SKIELLER, 1976].

Pero, junto con este crecimiento transversal, se produce una *rotación transversal del maxilar superior*: cada hemimaxilar se separa más en la parte posterior y giran hacia delante y hacia fuera, acortándose la profundidad anteroposterior del hueso [BJORK y SKIELLER, 1976].

El *crecimiento anteroposterior* se debe a dos mecanismos:

- Aposición ósea en la parte posterior.
- Crecimiento en la sutura con los huesos palatinos.

El hueso crece, protruyendo hacia delante, pudiendo albergar los molares que van haciendo erupción [CANUT, 1988].

Por último, en lo que respecta al *crecimiento del arco alveolodentario*, toda la dentición se desliza hacia delante sobre la base del maxilar, aumentando el prognatismo dentoalveolar superior con el crecimiento. Pero esta mesialización no es igual en el primer molar (unos 5 mm) que en los incisivos (2.5 mm), debido al papel de los labios, provocando un acortamiento de la longitud relativa de la arcada y favoreciendo el apiñamiento.

Esta mesialización hace que el aumento del diámetro transversal del arco dentario sea menor que el aumento de la base ósea descrita al citar el crecimiento en anchura del maxilar [BJORK y SKIELLER, 1976].

El **crecimiento de la mandíbula** tiene lugar por medio de dos mecanismos: crecimiento cartilaginoso y por un crecimiento endostal/periostal.

Las zonas de crecimiento cartilaginoso son dos: la sínfisis mandibular y el cóndilo. Estas zonas corresponden a cartílagos secundarios que se desarrollan una vez que el cartilago de Meckel ha sido reemplazado por osificación intramembranosa.

En el momento del nacimiento, la mandíbula se diferencia del hueso adulto en que es más alargada, la rama es más pequeña en comparación con el cuerpo y presenta un ángulo goníaco muy obtuso. El cóndilo y la apófisis coronoides se identifican bien, aunque su forma no es la definitiva.

El cartilago medio que une ambas hemimandíbulas crece, en sentido transversal, en un grado suficiente para permitir que las piezas temporales tengan cabida. Pero esta sincondrosis solamente se mantiene abierta hasta los 8 meses, momento en que se suelda definitivamente, quedando cerrada toda posibilidad de crecimiento transversal desde estadios muy tempranos del desarrollo. Esto representa una gran diferencia con el maxilar superior cuya sutura palatina media continúa abierta hasta la adolescencia.

En la fase precoz del desarrollo, hacia el 3º-4º mes de vida extrauterina, en la parte anterior del cuerpo del hueso, se produce una aposición ósea en la cara externa y una reabsorción en la cara interna; de este modo la mandíbula se alarga para albergar las piezas dentarias que constituyen la dentición temporal. La aposición continúa hasta los 4-5 años y luego, la zona de la cara externa del cuerpo se convierte en reabsortiva. En ese momento, ya cesa la posibilidad de crecimiento anterior del cuerpo mandibular, es decir, el arco basal ya no se alarga.

A partir del primer año, la mandíbula deberá crecer, por un proceso de remodelado, para que en ese hueso quepan también las piezas dentarias de la dentición permanente. Como el alargamiento transversal cesa a los 8 meses y el

anterior a los 4-5 años, la solución es alargarse en sentido posterior como única vía para que los molares permanentes dispongan de espacio suficiente.

Una de las zonas donde se produce el crecimiento de la mandíbula es el cóndilo. El *crecimiento condileo* se produce gracias a un cartilago secundario que recubre la cabeza del cóndilo, y que funciona como centro activo de crecimiento hasta la segunda década de la vida. El cóndilo crece hacia arriba, atrás y afuera, manteniendo el contacto con la base del cráneo. Dado que la anchura de esta base se completa hacia los 3 años de edad, el crecimiento lateral del cóndilo cesa pronto, continuando su crecimiento hacia arriba y atrás hasta llegar a la edad adulta.

De este modo, y debido a la orientación de la fosa glenoidea y a la proliferación de la cabeza del cóndilo, toda la mandíbula se desplaza hacia abajo y hacia delante, creciendo en la misma dirección que el maxilar superior [CANUT, 1988].

El *crecimiento de la rama vertical* de la mandíbula se debe a un patrón aposicional/reabsortivo de esta zona. La reabsorción tiene lugar en el borde anterior y la aposición ósea en el borde posterior, lo que conduce a un alargamiento del cuerpo. Esto lleva a un desplazamiento de la mandíbula hacia delante.

Estos fenómenos de aposición/reabsorción se dan también en las caras interna y externa de la rama mandibular. En la base de la rama, por debajo de la línea milohioidea, la cara bucal o externa es aposicional y la cara lingual o interna es reabsortiva. En cambio, en la apófisis coronoides, por encima de la línea milohioidea, hay aposición en la cara interna y reabsorción en la externa.

Este crecimiento de signo contrario hace que se produzca un cierto plegamiento a nivel de la línea milohioidea, con la parte inferior inclinándose hacia adentro y la superior hacia fuera, hacia el vestíbulo.

En lo que respecta al *cuerpo mandibular* se observa un crecimiento diferente en la zona basal y en la alveolar, e incluso se distingue un crecimiento distinto en la región anterior y posterior de esas zonas.

En la zona basal, el crecimiento en la región posterior es de carácter aposicional en la cara vestibular y de carácter reabsortivo en la lingual. La zona anterior, la sínfisis, es aposicional tanto en la prominencia anterior como en la posterior, mientras que el hueso labial que rodea al segmento incisivo es reabsortivo.

En la zona alveolar, crece por aposición interna y reabsorción externa, con un aumento vertical de la apófisis alveolar. Crece, por tanto, siguiendo el principio de la V, siguiendo la misma tendencia que en el maxilar superior: al mismo tiempo que crece verticalmente, tiende a vestibulizarse, manteniendo el contacto con las piezas antagonistas.

El patrón de crecimiento mandibular, considerado en conjunto, se expresa siguiendo una curva basada en una espiral logarítmica [MOSS y SALENJTIN, 1974]. La mandíbula crece a lo largo de una curva determinada por los agujeros oval, mandibular y mental; es la llamada hipótesis del *crecimiento arciforme de la mandíbula* [RICHETTS, 1982].

El crecimiento mandibular sigue el patrón general de la cara en el sentido de que la mandíbula tiende a crecer hacia abajo y hacia adelante, pero también en ocasiones puede hacerlo hacia abajo y hacia atrás. Esto se debe a una rotación de la mandíbula descrita por BJORK [1969], como consecuencia del crecimiento condíleo.

Una vez expuesto el crecimiento del maxilar superior y de la mandíbula, abordaremos los cambios que tienen lugar en el **patrón facial de desarrollo**, entendiendo como tal, el tipo de cara en cuanto a su morfología y proporciones.

La morfología facial sufre modificaciones notables a lo largo del proceso de crecimiento, perfilándose definitivamente cuando cesa éste. La cara presenta un mayor crecimiento que el cráneo, lo que conlleva una serie de cambios en las proporciones entre cara y cráneo, con un gran desarrollo de mentón y nariz así como de los maxilares.

El crecimiento postnatal de la cara sigue un ritmo diferente del que presenta el cráneo. La cara del recién nacido representa $1/8$ del volumen total del esqueleto cefálico, mientras que en el adulto esta relación es de $1/2$ [CANUT, 1988].

BROADBENT [1931] aplicó las técnicas cefalométricas con rayos X a un grupo de escolares a lo largo de ocho años y dedujo que la cara crece, aumentando su tamaño, pero conservando el patrón morfológico. Para este autor, las proporciones medias de la cara no se alteraban por lo que habló de "constancia del patrón de crecimiento".

Años más tarde, BRODIE [1953, 1955] estudió un grupo de jóvenes hasta los 15 años de edad y comprobó que el patrón de crecimiento no se mantenía tan constante como se esperaba y ciertas dimensiones se incrementaban más que otras, poniendo de manifiesto, además, una gran variabilidad entre diferentes individuos.

Otros investigadores [BJORK, 1968, 1977; RICKETTS, 1982] demostraron que la cara presenta una marcada tendencia a balancearse, en un sentido u otro, mientras se aleja del cráneo y los maxilares crecen de forma intensa hacia delante aumentando el prognatismo. El crecimiento hacia delante es incluso mayor en la mandíbula que en el maxilar superior.

En cuanto a la **maduración final de la cara**, se produce una modificación notable en el paso de la infancia a la adolescencia.

El desarrollo facial presenta un crecimiento muy intenso en el nacimiento, cae de forma rápida hasta llegar a un mínimo en el período prepuberal; la intensidad del crecimiento aumenta durante la pubertad, para cesar al final de la adolescencia. Los períodos de máximo crecimiento de la cara están asociados con la erupción de la dentición temporal entre 1 y 3 años y la de la dentición permanente entre los 6 y los 14 años.

El ritmo de crecimiento de la cara no es el mismo que el del cráneo, el cual crece con mayor intensidad en los primeros años, disminuyendo de manera drástica a partir de los 5 años; alcanza el 90% de su volumen total a los 7 años de edad, para crecer, muy lentamente, desde ese momento hasta la adolescencia.

El desarrollo facial sigue la misma curva de crecimiento que el desarrollo somático general, aunque BJORK [1963] ha comprobado que el crecimiento máximo de los maxilares, desplazándose hacia abajo y hacia delante, tiene lugar unos meses después que el brote máximo en altura durante el período puberal. El crecimiento de la mandíbula continúa alrededor de dos años, tras el cese del crecimiento del maxilar superior. Este desfase tiene un significado clínico importante, ya que marca los períodos en que es aconsejable actuar para conseguir una máxima acción ortopédica en el mínimo tiempo [CANUT, 1988].

La velocidad de crecimiento de la mandíbula durante la pubertad ha sido estudiada por WOODSIDE [1973], comprobando la existencia de un brote máximo de crecimiento puberal entre los 10 y los 13 años de edad en niñas y de 13-17 años en niños. También observó la existencia de otros brotes secundarios de crecimiento que aparecen antes del brote máximo y que ponen de manifiesto que el ritmo de crecimiento no es uniforme.

La maduración de la cara es anterior en la niña, siendo la velocidad de crecimiento facial más lenta en el varón, aunque se prolonga más que el crecimiento de las niñas.

Sería de gran interés clínico poder predecir de manera exacta el momento de máximo brote de crecimiento puberal, pero esto es imposible por la enorme variación cronológica individual. BJORK y HELM [1967] establecieron el criterio, basado en radiografías de la mano, de que el período de máximo crecimiento debe esperarse entre el inicio de la osificación del sesamoideo y el comienzo del cierre de la epífisis del dedo medio.

II. 6. 6.- Cambios relacionados con los factores raciales y la edad en los parámetros de crecimiento facial.

Las diferencias morfológicas de la cabeza y la cara, dentro de los diferentes grupos étnicos y razas, han sido ya descritos, con minuciosidad, en el siglo XIX [TOPINARD, 1885; BIASUTTI, 1959; COON, 1962]. Los signos principales que diferencian unas razas de otras se derivan de cambios influenciados por las circunstancias ambientales que fueron preservados a lo largo del proceso de evolución. Sin embargo, este amplio rango de adaptabilidad se estrecha enormemente durante el período de desarrollo y pocos cambios destacables tienen lugar dentro de las razas, los cuales son causados por cambios microgenéticos. Estos cambios determinan las diferencias entre subgrupos dentro de las razas, lo que se denominó en el pasado como *tipos antropológicos* [DENIKER, 1926].

La presencia de cambios duraderos en la microevolución ha sido observada también en los tiempos actuales, como la relativa elongación de la cabeza en relación con la anchura, descrita en algunas poblaciones, o cambios en la aceleración secular del crecimiento [BILLY, 1981; TOBIAS, 1985; VERCAUTEREN y cols., 1983; BRŮŽEK y cols., 1988].

Una de las partes del cuerpo humano que presenta mayores variaciones es el complejo craneofacial, y, en particular, la cara; por otra parte, estas zonas son lugares de frecuente asiento de lesiones adquiridas y anomalías congénitas. Por todo ello, el conocimiento de la anatomía y morfología de estas regiones, así como de los datos cuantitativos de esta región es esencial para los profesionales implicados en el diagnóstico y tratamiento de esas lesiones [RICHARDSON, 1980; CHUNG y cols., 1982; CHUNG y cols, 1986].

Las medidas antropométricas de superficie de la cara y cabeza, referidas a sujetos normales y con diferentes patologías, han sido obtenidas a partir de numerosos estudios, entre los que podemos citar los estudios realizados en individuos de raza caucásiana, desarrollados en Canadá, y que permitieron establecer valores normales ("normas") craneales y faciales de esta población. Un primer estudio incluyó individuos de ambos sexos, comprendidos entre los 6 y los 18 años de edad [FARKAS, 1981], y otra investigación posterior amplió estos datos estudiando otro grupo de sujetos desde el momento del nacimiento hasta los 18 años de edad [FARKAS y cols., 1985]. Otro estudio fue desarrollado en la República Checa, en los años 1966-1967 [HAJNIŠOVÁ, 1968]. En lo que respecta a otros grupos raciales, se han llevado a cabo estudios en la población china de Singapur y en chinos residentes en Toronto (Canadá) [FARKAS y cols., 1988], así como en individuos de raza negra. Todos estos datos se ampliaron más tarde, con estudios de grupos de adultos [FARKAS, 1994].

También esos estudios han proporcionado una evaluación cuantitativa del desarrollo postnatal de la cabeza y cara [FARKAS, 1981; FARKAS y POSNICK, 1992; HAJNIŠ, 1976].

Las diferentes razas presentan diferencias en un gran número de parámetros craneales y faciales. Señalaremos aquí algunos de ellos [HAJNIŠ y cols., 1994]:

- No se aprecian diferencias en cuanto a la altura de la cabeza en las tres razas.
- Sí se aprecian cambios en el índice cefálico, siendo mesocefálicos los individuos de raza caucásiana, dolicocefálicos los afroamericanos y de cabeza hiperbraquicefálica los individuos de raza china estudiados.
- La altura facial superior es casi igual en chinos y negros, siendo más corta en caucásianos, mientras que la altura facial inferior era mayor en los individuos de raza negra, representando casi dos tercios de la altura total de la cara.
- Las diferencias más notables entre las tres razas se encontraron en labios, boca, nariz y órbita.

Los datos obtenidos en los anteriores estudios permiten determinar los **cambios que con la edad se producen en estos parámetros faciales**. Estos estudios han aportado información acerca de los valores normales de diferentes parámetros y su distribución en las poblaciones estudiadas [FARKAS, 1981; FARKAS y cols., 1985; FARKAS y POSNICK, 1992; HAJNIŠ, 1976]. El conocimiento de los cambios normales en los tejidos blandos que recubren la cabeza y la cara, ayuda a

juzgar los cambios que tienen lugar en las estructuras esqueléticas subyacentes [SUBTELNY, 1959].

En el primer año de vida postnatal, las medidas que muestran un mayor desarrollo son dos arcos: el arco maxilar o subnasal (medido entre ambos tragos siguiendo una línea curva que pasa por la mejilla y por debajo del punto subnasal) [FARKAS, 1990] y el arco mandibular (que va de un trago a otro pasando por el gnation). La media de desarrollo es de un 79.3 %, correspondiendo el 100 % al desarrollo alcanzado a los 18 años de edad [FARKAS y cols., 1988]. Es decir, que estos arcos solamente necesitan aumentar un 25%, aproximadamente, del tamaño que tienen al año de edad, para llegar al tamaño que alcanzarán a los 18 años.

Por el contrario, el menor nivel de desarrollo (una media del 67.2 %) lo alcanza la altura facial. Las alturas de la parte superior de la cara y la altura de la mandíbula tienen, a esta edad, un grado similar de desarrollo (67.3 % frente a 66.6 %) [FARKAS y HRECZKO, 1994], por lo que el incremento relativo que tendrán que experimentar, hasta llegar a los 18 años de edad, será casi del 50 %. En cuanto a la altura de la nariz (distancia nasion-punto subnasal) su nivel de desarrollo en el primer año de vida es todavía más bajo, de un 59.0 %.

La anchura de la mandíbula (medida entre ambos puntos gonion) presenta un nivel de desarrollo mayor que la anchura de la cara (entre los zygion), con valores del 80.2 % frente al 72.1 %. Estas anchuras tendrán que incrementarse alrededor de un tercio del valor que alcanzan a la edad de un año, para poder alcanzar el valor final a los 18 años.

A partir del primer año de vida, el crecimiento acelerado tiene lugar en el período comprendido desde 1-4 años de edad. Los parámetros que habían alcanzado un mayor grado de desarrollo en el primer año de vida, como son los arcos maxilar y mandibular, presentan en este período incrementos anuales moderados. En contraste, las medidas de altura de la cara, con un menor nivel de desarrollo en el primer año, son ahora las que presentan incrementos importantes.

Si tomamos como referencia el crecimiento que tiene lugar entre 1 y 18 años de edad, la altura total de la cara se incrementa en un 36-46% dependiendo del sexo, observándose un mayor crecimiento en la parte inferior (55.8%) que en la parte superior de la cara (32.4 %)[FARKAS y HRECZKO, 1994].

La anchura de la mandíbula, en los varones, parece ser la única medida en la que se produce también un crecimiento importante (más de un 65.6 %), a pesar de que ya había presentado un alto nivel de desarrollo en el primer año de vida. Presenta tres períodos de crecimiento acelerado que tienen lugar a los 3-4 años, a los 7-8 y a los 12-13 años. Además, es el único parámetro que presenta un crecimiento acelerado tardío [FARKAS y cols., 1992a].

En cuanto a la edad de maduración completa, definida según el método de BLALOCK [1960], se estableció, para la anchura de la mandíbula, en los 12 años

para las mujeres y los 13 años para los varones. Para las restantes medidas, los varones alcanzaban la maduración a los 15 años, mientras que las mujeres la alcanzan a los 12 años en todas las medidas, salvo para el arco mandibular que lo hacen a los 14 años. La altura nasal (nasion-punto subnasal) alcanza su tamaño maduro a los 12 años en mujeres y a los 15 años en varones.

Cuando se comparan los valores medios de los diferentes parámetros, entre la edad de maduración y los 18 años, se observan algunas diferencias que son de más de 3 mm en las anchuras de la cara y de la mandíbula; en las alturas de la cara, se observan diferencias de 2.1 mm, mientras que no existen diferencias en el valor del arco mandibular.

En consecuencia, podemos afirmar que existen diferencias sustanciales en el desarrollo de las diferentes regiones faciales a la edad de 1 año, alcanzando tasas más elevadas de desarrollo los parámetros de la parte alta (anchura de la cabeza, profundidad de la cara y los arcos de la misma, anchura intercantal en el ojo, anchura biocular, etc) [BRODIE, 1941]. Estas regiones craneofaciales están relacionadas con funciones y órganos de gran importancia funcional: cerebro (anchura, altura y longitud de la cabeza); ojos y visión (altura interpalpebral, anchura intercantal); respiración y flujo aéreo (anchura de la nariz); succión (altura del labio superior), etc [FARKAS y HRECZKO, 1994].

El estudio de las medidas lineales de la cara revela una relación entre el grado de desarrollo alcanzado a la edad de 1 año de vida y la edad de maduración. Cuanto mayor es el grado de desarrollo alcanzado en el primer año de vida, más temprana es la edad de maduración de ese parámetro. Por el contrario, medidas como la altura de la parte superior de la cara (altura nasion- punto subnasal), presentan una edad de maduración más tardía.

Los períodos de rápido crecimiento en estas zonas faciales deben ser tenidos en cuenta en la programación de correcciones quirúrgicas y seguimiento clínico de las mismas [BRODIE, 1941; HAJNIŠ y HAJNIŠOVÁ, 1966; FARKAS y cols., 1992b]. Además, en sujetos con anomalías congénitas de cara y cráneo, se han observado diferencias en la cronología de los períodos de crecimiento, pudiendo extenderse éstos a edades diferentes de las que aparecen en sujetos sanos, alcanzando la maduración en etapas más tardías que las normales [FARKAS y HRECZKO, 1994].

II. 7.- La forma corporal. Somatotipo.

II. 7. 1.- Recuerdo histórico.

La forma corporal hace referencia a la configuración del cuerpo como un todo, más que en sus características específicas. El estudio de la forma corresponde a un área de estudio que se engloba bajo el término "*constitución*", el cual implica no

solamente factores físicos, sino también aspectos funcionales y de conducta. El término “constitución” puede definirse como la suma total de los caracteres morfológicos, fisiológicos y psicológicos de un individuo, en su mayor parte determinados por la herencia, pero también, en diferente medida, por factores ambientales [TUCKER y LESSA, 1940].

A lo largo de la historia, el aspecto físico y la forma corporal han sido relacionados con una gran variedad de características del individuo como su conducta, estructura psicológica, enfermedades que padecería con mayor predisposición, rendimiento físico, etc, con el propósito de poder clasificar a los diferentes individuos en grupos con características comunes.

El origen del estudio de la “constitución” humana se remonta a Hipócrates que, en el siglo V antes de Cristo, estudió la constitución de los individuos, relacionándola con una mayor o menor susceptibilidad a determinadas enfermedades. Hizo una división en dos grupos: uno, de individuos delgados y altos, con mayor predisposición a la tuberculosis, al que denominó *habitus phthisicus*, y un segundo grupo, de cuerpo más bajo y grueso, susceptibles a enfermedades vasculares y a la apoplejía, denominado *habitus apoplecticus*. En el mismo sentido, Aristóteles, en el siglo IV antes de Cristo, observó que una forma corporal determinada implicaba un carácter específico.

Cinco siglos más tarde, en el siglo I después de Cristo, el médico romano Celso escribió que, por encima de todas las cosas, debería conocerse la naturaleza de la constitución humana, el por qué unas personas son delgadas y otras son gruesas.

Galeno, en el siglo siguiente, también prestó atención a la relación entre temperamento, constitución del individuo y susceptibilidad a la enfermedad. Con notable espíritu sintético, fusionó la teoría hipocrática de los cuatro humores corporales, con los conceptos de la biología aristotélica y describió cuatro temperamentos, según predominase uno u otro de los citados humores. Estos temperamentos eran:

- Sanguíneo, apoplético o pletórico, en el que predomina la *sangre*, formando este grupo hombres fuertes, de tez rubicunda, gran actividad y carnes flácidas.
- Flemático, pituitoso o linfático, con predominio de la *linfa, flema o pituita*, donde se incluyen individuos flacos e indolentes, con tez blanca.
- Bilioso o colérico, predominando la *bilis amarilla*, con sujetos fuertes, de miembros largos y con gran resistencia.
- Atrabilioso, nervioso o melancólico, en el que predomina la *atrabilis* o bilis negra. Este grupo corresponde a individuos delgados y macilentos, de faz caída.

Desde entonces, el interés por estudiar la constitución del ser humano y los intentos de establecer clasificaciones, en función de dicha constitución, han estado presentes a lo largo del tiempo.

La antropometría, o cuantificación de las dimensiones corporales, fue utilizada por primera vez, como tal, en el siglo XVII por ELSHOLTZ, en la Universidad de Padua, el cual utilizó ya ese término. Doscientos años más tarde, QUETELET, fue el primero en estudiar las medidas corporales desde un punto de vista estadístico, y, sin saber que la palabra antropometría había sido utilizada por Elsholtz, se atribuyó la invención del término.

En los últimos años del siglo XVIII y en los comienzos del XIX, se hacen populares en Francia doctrinas de constitución del individuo basadas en el modelo hipocrático de los cuatro humores y temperamentos, en las que, por primera vez, se concede importancia al componente muscular. HALLÉ en 1797, establece una clasificación en tres grupos: *cefálicos, torácicos o abdominales* según predominase el temperamento nervioso, muscular o vascular. Dentro de la escuela francesa de Lyon destacan MacAULIFFE y SIGAUD, cuya clasificación se basa en la morfología clínica, reflejando en la configuración corporal el predominio relativo de uno de los cuatro sistemas fundamentales: *digestivo, muscular, respiratorio y cerebral*.

Otra clasificación fue la propuesta por HUTER, en 1880, que clasificaba a los individuos en tres grupos: *cerebral* (con predominio de estructuras ectodérmicas), *digestivo* (con predominio de las endodérmicas) y *muscular* (predominio de las mesodérmicas).

A finales del siglo XIX, en Italia se constituyó la Escuela de Antropología Clínica, fundada en Padua por DE GIOVANNI, que desarrolló una larga serie de estudios antropométricos. Una de las figuras más representativas de esta escuela fue VIOLA DE BOLOGNA, cuyo sistema de clasificación morfológica era, esencialmente, antropométrico, basado en diez medidas simples y dos compuestas. Viola estableció su teoría constitucionalista, basada en un método biométrico y estadístico, basándose en que la estructura humana asienta sobre dos sistemas fundamentales: la vida vegetativa (representada por las vísceras) y la vida de relación (identificada con el sistema nervioso y el aparato locomotor). El desarrollo de uno u otro permitía la clasificación de los individuos en tres grupos: *braquitypo* (megaloesplácnico), *normotipo* y *longitypo* (microsplácnico).

NICOLA PENDE, también perteneciente a la escuela italiana, fue el primero en utilizar el término Biotipología, en el año 1922. Este término designa la ciencia que se encarga del estudio de las "manifestaciones vitales de orden anatómico, humoral, funcional, psicológico, de cuya síntesis resulta el conocimiento del tipo estructural-dinámico especial de cada individuo, es decir, del conjunto de caracteres particulares que diferencian a los individuos y los separan del tipo humano abstracto, genérico y convencional del hombre-especie, descrito por los anatomistas, fisiólogos, psicólogos y estadísticos". PENDE estableció una clasificación de la forma en sujetos *brevilíneos*, con mayor tamaño relativo del tronco y con un predominio de la vida vegetativa y *longilíneo*, en el que están más desarrolladas las extremidades, con predominio de la vida de relación.

Otras clasificaciones son las aportadas por la craniología de BROTBECKIUS, la fisiognomía de LAVATER y la frenología de GALL. Otros autores fueron CORMAN, con su tipología y LAIGNEL-LAVASTINE, que se basó en la biología diferencial [DUARTE-SANTOS, 1960].

Dentro de la escuela alemana cabe destacar a KRETSCHMER [1921], el cual describió cuatro tipos a los que denominó, en un principio: *atlético*, *pícnico*, *asténico* y *displásico*, sustituyendo más tarde *leptosómico* por asténico. Los tipos constitucionales de Kretschmer tuvieron una gran influencia en la investigación posterior sobre la constitución del individuo, ya que implicaba un método antropométrico de diferentes medidas corporales, pese a las críticas que se le plantearon por no clasificar los datos en función de la edad, sexo y estado social [LAÍN ENTRALGO, 1977].

El siglo XX representó un período de enorme interés en la investigación sobre la constitución del individuo, tanto en Europa como en los Estados Unidos de América. Investigadores como PEARL, CIOCCO y DRAPER se interesaron en la relación entre el tipo físico y la susceptibilidad a diferentes enfermedades. Otros como BEAN, MILLS o DAVENPORT elaboraron clasificaciones de tipos constitucionales muy similares a las ya existentes.

Sin embargo, estas clasificaciones seguían encuadrando a un individuo en un tipo fijo, tratándose de clasificaciones en grupos discontinuos que no permitían la transición gradual de uno a otro tipo. Esto cambió radicalmente con el concepto de somatotipo descrito por SHELDON [1940].

II. 7. 2.- El somatotipo de Sheldon.

El concepto de somatotipo de SHELDON [1940] fue un importante avance sobre los sistemas de clasificación ya existentes, y representa el más reciente progreso en los veinticinco siglos de historia de la investigación sobre la constitución del cuerpo humano. El método de Sheldon se basa en la premisa de que existe una continua variación en la distribución del aspecto físico, en relación con la diferente contribución de tres componentes a la constitución del cuerpo en su totalidad, siendo el cuerpo humano una combinación de tres componentes básicos, que pueden estar presentes en grado variable en los diferentes individuos. A dichos componentes, los denominó originalmente *picnosómico*, *somatosómico* y *leptosómico*, pero luego adoptó los términos de *endomorfia*, *mesomorfia* y *ectomorfia*, en estrecha relación con la nomenclatura propuesta por Huter en 1880.

La endomorfia se caracteriza por el predominio de los órganos digestivos y por la redondez del contorno corporal, así como una cierta flaccidez. La mesomorfia se caracteriza por el predominio de los músculos, huesos y tejidos conectivos, destacando los músculos en la definición. Por último, la ectomorfia se caracteriza por la linealidad y fragilidad en la construcción corporal, con predominio de la superficie corporal sobre la masa corporal. La contribución de cada uno de estos componentes

define el *somatotipo* de un individuo. SHELDON [1940] define el somatotipo como la cuantificación de los tres componentes: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia.

El método de Sheldon es básicamente fotoscópico y antroposcópico, basado en la observación visual y en la evaluación de la configuración del cuerpo como un todo. Cada componente es valorado individualmente a partir de tres fotografías estandarizadas (de frente, en una visión lateral y de espaldas) del sujeto desnudo, de pie, y por delante de una rejilla calibrada. Sheldon estudió fotografías estandarizadas de más de cuatro mil estudiantes varones y más tarde completó sus datos con el estudio de fotografías de varios miles de hombres alistados en el ejército y en la fuerza aérea. Sheldon no publicó datos de niños ni tampoco de mujeres [SHELDON y cols., 1954]. En su estudio, realizó la medición de 17 diámetros y distancias en los negativos fotográficos, de ahí el nombre de método fotoscópico. Al conjunto de procedimientos antroposcópicos utilizados en la determinación del somatotipo se le dio el nombre de *somatoscopia*.

Cada componente se valora en una escala de siete puntos, siendo el valor 1 el menor, 4 representa el valor o expresión media y 7 la expresión más completa del componente corporal que está siendo valorado. El somatotipo se expresa por medio de tres números, uno para cada componente, siguiendo siempre el mismo orden: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia.

Los somatotipos extremos serán, por tanto:

- 7-1-1, o extrema endomorfia.
- 1-7-1, que representa el mayor grado de mesomorfia.
- 1-1-7, que expresa el mayor grado de ectomorfia.

La dominancia de uno de los componentes hace que el somatotipo del individuo sea descrito por dicho componente, es decir, que un somatotipo 1-6-2 se considera mesomorfo. Los valores citados se representan gráficamente en una somatocarta.

Este método presentaba una gran subjetividad a la hora de valorar las medidas tomadas, por lo que se requería una cierta habilidad y un entrenamiento del observador. Debido a ello, Sheldon modificó posteriormente su método intentando eliminar dicha subjetividad. Por otra parte, una premisa en el método original de Sheldon era que el somatotipo de un individuo no cambiaba con la edad ni con el crecimiento, pero, como más tarde comprobó, sí existían cambios en el somatotipo. Algunos índices que él utilizaba (estatura en la edad adulta, un índice del tronco derivado de la ratio de las áreas torácica y abdominal) los consideraba constantes a lo largo de la vida, por lo que el método no podía aplicarse a niños ni a sujetos en crecimiento.

Un cambio conceptual en los métodos que aparecieron posteriormente, modificando el método de Sheldon, es que el tamaño corporal es considerado un factor que influye en la forma de la estatura adulta, mientras que el método original de Sheldon medía sólo la forma sin tener en cuenta el tamaño corporal.

Las críticas al método de Sheldon se basaron también en que los procedimientos fotoscópicos eran muy subjetivos, que la escala de 1 a 7 era arbitraria y limitada, además del hecho de la plasticidad del somatotipo, es decir, que el somatotipo del individuo cambiaba con la edad y el crecimiento. Por estos motivos, surgieron diferentes modificaciones del método de Sheldon [HEATH, 1963].

II. 7. 3.- Modificaciones del método de Sheldon.

Las modificaciones más relevantes del método de Sheldon fueron las llevadas a cabo por Parnell y Heath-Carter.

El método del fenotipo de PARNELL [1958] define al fenotipo como el aspecto físico en un punto dado en el tiempo. Tres componentes, también valorados de 1 a 7, permiten definir este fenotipo: la grasa, la muscularidad y la linealidad, sustituyendo a los tres componentes de Sheldon. Para calcular estos componentes es preciso conocer la estatura, el peso, tres pliegues cutáneos, dos circunferencias y dos diámetros óseos de los miembros. El fenotipo de Parnell se interpreta casi como un somatotipo de Sheldon.

El método HEATH-CARTER fue desarrollado inicialmente por Barbara Heath ampliando las escalas de valoración para poder incluir mayores rangos de valores y estableciendo una relación lineal entre valores del somatotipo y la ratio estatura/peso. De este modo, cuestionaba el valor constante del somatotipo, planteado por Sheldon, entendiéndolo como variable a lo largo del tiempo. Con la ayuda de J.E. Lindsay Carter incorporó dichos cambios a los procedimientos antropométricos de Parnell y el resultado fue el método Heath-Carter [HEATH y CARTER, 1967], que combinaba procedimientos fotoscópicos y antropométricos para estimar el somatotipo [CARTER y HEATH, 1971; CARTER, 1980]. Sin embargo, este método se utiliza más en su forma antropométrica, por ser más objetivo y de menores costes en su puesta en práctica, motivos que hacen que sea ampliamente utilizado en la actualidad.

Otro aspecto de interés en el método de Heath y Carter es que, en la definición de cada uno de los tres componentes del somatotipo, se reconocen conceptos de composición corporal, lo que, en el concepto original del somatotipo de Sheldon, al referirse solamente a la forma corporal, no se consideraban en absoluto.

Los componentes del somatotipo del método de Heath-Carter reciben el mismo nombre que les dio Sheldon. La *endomorfia*, o relativa cantidad de grasa, se deriva de la suma de tres pliegues cutáneos, el tricípital, el subescapular y el suprailíaco. El segundo componente o *mesomorfia*, que expresa el desarrollo musculoesquelético relativo, se calcula a partir de los diámetros biepicóndileo del húmero y bicondíleo de fémur, y de los perímetros corregidos de brazo contraído y medial de la pierna, para sustraer al valor de la circunferencia el valor del pliegue cutáneo correspondiente. En el método de Heath-Carter, este segundo componente expresa la masa libre de grasa en relación con la estatura. El tercer componente o

ectomorfia expresa la linealidad y se calcula a partir del índice ponderal (estatura dividida por la raíz cúbica del peso corporal).

El primer y segundo componentes del método de Heath-Carter introducen conceptos de composición corporal. Sin embargo, en niños y jóvenes no se corresponden los valores obtenidos por este método con los obtenidos por otros métodos diferentes. El valor de endomorfia se correlaciona bastante bien con el porcentaje de grasa corporal, pero el segundo, la mesomorfia, no se correlaciona bien con el peso libre de grasa. Esto obliga a una valoración cuidadosa y prudente de los datos de composición corporal obtenidos por este método [CARTER y HEATH, 1990].

Las diferencias entre los métodos citados son evidentes, siendo el método de Sheldon, sobre todo, fotoscópico. El método de Parnell es antropométrico y el Heath-Carter es tanto fotoscópico como antropométrico, pero este último procedimiento es el más utilizado. Los tres métodos consideran la existencia de tres componentes -endomorfia, mesomorfia y ectomorfia- que pueden variar de forma continua en su distribución corporal. La ectomorfia y endomorfia se reconocen fácilmente pero el segundo componente, la mesomorfia, plantea mayores problemas en su valoración, quizá porque no tiene sentido valorar la mesomorfia sin realizar estimaciones y medidas del tronco, que no se cuantifican en los métodos de Parnell y Heath-Carter [WALKER, 1979].

II. 7. 4.- El somatotipo en niños y jóvenes.

El estudio del somatotipo con los métodos anteriormente citados ha planteado algunos problemas. La valoración del somatotipo según el método de Sheldon plantea la dificultad de que no hay datos de referencia de niños para poder compararlos según el método fotoscópico, por lo que solamente pueden tomarse como referencia los de adultos. En cuanto al método antropométrico también es algo cuestionable, debido a que hay pocos datos longitudinales de preescolares y de chicas, lo que es, en parte, derivado de reticencias culturales a fotografiar chicas jóvenes, por lo que la mayor parte de los datos corresponden a varones.

Los tres puntos de discusión acerca del somatotipo de niños y jóvenes en crecimiento son: a) la diferencia del somatotipo en función del sexo y los somatotipos medios; b) los cambios que tienen lugar en el somatotipo con el crecimiento, basados en datos individuales y datos de estudios longitudinales; y c) la estabilidad o constancia del aspecto físico del individuo durante el crecimiento, afirmación establecida en el método de Sheldon.

A) En cuanto al primer punto, las diferencias en el aspecto físico entre niños y niñas son evidentes cuando se examinan los somatotipos en amplias muestras de sujetos. Así, en un estudio realizado en Holanda [PETERSEN, 1967], en sujetos de ambos sexos, de edades comprendidas entre los 5 y los 16 años, se observó que, aunque la mayor parte de los sujetos presentan un físico balanceado (aparecían en la

parte central de la somatocarta), aparecía un mayor porcentaje de chicas en el sector de endomorfia y un mayor porcentaje de varones en el sector mesomórfico. La distribución de los chicos era más amplia en la somatocarta que la de las chicas, las cuales tendían a situarse en los sectores central y endomórfico. Sin embargo, existe un importante solapamiento en la posición de ambos sexos.

Una distribución similar pudo observarse en una muestra de jóvenes británicos del estudio de crecimiento de Harpenden [WALKER y TANNER, 1980], así como en una serie de colegiales de Estados Unidos.

Por tanto, las diferencias en el somatotipo entre los sexos se centran de forma primaria en la endomorfia y la mesomorfia [WILMORE, 1970]. En general, desde la edad preescolar hasta convertirse en adultos jóvenes, los varones son más mesomórficos, ligeramente más ectomórficos y menos endomórficos que las mujeres, las cuales son, de una forma casi constante, más endomórficas.

B) En relación con los cambios del somatotipo que pueden tener lugar a lo largo del período de crecimiento, podemos exponer los datos que se obtuvieron en el estudio de crecimiento de Harpenden, en el cual se realizaron también estudios de somatotipo, por medio de estudios longitudinales de diferentes sujetos, los cuales fueron estudiados desde la niñez temprana hasta que se convirtieron en adultos jóvenes. Se observaron cambios evidentes en el somatotipo durante el crecimiento, sobre todo en el período comprendido entre los 3-4 años y los 8 años de edad, en el que probablemente se refleje la redistribución de la grasa subcutánea, el desarrollo del tejido muscular y el alargamiento de las extremidades inferiores en relación con la estatura total. Otros cambios parecen evidentes durante la adolescencia y giran en torno a variaciones en la relación entre hombros y caderas, acúmulo de grasa subcutánea en las chicas y el desarrollo de masa muscular en los chicos.

Por tanto, los cambios parecen suceder en componentes específicos del somatotipo del individuo durante el crecimiento, fundamentalmente en dos períodos: el cambio de la niñez temprana a la niñez en su período intermedio y durante la adolescencia.

De cualquier modo, aunque estos cambios están presentes, no suelen ser dramáticos en la mayor parte de los niños, pudiendo reconocerse el aspecto físico de un adulto joven, de una manera bastante aceptable, durante su niñez.

Existen otros estudios longitudinales que estudiaron los cambios en el somatotipo durante el crecimiento, la mayor parte de los cuales están basados en métodos fotoscópicos. Cabe destacar los realizados en los Estados Unidos por WALKER [1978] en Connecticut, ZUK en California [1958] y CLARKE en el estado de Oregón [1971]; el desarrollado en Inglaterra por WALKER y TANNER [1980]; en Leuven (Bélgica) por CLAESSENS y cols. [1986], y en la antigua Checoslovaquia por PARIZKOVÁ y CARTER [1976]. En todos ellos, el somatotipo medio cambia muy poco con la edad en el sexo masculino. Si tuviese que establecerse una tendencia, ésta sería, de forma muy ligera, hacia la mesomorfia, después de los 13 años de edad.

Uno de los estudios citados, el realizado en Bélgica por CLAESSENS y cols. [1986], estudió el somatotipo modificando el método antroposcópico de Sheldon y

por medio del método antropométrico de Heath-Carter. El somatotipo estudiado por este método asigna valores generalmente más bajos en endomorfia y más elevados en mesomorfia, a todas las edades, que el método fotoscópico.

La misma tendencia se observa en el estudio realizado por PARIZKOVÁ y CARTER [1976], pero en este caso, los valores más bajos de la endomorfia pueden estar relacionados con la actividad física concomitante durante el desarrollo del estudio.

Dos de esos estudios, el de California y el checoslovaco, completaron el estudio del somatotipo de esos niños hasta llegar a la edad adulta; la muestra de California lo estudió hasta los 33 años de edad y la de Checoslovaquia hasta los 24 años [CARTER y PARIZKOVÁ, 1978]. Ambas muestras ponen de manifiesto un incremento en la mesomorfia y una disminución de la ectomorfia entre la adolescencia tardía y la edad adulta. En cuanto a la endomorfia, es más variable, incrementándose en la muestra checoslovaca y permaneciendo bastante estable en el estudio americano.

En contraste con los abundantes datos de varones, hay pocos datos de estudios longitudinales del somatotipo en mujeres. Con el crecimiento y la maduración, las chicas aumentan en endomorfia y declinan en su ectomorfia. No hay una tendencia clara en lo que se refiere a la mesomorfia. Entre los 17 y los 33 años, endomorfia y mesomorfia aumentan y disminuye la ectomorfia.

C) Una cuestión importante en los estudios de crecimiento es la de la estabilidad o plasticidad del somatotipo. En un estudio longitudinal, podemos observar cómo cambia el somatotipo a lo largo del tiempo, cuál es su tendencia general a cambiar de posición, etc.

En lo que se refiere a la estabilidad del somatotipo durante el crecimiento, cuando se analizan los datos de los estudios antes citados, dichos datos reflejan los valores agrupados para muchos individuos y no representan valores individuales, los cuales pueden cambiar de una edad a otra. Un sujeto puede cambiar en una dirección y otro hacerlo en la dirección opuesta.

Esto puede plantear diferentes cuestiones, como la de si cambia el somatotipo de un individuo a lo largo de la infancia y la adolescencia, o la de si el somatotipo en la niñez temprana es capaz de predecir el somatotipo que ese sujeto tendrá como adulto joven.

El estudio de la estabilidad del somatotipo a lo largo del crecimiento ha sido abordado por medio del método de autocorrelación, es decir, la correlación entre un valor del somatotipo individual a una edad y su valor a otra edad diferente. Esto plantea el problema de que al estar constituido el somatotipo por tres componentes, no puede hacerse una correlación de uno de ellos aisladamente, independientemente de los demás. De ahí que los datos de la relación entre los somatotipos a diferentes edades sean muy limitados.

La relación entre el somatotipo en la niñez temprana (2-5 años) y el del adulto joven es de 0.4-0.6. Esta correlación aumenta cuando se comparan los somatotipos

de niños algo mayores (5-8 años) con los de adultos jóvenes, especialmente para la endomorfia. Esto sugiere que algunos cambios, sobre todo en relación con la adiposidad, tienen lugar en la transición de la niñez temprana a la niñez más tardía [WALKER, 1962, 1978].

A partir de los 8 años de edad, la estabilidad de los valores del somatotipo es bastante buena [SLAUGHTER y LOHMAN, 1977].

La mayor parte de los estudios de la estabilidad del somatotipo se han llevado a cabo en adolescentes, debido a los importantes cambios en estatura, proporciones y composición corporal que tienen lugar en ese período. Entre los problemas que se plantean en estos estudios, uno es el de que los datos suelen estar limitados a varones [HUNT y BARTON, 1959]. Otro problema es el límite de edad que debe establecerse en estos estudios, ya que una muestra estudiada a los 12-13 años de edad, puede incluir tanto a niños preadolescentes como a otros que ya han experimentado su estirón de crecimiento.

En cualquier caso, los datos obtenidos muestran estabilidad para la ectomorfia y variación en la mesomorfia y endomorfia, en varones, desde las etapas más tempranas a las más tardías de la adolescencia. La variación probablemente sea tanto biológica como metodológica, ya que los niños experimentan un incremento bastante marcado en la masa muscular, pero más tardío que el aumento en estatura (se hacen primero más "estirados" y luego "se rellenan"), por lo que se puede esperar una cierta inestabilidad en la mesomorfia del varón durante la adolescencia.

En cuanto a las chicas, los estudios son más escasos, pero la correlación entre los datos de chicas entre 12 y 17 años es alta, y ligeramente más alta que para los varones. Esto es debido probablemente a que las chicas son más precoces en su estirón y maduración sexual que los varones de esas mismas edades [SLAUGHTER y cols., 1977].

II. 8. – La composición corporal y sus métodos de estudio.

El estudio de la composición corporal tiene como objetivo determinar los porcentajes en que están presentes los diferentes componentes del cuerpo humano.

A lo largo de casi dos mil años, los antropometristas se limitaron a la medición de distancias de todo tipo en la superficie corporal y solamente se abordaron cambios en el tamaño corporal global y de las diferentes partes que lo forman, así como en el aspecto físico y la forma corporal en su conjunto. Pero este abordaje no aporta una adecuada información acerca de la distribución de los diferentes tejidos y la cantidad en que están presentes dentro de cada individuo. Se hacía necesario conocer dicha composición corporal, desarrollar modelos y métodos de estudio de la misma para poder aplicar a los individuos que están creciendo y a conocer los cambios en la composición corporal durante el crecimiento.

La composición corporal a partir de diferentes componentes fue ya enunciada por Hipócrates, con su teoría de los cuatro humores, pero no fue hasta los años 40 del

siglo XX, cuando comenzaron a desarrollarse técnicas de estudio de la composición corporal, que han conducido a la existencia de métodos muy diferentes para su evaluación. Además, comenzó a tenerse en cuenta la influencia que ejercen sobre la composición corporal factores como la edad, el sexo, el estado nutritivo y la actividad física [WANG y cols., 1995].

A lo largo de la historia se han planteado diferentes concepciones de la composición del cuerpo humano y hoy día, en el estudio de la composición corporal, se pueden considerar identificados más de treinta componentes. Estos componentes pueden clasificarse en cinco niveles de complejidad creciente: atómico, molecular, celular, tisular y corporal total [WANG y cols., 1992]. La suma de todos los componentes de cada nivel tiene que ser igual al peso corporal total.

Estos niveles son:

Nivel atómico.- La composición corporal a nivel atómico, puede considerarse formada por once elementos básicos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, sodio, azufre, cloro y magnesio.

Nivel molecular.- A este nivel, existen diferentes modelos de composición corporal, en los que el número de componentes oscila entre dos y seis.

El modelo más sencillo está formado por dos componentes: el peso graso y el peso libre de grasa. Este modelo tiene el inconveniente de no considerar el peso correspondiente al músculo o al esqueleto de manera independiente, englobando éstos dentro del peso libre de grasa. A pesar de ello, es un método muy utilizado y en el que se basan muchos de los modelos restantes.

Entre los modelos de tres componentes, pueden distinguirse dos tipos, siendo el peso corporal total la suma de:

- Grasa, tejido mineral óseo y tejido residual, en un caso.
- Grasa, agua y sólidos, en el segundo caso.

Un modelo de cuatro componentes, descrito por BROZEK y KEYS [1951], pioneros en este campo, es el que estaría basado en el último de los modelos de tres componentes antes citados, en el que los sólidos se desdoblan en proteínas y minerales. Por tanto, el peso corporal total, para estos autores, sería la suma de grasa, agua, proteínas y minerales.

Un último modelo, a nivel molecular, sería el de seis componentes: grasa, agua, proteínas, tejido mineral blando, tejido mineral óseo y glucógeno [HEYMSFIELD y cols., 1991].

Nivel celular.- A este nivel, se han descrito modelos de tres y cuatro componentes. El modelo de tres componentes está constituido por la masa celular, los fluidos extracelulares y los sólidos extracelulares. El modelo de cuatro componentes es similar a éste, pero desdoblado la masa celular en dos partes: la grasa y la masa celular corporal.

Nivel tisular.- Este modelo es el más utilizado en los estudios de composición corporal. El primero de los modelos a nivel tisular, formado por cuatro compartimentos, fue enunciado por MATIEGKA [1921], siendo el peso corporal

total la suma del tejido adiposo, tejido muscular esquelético, tejido óseo y tejido residual. Este modelo ha sido modificado a partir de 1970 por las propuestas del "phantom" de ROSS y WILSON [1974] y del modelo de cuatro componentes de DRINKWATER y ROSS [1980]. Otro modelo de cinco componentes en el que se incluye, además de los cuatro anteriores, la piel, fue enunciado por KERR [1988].

Nivel corporal total.- Tiene en cuenta de manera global la forma, el tamaño y las características físicas del cuerpo.

El modelo tisular de cuatro componentes es uno de los más utilizados en los últimos años, porque permite estudiar la cantidad de masa muscular esquelética [MARTIN y cols., 1990b]. Este modelo tiene especial importancia y aplicación en el mundo del deporte, donde la masa muscular es un factor esencial en el rendimiento físico [MARTIN y cols., 1990a; SPENST y cols., 1993].

Sin embargo, la mayoría de los métodos para la determinación de la composición corporal siguen el clásico modelo de dos componentes: *masa grasa* y *masa magra* (masa libre de grasa), también denominadas peso grasa y peso magro. La masa grasa está influenciada por hábitos dietéticos y por la actividad física, por lo que es el componente más lábil de la composición corporal. Asimismo, es el factor que ha recibido más atención, debido a que una excesiva masa grasa es un factor negativo para el rendimiento físico y un factor de riesgo para la salud [FORBES, 1987].

Este modelo de dos componentes aborda el estudio de la composición corporal de manera holística. Así, para poder realizar cálculos, se asume que las densidades de grasa y de la masa libre de grasa son conocidas y constantes: 0,9 kg/l para la grasa y 1,1 kg/l para la masa magra [BROZEK y cols., 1963; SIRI, 1961]. Estos datos son muy discutibles, ya que la proporción de uno y otro componentes variará con la edad, raza, crecimiento, etc.

A pesar de esta inexactitud, la masa libre de grasa se sigue utilizando para estimar la masa muscular, basándose en que ésta es su principal constituyente. Pero el porcentaje de masa muscular es variable dentro de la masa magra, oscilando para MARTIN y cols. [1990a] entre un 45.6 y un 59.7 % de la masa magra. Por tanto, la masa muscular supondría alrededor del 50% de la masa magra, pero con una gran variabilidad entre los sujetos.

Este modelo bicompartimental, a excepción de la cantidad de grasa total, aporta muy escasa información sobre otros tejidos específicos, sin distinguir entre hueso, músculo y vísceras. Tampoco proporciona información acerca de la distribución regional de los tejidos corporales, información que es importante para estudiar cambios específicos y los lugares donde tienen lugar, así como conocer las diferencias entre los sexos durante el crecimiento y la maduración.

II. 8. 1.- Los métodos de estudio de la composición corporal.

Los métodos para la determinación de la composición corporal son muy variados, estando basados en técnicas muy diferentes. Sin embargo, su validez no es tanta, ya que se obtienen resultados muy dispares al estudiar, con diferentes métodos, a un mismo individuo. Otro problema, desde el punto de vista del crecimiento, es que los métodos han sido desarrollados y validados en sujetos adultos, por lo que su aplicación en niños en crecimiento pueden dar lugar a resultados distorsionados.

Por todo ello, elaborar una clasificación no es fácil y ha habido diferentes propuestas: la mayor parte de las clasificaciones fueron simples listas [FORBES, 1987], en otros casos, se basaban en la determinación de uno u otro componente corporal [VAN DER KOOY y SEIDELL, 1993], en función de la medición de componentes y de funciones matemáticas [WANG y cols., 1995] e incluso se propusieron en función de la experiencia personal del investigador [LUKASKI, 1987].

Un tipo de clasificación de los métodos de estudio de la composición corporal, basada en criterios metodológicos, los divide en tres grupos: directos, indirectos y doblemente indirectos [DEURENBERG, 1992; PORTA y cols., 1993].

- **Métodos directos.**- Mediante la disección de cadáveres, en los que se calcula el porcentaje de cada uno de los componentes de la masa corporal. Este método directo de medida de la composición corporal es un método "*in vitro*" [MARTÍN, 1984; MARTÍN y cols., 1985, 1990a].

- **Métodos indirectos.**- Estos métodos, también denominados "*in vivo*", son básicamente indirectos porque para calcular un determinado parámetro, lo hacen a partir de la medida de otro. Los métodos para estudiar la composición corporal en sujetos vivos, al ser indirectos, necesitan de un "cuerpo de referencia" con el que poder comparar sus estimaciones y validar sus resultados. Pero, aunque ese "cuerpo de referencia" es útil para una comparación general, su uso está limitado por el hecho de que los datos en los que se basa derivan de un número muy limitado de individuos, que no son necesariamente representativos de los adultos normales.

Dentro de este grupo de métodos indirectos, se pueden distinguir los basados en métodos físicos, químicos, de imagen y densitométricos.

- **Físicos**, cuyo objetivo es calcular el volumen corporal total, por medio de una cámara presurizada. Entre estos métodos se encuentran:

Pletismografía acústica.- El cálculo del volumen corporal total se basa en las características y modificaciones de la frecuencia de resonancia de una onda sonora, cuando introducimos a un sujeto en una cámara presurizada. Si conocemos el peso y el volumen, calculamos la densidad corporal, y a partir de ésta, con diferentes ecuaciones (como las de SIRI [1961] o BROZEK y cols. [1963]), podemos calcular los diferentes componentes. Sin embargo, es una técnica de compleja infraestructura y pueden producirse diferentes artefactos que pueden distorsionar los resultados.

Gases solubles en la grasa.- Se coloca al sujeto en el interior de una cámara presurizada, en la que se introduce una cantidad conocida de un gas noble (Xenón o Kriptón). Podemos determinar la masa de tejido adiposo, si conocemos el coeficiente de solubilidad de dichos gases, su velocidad de dilución y midiendo la cantidad de gas que se diluye en la grasa [LESSER y cols., 1960; PREUSS y BOLIN, 1988].

Dilución de helio.- El volumen y densidad de un sujeto se calcula controlando la dilución de helio, primero dentro de la cámara vacía y luego, con el sujeto dentro. Es un método que también presenta problemas de infraestructura.

- Químicos, entre los que se pueden citar:

Dilución isotópica.- Con este método se mide el agua corporal total. Para ello se ingiere o inyecta un marcador (deuterio, tritio, antipirina) y luego se calcula, tras un tiempo, su concentración en el agua corporal. A partir de ahí, puede deducirse la masa libre de grasa. Tiene el inconveniente de que se basa en que el agua total representa una constante (73,2 % de la masa magra) que no está suficientemente validada [RATHBURN y PACE, 1945], aunque estudios posteriores en cadáveres la establecieron en 74,91% [MARTÍN, 1984].

Espectrometría de rayos Gamma.- Se basa en la medición de las emisiones de los isótopos radiactivos de los elementos que se quieren valorar. Así, se usa el ^{42}K o ^{40}K (0,012% del potasio total) para calcular la masa muscular.

Activación de neutrones.- Se basa en la capacidad de algunos isótopos (N, Cl o Ca) de capturar neutrones de alta o baja energía. Utilizando una fuente de neutrones rápidos se puede analizar directamente la masa magra [PREUSS y BOLIN, 1988; SHEPHARD, 1991] o el fluido extracelular [YASAMURA y cols., 1983].

Espectrometría fotónica.- Con este método se miden la densidad y contenidos minerales óseo y muscular de una zona determinada. Para ello, se hace pasar una serie de radiaciones gamma a través de dicha zona, se mide la cantidad de radiación absorbida, la cual será proporcional al contenido mineral de la zona [HEYMSFIELD y cols, 1990; LOPEZ-CALVET y cols., 1993; MAZESS y cols., 1981].

Excreción de creatinina.- Midiendo la concentración en orina o plasma se podrá calcular la masa muscular, ya que cada mg de creatinina en plasma equivale a 0,88 Kg de músculo [HEYMSFIELD y cols., 1983].

^{40}K en la masa corporal total.- Estima el contenido de potasio del cuerpo, calculándose después la masa libre de grasa [MOORE y cols, 1963].

- De imagen, como la radiología convencional (ya en desuso), la utilización de ultrasonidos, T.A.C. [MAUGHMAM y cols., 1984] y R.M.N. [GONZÁLEZ DE SUSO y cols., 1992; ROSS y cols., 1991; SEIDELL y cols, 1990], que permiten delimitar los tejidos subcutáneo, muscular y óseo.

- Densimetría, que es el método de laboratorio más utilizado para la estimación de la masa libre de grasa y la masa grasa corporal. Este método está basado en el modelo de los "dos componentes": masa magra y masa libre de grasa. Sin embargo, tiene una validez científica relativa, ya que presupone que las densidades de masa grasa y magra son constantes. Dentro de los primeros autores dedicados al estudio de la densidad corporal podemos citar a BENHKE y cols. [1942].

-Métodos doblemente indirectos.- Se basan en nomogramas o ecuaciones que se derivan, a su vez, de métodos indirectos. Entre estos métodos tenemos:

TOBEC (Conductividad eléctrica corporal total).- Se basa en el hecho de que la masa magra conduce mejor la corriente eléctrica, porque tiene un contenido de electrolitos mayor que la masa grasa. La correlación de este método con la densimetria es muy alta [SEGAL y cols., 1985].

Impedancia bioeléctrica.- Se basa en la relación entre la cantidad de agua total del organismo y la impedancia eléctrica de éste. Estima la masa libre de grasa [LUKASKI y cols., 1985; SEGAL y cols., 1985; ROSS y cols., 1989].

N.I.R. (Reactancia a luz subinfrarroja).- Está basada en la capacidad para la absorción que tienen ciertos materiales frente a una fuente luminosa. Dicha capacidad de absorción se compara con una muestra patrón [CONWAY y cols., 1984].

Métodos antropométricos.- Derivados de las medidas corporales, permiten hacer una valoración de la masa grasa.

II. 8. 2.- Métodos utilizados en niños en crecimiento.

Los métodos más utilizados y aplicados a niños en crecimiento son, sobre todo, las medidas de la densidad corporal, el agua corporal y la concentración de potasio. Pero antes de comentar éstos, haremos referencia a los métodos antropométricos que, por su sencillez y facilidad de aplicación, permiten el cálculo de la masa grasa mediante la aplicación de ecuaciones basadas en la medición de pliegues cutáneos.

Entre esas ecuaciones cabe citar la propuesta por SLAUGHTER y cols. [1988], que permite calcular la masa grasa a partir de los valores de los pliegues cutáneos tricípital y medial de la pierna, según la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \% \text{ de masa grasa} &= 0.735 \times (\sum \text{tríceps y pierna}) + 1.0 \quad (\text{Varones}) \\ \% \text{ de masa grasa} &= 0.610 \times (\sum \text{tríceps y pierna}) + 5.1 \quad (\text{Mujeres}) \end{aligned}$$

La medición de la densidad corporal puede realizarse de diferentes maneras [HEYMSFIELD y cols., 1989; KLISH y KRETCHMER, 1989]. La densidad de los tejidos corporales varía enormemente de unos a otros: la densidad de la grasa es de 0.9 Kg/l, siendo menor que la del agua (1 Kg/l) y que la del tejido magro (1.1 Kg/l o más). Si consideramos el cuerpo como un todo, una baja densidad corporal significa que dicho cuerpo tendrá un porcentaje más elevado de grasa que otro cuerpo cuya densidad sea mayor. De este modo, midiendo la densidad corporal se podrá estimar el porcentaje de grasa que ese cuerpo posee [BROZEK y HENSCHER, 1961].

La densitometría es la medición de dicha densidad. El método más común para su medida (aunque pueden ser utilizados otros métodos como el desplazamiento de helio) es el de la pesada hidrostática, en el que el sujeto es pesado fuera del agua y su volumen corporal se determina, por medio del principio de Arquímedes, sumergiéndolo completamente y midiendo el volumen de agua que desplaza. El peso del sujeto se determina cuando está completamente sumergido en el agua y la

diferencia entre el peso en el aire y en el agua representa el peso del volumen de agua desplazada, corregido para la densidad del agua en la que se sumerge. El volumen corporal está afectado por el aire residual que permanece en los pulmones y por el aire contenido en el tracto digestivo. Con esos datos es posible calcular la densidad corporal.

El volumen residual varía con la estatura durante el crecimiento, según la estatura, sexo y edad. Normalmente oscila entre 1 y 2 litros, con grandes variaciones individuales. El volumen de gas intestinal también es variable pero se estima en unos 100 ml.

Existen diferentes fórmulas para convertir la densidad corporal en porcentaje de masa grasa. Las dos fórmulas más usadas son las de BROZEK y cols. [1963] y la de SIRI [1956], así como la de LOHMAN [1984] en niños de 8-12 años. En ellas, el porcentaje de grasa se calcula en función de la densidad corporal (D):

$$\% \text{ de grasa corporal} = (4.57 / D) - 4.142 \quad (\text{BROZEK y cols.})$$

$$\% \text{ de grasa corporal} = (4.95 / D) - 4.5 \quad (\text{SIRI})$$

$$\% \text{ de grasa corporal} = (530 / D) - 489 \quad (\text{LOHMAN})$$

A partir de ese porcentaje, puede calcularse la masa grasa, multiplicando el peso corporal total por el porcentaje obtenido de masa grasa:

$$\text{FM (masa grasa)} = \text{Peso corporal} \times \% \text{ de grasa corporal}$$

Y la masa magra, o libre de grasa, se obtiene restando al peso corporal el valor obtenido de masa grasa:

$$\text{FMM (masa libre de grasa)} = \text{Peso corporal} - \text{FM (masa grasa)}$$

Estas fórmulas, aunque útiles, presentan dificultades en su aplicación. Por una parte, estas fórmulas, al derivar de valores de adultos, dan como resultado estimaciones elevadas de la grasa corporal en los niños. Otro problema, ya comentado, es que se asume que las densidades de la grasa y de la masa magra son constantes; sin embargo, la composición química y la proporción de los constituyentes de la masa magra varían durante el crecimiento y la maduración, por lo que la densidad irá variando a lo largo de estos períodos.

Otro problema que plantea este método para su aplicación a niños es que requiere un entrenamiento en la inmersión del sujeto, por lo que no puede ser utilizado en niños de edades inferiores a 7-8 años.

La medición del agua corporal total permite estimar la masa magra. El agua es el principal componente del cuerpo, oscilando entre un 55 y un 65 % del peso total en los varones adultos jóvenes, con valores ligeramente más bajos en mujeres. Este porcentaje cambia con el estado de hidratación, la mayor o menor grasa corporal, etc [BROZEK y cols., 1963].

La mayor cantidad de agua está en los tejidos magros, constituyendo el 72-74% del peso de estos tejidos, en sujetos adultos normalmente hidratados, aunque puede oscilar entre el 67 y el 74 %. Por el contrario, el tejido adiposo es poco rico en agua, conteniéndola en una proporción cercana al 20 %.

La medición del agua se basa en dos principios de la dilución de isótopos. El primero de ellos es que ciertas sustancias se diluyen de manera uniforme por todos los compartimentos corporales, mientras que el segundo dice que la dilución de una cantidad conocida de ese isótopo, en un volumen o masa desconocidos, permite conocer dicho volumen o masa.

El método consiste en diluir una cantidad conocida de un isótopo (deuterio, tritio o agua marcada con ^{18}O) y tras un tiempo suficiente para que pueda diluirse por todo el cuerpo (2-4 horas, dependiendo del isótopo), se mide su concentración tras la dilución, corrigiendo la cantidad de isótopo eliminado por excreción o exhalación. Se calcula mediante la fórmula:

$$\text{TBW (agua corporal total)} = (\text{A-E}) / \text{C}$$

donde A es la cantidad de isótopo administrado, E es la cantidad de isótopo excretado y C la concentración del isótopo en el fluido analizado (orina, plasma, saliva).

A partir de ese dato, y asumiendo que el porcentaje de agua en la masa magra es constante en adultos, la masa magra se calcula:

$$\text{FFM (masa magra)} = \text{TBW} / 0.732$$

La masa grasa se halla restando este valor al peso corporal total.

Este método presenta también limitaciones, ya que ha sido estudiado en adultos y, además, considera constante el porcentaje de agua (73%) en la masa grasa [HEYMSFIELD y cols., 1991; SHENG y HUGGINS, 1979]. Sin embargo, el agua corporal presenta variaciones a lo largo del día, dependiendo del aporte, la actividad física realizada, etc, por lo que suele medirse por la mañana tras un ayuno nocturno.

Este método permite también medir los compartimientos de agua extracelular e intracelular. El agua extracelular se puede medir, mediante los mismos principios antes citados, con cloruro o bromuro isotópicos, y una vez calculada, se puede determinar el agua intracelular restando el valor obtenido al agua corporal total [YASAMURA y cols., 1983].

La medida del potasio corporal permite una estimación de la masa magra. Se calcula midiendo la cantidad de ^{40}K , un isótopo natural del potasio, que se encuentra en un porcentaje del 0.012% del potasio total corporal, mediante captación de las radiaciones gamma que emite.

Para el cálculo de la masa magra, se asume que existe una proporción constante de potasio en la masa magra, calculándose del siguiente modo:

- En varones: $\text{FFM (masa magra)} = \text{mEq K} / 68.1$

- En mujeres: $FFM (\text{masa magra}) = mEq K / 64.2$

Entre los inconvenientes de este método figura su coste económico elevado; el hecho de que los niños puedan tener dificultad en estar tranquilos durante todo el tiempo que dura la exploración en el contador, constreñidos a un pequeño espacio. Otros inconvenientes son el ayuno durante la noche y las 2-4 horas desde que se administra el isótopo y, por supuesto, en el caso del agua tritiada, la exposición a un isótopo radiactivo.

En resumen, los métodos del potasio corporal o el agua corporal total, permiten estimar la masa magra y los métodos que permiten conocer la densidad corporal, permiten convertir ese dato en masa grasa. Estos tres tipos de métodos han sido aplicados, con frecuencia, a niños [FRIIS-HANSEN, 1963], aunque su aplicabilidad y fiabilidad deben cuestionarse, ya que los valores y ecuaciones están basados en estudios de adultos. Además, ya se ha citado que se asumen como constantes (caso de la densidad de la masa grasa y magra o el porcentaje de agua en ésta última) algunos valores que no lo son en realidad [BROZEK, 1966].

El problema que se plantea en los individuos que están creciendo es saber realmente cuándo éstos alcanzan los valores de adultos, tanto de densidad corporal, densidades de masa grasa y magra, así como los contenidos de agua y potasio de la masa magra. En este momento, se alcanzaría la "madurez química" [MOULTON, 1923].

Es difícil obtener datos de la composición química de niños entre la infancia y la madurez por las dificultades prácticas para llevar a cabo tales análisis. Sin embargo, algunos investigadores han obtenido datos, por medio de métodos directos e indirectos, de composición corporal en niños y adolescentes, concretamente del contenido en agua, proteínas, minerales, potasio, así como la densidad de la masa magra.

En estos trabajos se comprobó que la contribución del agua a la masa magra va disminuyendo durante la niñez, mientras que la proporción de proteínas y minerales aumenta en ella [FLYNN y cols., 1967; FOMON y cols., 1982; LOHMAN, 1986].

Las diferencias en la composición de la masa magra son insignificantes en varones y mujeres, durante la infancia y la niñez temprana.

Después de los 3 años de edad, por el contrario, se aprecia en los niños una menor proporción de agua y una mayor proporción de proteínas y minerales, de manera que hay una ligera proporción mayor de agua en las niñas que en los niños. En cuanto al contenido en potasio y la densidad de la masa magra, también son más altas en los niños que en las niñas a estas edades. Todo esto es, probablemente, un reflejo de la mayor masa muscular y contenido mineral.

Todos estos resultados obtenidos muestran que, si se hubiesen calculado a partir de ecuaciones para adultos, se habrían producido distorsiones en los resultados. Así, el uso de la constante 0.732 para calcular la masa magra a partir del agua

corporal total, daría lugar a una sobrevaloración de la masa magra y, lógicamente, a una infravaloración de la masa grasa. Lo mismo ocurre con el contenido en potasio, con valores inferiores a los sugeridos por los estudios de adultos [FOMON y cols., 1982; LOHMAN, 1986].

En las últimas fases de la niñez, los valores de masa magra parecen acercarse a los valores de referencia de los adultos, pero existen algunas diferencias como ocurre en el contenido mineral óseo, el cual se incrementa enormemente en la segunda década de la vida, reflejando el crecimiento y maduración del esqueleto durante el estirón puberal. El contenido mineral relativo de la masa magra aumenta desde los 10 años hasta el final de la adolescencia en un 1.2 % en varones (de 5.4 al 6.6 %) y en un 0.9 % en mujeres (del 5.2 al 6.1 %).

La "madurez química" de la masa magra no se alcanza, por tanto, hasta el final de la adolescencia, esto es, alrededor de los 16-17 años en mujeres y 18-19 años en varones [HASCHKE, 1983]. Por tanto, las ecuaciones y constantes basadas en valores de adultos deberían utilizarse con unos ajustes adecuados a la inmadurez química de los individuos en crecimiento.

Los valores de diferentes estudios llevados a cabo en niños, adolescentes y jóvenes adultos fueron compilados para mostrar las tendencias en los parámetros de evaluación de la composición corporal, con las variaciones de la edad y el sexo [FLYNN y cols., 1967; FOMON, 1982; LOHMAN, 1986; MALINA y cols., 1988; OWEN y cols., 1962; YSSING y FRIIS-HANSEN, 1965].

El agua corporal total sigue un patrón de crecimiento similar al de la estatura y peso, con un ascenso relativamente rápido en la infancia y un incremento más gradual en la niñez. En el estirón puberal, el incremento del agua corporal total es mayor en los varones. Por último, alcanza una meseta alrededor de los 15-16 años en mujeres y a principio de los 20 en los varones.

Las diferencias sexuales son mínimas en la infancia y la niñez, aunque los varones suelen tener un contenido ligeramente mayor en agua que las mujeres. La diferencia se reduce al comienzo de la adolescencia femenina para luego marcarse más al inicio de la adolescencia masculina.

La densidad corporal disminuye en los varones desde los 8 a los 10 años de edad para luego incrementarse más o menos linealmente hasta los 16-17 años. En mujeres, disminuye desde los 8 a los 11 años y se incrementa ligeramente hasta llegar a una meseta alrededor de los 14 años. En ambos sexos, se produce una caída de la densidad corporal en la última adolescencia y en el inicio de la edad adulta.

La densidad corporal es inversamente proporcional al contenido en grasa, aunque no linealmente. Los varones tienen mayores densidades que las mujeres a todas las edades, lo que se corresponde con porcentajes más bajos de grasa corporal [CHUMLEA y cols., 1983].

Los datos de densidad corporal y de agua corporal total, fueron convertidos en valores de masa grasa y masa magra, respectivamente, permitiendo estudiar el cambio de éstas durante el crecimiento [FOMON, 1982; LOHMAN, 1986].

La masa magra sigue un patrón similar al de la estatura y peso durante el crecimiento, estableciéndose claras diferencias entre sexos durante el estirón puberal.

La masa grasa se incrementa durante los dos o tres primeros años de vida y luego muestra un pequeño cambio de los 5 a los 6 años. Apenas hay diferencia en esas edades para los dos sexos. A partir de ese momento, se incrementa más rápidamente en las niñas que los niños. Este incremento persiste a lo largo de toda la adolescencia en las chicas, pero parece alcanzar una meseta o sufrir un cambio muy ligero en el momento del estirón puberal en los chicos.

Los valores de masa magra adultos son alcanzados muy pronto por las chicas, alrededor de los 15-16 años, cuando se compara con los chicos, que los alcanzan hacia los 19-20 años. En la adolescencia tardía y primera madurez, los varones tienen casi 1.5 veces más masa magra que las mujeres (lo que supone que éstas poseen un 70% de la masa magra que poseen los varones), reflejando las diferencias en estatura y en masa muscular durante el estirón puberal. Apenas hay diferencias en la masa magra en función de la estatura (masa magra por unidad de estatura) hasta los 14 años, pero a partir de esa edad, los varones poseen más masa magra para la misma estatura que las mujeres [PARIZKOVÁ, 1976].

A diferencia de lo que ocurría con la masa magra, las chicas presentan, como promedio, una masa grasa que es 1.5 veces la de los chicos en la adolescencia tardía y el período de jóvenes adultos. Cuando la masa grasa se expresa en porcentaje de peso corporal, se observa que esta adiposidad relativa se incrementa mucho en ambos sexos durante la infancia y luego desciende gradualmente durante la niñez.

Las niñas presentan porcentajes ligeramente más elevados de grasa corporal que los niños durante la infancia y la primera niñez, pero este incremento es notorio desde los 5-6 años y a lo largo de la niñez y adolescencia. La adiposidad se va incrementando gradualmente en las chicas, pero en chicos se incrementa gradualmente hasta justo antes del estirón, a partir del cual desciende, para alcanzar su punto más bajo alrededor de los 16-17 años, ascendiendo desde ahí hasta la edad adulta.

La caída en el porcentaje de grasa es debida al rápido crecimiento de la masa magra en ese período, siendo la acumulación de grasa mucho menor. En resumen, los cambios en la adolescencia son: los varones ganan casi el doble de masa magra que las mujeres, mientras que las mujeres ganan el doble de masa grasa que los varones, por lo que la adiposidad relativa cae en los varones y aumenta en mujeres. Los valores de la masa magra se mantienen más estables a lo largo de la niñez que los de la masa grasa [PARIZKOVÁ, 1977].

III. Material y métodos.

III. Material y métodos.

Muestra estudiada.

El número total de sujetos estudiados fue de 97 niños y niñas, de edades comprendidas entre los 6 y los 13 años de edad, pertenecientes al Área de Salud de Santiago de Compostela. De ellos, 47 pertenecían al sexo masculino (un 48,5 % del total) y 50 eran del sexo femenino (lo que representa un 51,5 % del total).

Las mediciones fueron realizadas en el período comprendido entre octubre y diciembre de 1999.

La elección de este rango de edades se estableció por ser el período en el que aparecen las piezas dentarias definitivas, salvo los cordales, cuya aparición es más tardía [MOORE, 1988].

Datos antropométricos estudiados. Ficha antropométrica.

Los datos estudiados en los sujetos son los que se recogen en la ficha anexa (Hoja anexa nº 1).

Protocolo de medidas antropométricas

El valor de los datos antropométricos reside en la posibilidad de poder realizar comparaciones objetivas entre individuos. Por este motivo, la obtención de las medidas corporales exige una metodología y procedimientos estandarizados, así como una descripción técnica minuciosa de cada medida; esta metodología ha de ser común a todos los que desarrollan la disciplina de la Antropometría:

Los intentos de unificar los procedimientos antropométricos han sido muchos. Las propuestas iniciales fueron planteadas por el Programa Biológico Internacional (IBP), luego retomadas por el International Working Group on Kinanthropometry (IWGK). El protocolo de medidas utilizado en este trabajo es el recomendado por este grupo, protocolo que es seguido también por el GREC (Grupo Español de Cineantropometría)[HEBBELINCK y BORMS, 1987; LOHMAN y cols., 1988; ROSS, 1991; ROSS y MARFELL-JONES, 1991].

Cuidados y recomendaciones generales

La sala destinada a la realización del estudio antropométrico ha de ser amplia y ha de tener una temperatura adecuada que la haga confortable.

Antes de iniciar la toma de medidas, debemos realizar una calibración de los instrumentos de medida.

El sujeto que vamos a estudiar debe estar descalzo y vestirá la menor ropa posible, para facilitar la toma de medidas. Se recomienda un bañador de dos piezas en mujeres y pantalón corto en hombres. Si la exploración se prolongase por cualquier motivo, se le facilitará una vestimenta adecuada.

Antes de la toma de medidas, se marcarán con lápiz dermatográfico los puntos anatómicos de referencia.

Las medidas se tomarán siempre en el lado derecho del cuerpo, aunque no sea el lado dominante. En un principio, el Programa Biológico Internacional (IBP) aconsejaba utilizar los valores del lado izquierdo, pero se impuso el criterio del lado derecho por ser el dominante en un mayor porcentaje de sujetos. Sin embargo, cuando existen situaciones de asimetría bilateral, como es el caso de deportes que utilizan más un miembro que otro (tenis, béisbol, patinaje), debe realizarse en ambos lados para comparar las medidas y llevar a cabo una adecuada evaluación estructural [ROSS y MARFELL-JONES, 1991].

Conviene informar al sujeto que vamos a estudiar de cuál es el objetivo de nuestro estudio, con el fin de conseguir una mayor colaboración.

En la toma de medidas, se seguirá una secuencia de arriba abajo. Para ello, conviene elaborar una ficha antropométrica, con todas las mediciones que queramos realizar, y ordenarlas en la ficha en el orden citado. También conviene contar con un ayudante, que vaya realizando las anotaciones de las medidas en la ficha.

También se procurará que todos los sujetos sean observados en iguales condiciones de hora (anotando en la ficha la hora del día en que se hacen las medidas), local, temperatura, humedad, etc. La razón de esto es que algunas medidas, como la talla o el peso pueden variar con la hora del día o la última comida ingerida, respectivamente.

Los instrumentos de medida se tomarán con la mano derecha, aplicándose con suavidad sobre la piel.

Material antropométrico utilizado.

Los instrumentos de medida utilizados para el estudio antropométrico son los siguientes:

Tallímetro.- Es utilizado para medir la estatura y talla sentado del sujeto estudiado. Se ha utilizado en este caso el de Holtain.

- Consiste en una escala métrica graduada apoyada sobre un plano vertical y una tabla o plano horizontal, que es la que va a contactar con el vértex (parte superior de la cabeza del sujeto). Esta tabla horizontal se desliza a lo largo de la escala vertical.
- Su precisión ha de ser de un milímetro.
- Ha de ser calibrado periódicamente, utilizando una cinta metálica y realizando mediciones de distancias entre la base y diferentes niveles del cursor deslizante.

<u>ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO</u>	
• <u>DATOS PERSONALES</u>	
- NOMBRE	<input type="text"/>
- APELLIDOS	<input type="text"/>
- SEXO	V <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
- FECHA DE NACIMIENTO	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> EDAD <input type="text"/>
• <u>DATOS ANTROPOMÉTRICOS</u>	
- PESO	<input type="text"/>
- ESTATURA	<input type="text"/>
- <u>DIÁMETROS ÓSEOS</u>	
- BIPICONDÍLEO DE HÚMERO	<input type="text"/>
- BIESTILOIDEO DE MUÑECA	<input type="text"/>
- BICONDÍLEO DE FÉMUR	<input type="text"/>
- <u>PERÍMETROS</u>	
- BRAZO CONTRAÍDO	<input type="text"/>
- PIERNA	<input type="text"/>
- <u>PLIEGUES CUTÁNEOS</u>	
- TRICIPITAL	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
- SUBESCAPULAR	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
- SUPRAILÍACO	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
- ABDOMINAL	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
- MUSLO	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
- PIERNA	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
• <u>MEDIDAS FACIALES Y DENTARIAS</u>	
- DIÁMETRO BICONDÍLEO DE LA MANDÍBULA	<input type="text"/>
- ALTURA NASION-GNATHION	<input type="text"/>
- ALTURA PUNTO SUBNASAL-GNATHION	<input type="text"/>
- DIÁMETRO CÚSPIDES 1º MOLAR	<input type="text"/>

Báscula.- Es utilizada para obtener el peso del individuo estudiado.

- Se utilizó una balanza pesa-personas portátil, con una precisión de cien gramos.
- La báscula ha de ser calibrada con cierta frecuencia. Para ello, ha de utilizarse un juego de pesas estandarizadas y con certificación de su exactitud. Se colocan diferentes pesos sobre la báscula, comprobando si se corresponde el peso colocado con la lectura de aquélla.

Antropómetro.- Se ha utilizado un antropómetro Harpenden, con contador digital. Otros antropómetros utilizados frecuentemente son los de Rudolf Martin o Holtain.

Este instrumento permite medir segmentos corporales, grandes diámetros y alturas.

- Consta de una escala metálica graduada, sobre la que se desliza un cursor. Se acoplan dos ramas, una fija en un extremo y otra en el cursor que se desliza. Las ramas pueden ser secciones rectas o bien curvas con puntas de olivo (útiles para ciertas mediciones, como el diámetro anteroposterior del tórax).
- Además, a esta escala que hemos descrito, se le pueden articular otros segmentos y un pie, lo que permite medir alturas hasta los dos metros.
- Su precisión ha de ser de un milímetro.

Paquímetro o compás de pequeños diámetros.- Se utiliza para medir pequeños diámetros.

- Es un compás de corredera graduado.
- Capacidad de medida: hasta 25 centímetros.
- Las ramas deben tener una profundidad de cinco centímetros.
- Su precisión ha de ser de un milímetro.

Cinta antropométrica.- Es utilizada para medir perímetros, así como para la localización del punto medio entre dos puntos anatómicos.

Las características que ha de tener una cinta antropométrica son:

- Ha de ser metálica e inextensible, por lo que se utilizan las de acero, para evitar que no sufran estiramientos en su longitud. Pueden también utilizarse cintas de otro material, pero han de ser calibradas con frecuencia para verificar que sigan manteniendo su longitud original.
- La cinta ha de ser flexible, por lo que su anchura debe ser inferior a siete milímetros.
- Es recomendable que las unidades métricas estén en centímetros exclusivamente, sin que haya otras unidades al lado (pulgadas o pies), para facilitar la lectura y evitar errores en la medición.
- Para facilitar su manejo, debe tener un espacio sin graduar antes del cero.
- También, y con el fin de ser más manejable, el muelle o sistema de recogida y extensión de la cinta deberá tener una tensión constante.

- Su precisión debe ser de un milímetro.
- La cinta ha de ser exacta, debiendo ser calibrada y comprobando su exactitud antes de iniciar las mediciones.

Plicómetro o compás de pliegues cutáneos.- Se utiliza, como su nombre indica, para medir el pániculo adiposo.

En la actualidad, hay diferentes tipos de plicómetros, construidos en acero, plástico, etc. En nuestro caso, hemos utilizado el compás de pliegues cutáneos tipo Harpenden.

- Consiste en dos ramas curvas unidas a una empuñadura o gatillo, que es la que permite asir el instrumento y en la que se ejerce la presión para separar las ramas. Una vez separadas éstas, el pliegue cutáneo queda atrapado entre las ramas y la medición puede leerse en una escala en milímetros, por medio de una aguja indicadora.
- Es un instrumento de gran precisión, sometido a estrictas normas de fabricación. La presión de las ramas sobre la piel debe ser de 10 g/mm^2 , sea cual sea su apertura.
- Su capacidad de medida es de 0 a 48 milímetros, con una precisión de 0,2 milímetros
- Para la calibración de este instrumento se fija a un torno y se suspenden pesos de su rama inferior. Las ramas han de permanecer abiertas en cualquier posición, manteniendo la presión antes citada (10 g/mm^2) para los diferentes pesos que se apliquen.

Compás de ramas rectas.- El compás se utilizó para la medición de la distancia entre las cúspides del primer molar superior.

- Consiste en un compás, con apertura de hasta 10 cm, con un tornillo de fijación de la apertura realizada. Su precisión es de 1 milímetro.
- La medición obtenida se medía sobre una regla graduada.

Material auxiliar.

- Lápices dermográficos para señalar los puntos anatómicos y marcas de referencia.
- Pesos y escala metálica para la calibración de los aparatos.

Puntos anatómicos de referencia.

Para la obtención de las medidas antropométricas, debemos conocer antes una serie de puntos anatómicos que nos sirvan como referencia para obtener mediciones.

Siempre que estudiamos el cuerpo humano, partimos de una posición de referencia: la *posición anatómica*, que es la que se adopta en bipedestación erecta, con la cabeza, ojos y pies dirigidos anteriormente (hacia delante), los miembros superiores con las palmas mirando anteriormente y los miembros inferiores juntos con las puntas de los dedos dirigidas también hacia delante [MOORE, 1993]. Esta posición permite relacionar

en el espacio las diferentes partes del cuerpo.

En antropometría, sin embargo, se utiliza una posición que es diferente a la anterior: la “*posición de atención antropométrica*” o “*posición estándar erecta*”. En ella, el sujeto está de pie, con la cabeza y los ojos dirigidos hacia el infinito, las extremidades superiores pendiendo de forma natural a lo largo del tronco, apoyándose por igual en ambos pies y éstos con los talones juntos y las puntas de los pies separadas formando un ángulo de unos 45° [ARAGONÉS y cols. , 1993]. Esta separación de las puntas de los pies puede llegar hasta los 60° [FRAGOSO y VIEIRA, 1994].

Conviene observar que la obtención de algunas medidas no se hará en esta posición descrita, si no que el sujeto estará sentado y con las rodillas flexionadas, como en el caso de medir los pliegues cutáneos de muslo y pierna.

A partir de las posiciones anatómica y antropométrica, pasamos a describir unos *ejes y planos de referencia* que nos permitirán localizar puntos y relacionar diferentes partes del cuerpo, y que son los mismos que utiliza la Anatomía.

Los *planos* son:

Plano sagital o anteroposterior.- Es un plano vertical, dirigido de delante atrás, y que divide al cuerpo en dos partes: derecha e izquierda. Si las dos partes son iguales, se denomina plano sagital medio (o mediasagital) y si son desiguales, se llama plano parasagital.

Plano frontal o coronal.- Es también vertical, disponiéndose perpendicular al plano sagital. Divide al cuerpo en dos mitades: anterior y posterior.

Plano transversal.- Es perpendicular a los otros dos planos, disponiéndose paralelo al suelo. Divide al cuerpo en dos partes: superior e inferior, también llamadas craneal y caudal, respectivamente.

Los *ejes de referencia* son:

Eje anteroposterior o sagital.- Se dirige de delante atrás y está formado por la intersección de los planos sagital y transversal.

Eje vertical o longitudinal.- Se dirige de arriba abajo y está formado por la intersección de los planos sagital y frontal.

Eje transversal o lateral.- Se dirige de un lado a otro (por ejemplo de derecha a izquierda) y está formado por la intersección de los planos frontal y transversal.

Una vez establecida la posición antropométrica de estudio del sujeto, así como los ejes y planos de referencia, debe describirse unos *puntos anatómicos de referencia* necesarios para poder realizar nuestras mediciones. Estos puntos son los definidos por ROSS y cols. [1978], y de todos ellos, necesitamos conocer los siguientes:

Vértex.- Es el punto superior de la cabeza, situado en el plano mediasagital, cuando aquélla está en el plano aurículo-orbitario de Frankfort, es decir, el plano transversal que pasa por el borde superior del conducto auditivo externo (punto Tragon) y por el punto orbitario o punto medio del borde infraorbitario.

Nasion.- También llamado punto nasal, en la raíz de la pirámide nasal. Corresponde al punto medio de la sutura nasofrontal.

Espinal o subnasal.- Se sitúa justo por debajo de la espina nasal anterior, en la línea media.

Gnation.- Es el punto más inferior y anterior del maxilar inferior, situado en la línea media. Se denomina también punto mentoniano o sinfisario.

Acromial.- Está situado en el extremo superior y externo del acromion, cuando el sujeto está erguido y con los miembros superiores relajados.

Radial.- Es el punto situado en el extremo superior y lateral de la cabeza del radio. Su localización se facilita si el sujeto explorado realiza un movimiento de pronación-supinación.

Stylian (estiloideo).- Es el punto distal de la apófisis estiloides del radio. Está localizado en la región de la tabaquera anatómica, superficie de forma triangular que se forma al extender el dedo pulgar, y que está delimitada hacia fuera por los tendones del abductor largo y extensor corto del pulgar y hacia adentro por el tendón del extensor largo del mismo dedo.

El stylian cubital se localiza en la parte interna y dorsal de la muñeca.

Onfalión.- Es el punto central del ombligo.

Ilioespinal.- Corresponde a la espina iliaca anterosuperior, en su extremo inferior.

Para localizar este punto con exactitud, el sujeto se apoyará sobre su pie izquierdo, levanta el pie derecho y realiza una rotación externa del fémur. Como el músculo sartorio se inserta en la espina iliaca anterosuperior, la rotación externa del muslo que ha realizado el sujeto permite seguir el sartorio hasta su origen en la espina citada.

Una vez localizado el punto de referencia, pedimos al sujeto que vuelva a la posición normal, con los dos pies apoyados y se señala el punto con un lápiz dermatográfico.

Medidas antropométricas

Las mediciones (recogidas en la ficha antropométrica) que vamos a realizar son:

Peso.- Se utiliza una báscula, que ha de ser calibrada antes de pesar a los sujetos.

Unidades.- El peso obtenido se expresará en Kg, con exactitud de 100 gramos.

Posición.- El sujeto se colocará en el centro de la plataforma de la báscula, en posición erecta y con el peso bien distribuido entre los dos pies. El sujeto debe ser pesado desnudo, o bien, con la menor ropa posible y conociendo el peso de ella, para poder corregir la cifra obtenida.

Estatura.- Consiste en medir la distancia existente entre el vértex y el plano en el que se apoya el sujeto. Su utiliza el tallímetro o estadiómetro.

Unidades.- Se mide en centímetros, debiendo tener una exactitud de milímetros.

Posición.- En posición erecta, con el sujeto descalzo, con poca ropa para poder observar la posición del cuerpo y los tobillos juntos. Los talones, glúteos, la parte superior de la espalda y la parte posterior de la cabeza han de contactar con una pared vertical. Se traccionará ligeramente hacia arriba el maxilar inferior, con el fin de colocar la cabeza en el plano de Frankfort.

El sujeto debe realizar una inspiración profunda en el momento de ser medido, con el fin de compensar el aplastamiento de los discos intervertebrales.

Diámetro biepicondíleo de húmero.- Es la distancia existente entre el epicóndilo y la epitróclea humerales. La medición se realiza con un paquímetro, colocando las puntas sobre dichas eminencias óseas y ejerciendo una presión constante sobre ellas.

Unidades.- Se mide en centímetros, aproximando hasta el milímetro.

Posición.- El sujeto estudiado mantiene el brazo en un plano horizontal y formando un ángulo de 90° con el antebrazo. El dorso de la mano estará orientado hacia el observador (antebrazo en supinación).

Las ramas del paquímetro no se sitúan horizontales, si no que siguen la dirección de la bisectriz del ángulo formado por brazo y antebrazo. La distancia medida es ligeramente oblicua porque la epitróclea tiene una posición más baja que el epicóndilo.

Diámetro biestiloideo de la muñeca.- Es la distancia entre los puntos más laterales de las apófisis estiloides de cúbito y radio. La medición se realiza con un paquímetro.

Unidades.- Como el anterior, se mide en centímetros, aproximando hasta el milímetro.

Posición.- El sujeto estará sentado, con su brazo adosado al tronco, el codo está flexionado 90° y el antebrazo está en un plano horizontal, habiéndose colocado en pronación (palma de la mano hacia abajo). La muñeca está flexionada formando la mano un ángulo de unos 80° - 90° con el antebrazo.

Las ramas del paquímetro miran hacia abajo, siguiendo la bisectriz del ángulo formado entre la mano y el antebrazo.

Diámetro bicondíleo de fémur.- Es la distancia entre los puntos más laterales de ambos cóndilos del fémur. Utilizamos un paquímetro para su medición.

Unidades.- Como todos los diámetros, se mide en centímetros, aproximando hasta el milímetro.

Posición.- El sujeto está sentado y con la rodilla en flexión de 90° .

Las ramas del paquímetro miran hacia abajo, siguiendo la bisectriz del ángulo formado entre el muslo y la pierna.

Perímetro de brazo contraído y flexionado.- Es el perímetro máximo del brazo, normalmente en su parte media, cuando se contraen voluntariamente los músculos del brazo, en contracción isométrica. El explorador se coloca a la derecha del sujeto a estudiar, realizando la medición con una cinta métrica, de características ya descritas, colocada alrededor del brazo y perpendicularmente al eje de éste.

Unidades.- Se mide en centímetros, aproximando hasta el milímetro.

Posición.- El sujeto se encuentra de pie, con el brazo levantado hasta la horizontal en un plano sagital. El antebrazo está totalmente supinado y el codo flexionado formándose un ángulo de unos 45° entre el antebrazo y el brazo. El sujeto explorado deberá contraer los flexores del codo tanto como pueda.

Perímetro de la pierna.- Es el perímetro medido en la región de máxima circunferencia de la pierna, que corresponde a la zona de mayor volumen de los gemelos. Suelen realizarse varias mediciones con la cinta métrica, a diferentes alturas de la pierna, escogiendo la mayor de las obtenidas.

Unidades.- Se mide en centímetros, aproximando hasta el milímetro.

Posición.- El sujeto estará erecto, con el peso del cuerpo distribuido por igual entre ambos pies. También puede realizarse con el sujeto sentado, y con las piernas colgando [FRAGOSO y VIEIRA, 1994; ROSS y MARFELL-JONES, 1991].

Pliegues cutáneos.

Su medición se realiza con un plicómetro o compás de pliegues cutáneos, expresando los resultados en milímetros. Normalmente se toman seis pliegues en diferentes zonas: tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, crural y pierna.

El pliegue se coge entre los dedos índice y pulgar de la mano izquierda y está formado por una doble capa de piel y el tejido adiposo subyacente, en una cantidad suficiente que permita formar un pliegue de lados paralelos. Los pliegues obtenidos no siempre son verticales, si no que pueden tener una oblicuidad de 45°.

El músculo no forma parte del pliegue, por lo que se evitará atraparlo cuando vamos a realizar la medición; un modo de evitar que quede atrapado consiste en indicarle al sujeto que estamos explorando que realice una contracción de los músculos de esa zona: el músculo, al contraerse, escapará del pliegue y ya podremos realizar la medición de forma correcta, una vez que la musculatura se relaje.

El plicómetro se toma con la mano derecha, colocándolo de modo que forme un ángulo recto con el pliegue, por lo que si éste es oblicuo, las ramas del plicómetro presentarán también una oblicuidad en relación con el plano horizontal.

Las dos ramas del plicómetro se aplican a un centímetro de distancia de los dedos que atrapan el pliegue, manteniendo éste atrapado con firmeza entre los dedos a lo largo de toda la medición. A continuación, se deja de apretar la empuñadura o gatillo del plicómetro, de modo que las ramas ejerzan toda su presión sobre el pliegue.

La lectura se hará dos segundos después de colocar el plicómetro y soltar dicho gatillo, es decir, cuando la aguja indicadora se detiene [ARAGONÉS y cols., 1993; ROSS y MARFELL-JONES, 1991]. Para otros autores, la lectura se realiza a los cuatro segundos después de soltar el gatillo del plicómetro [FRAGOSO y VIEIRA, 1994]. Deben realizarse dos o tres mediciones de cada pliegue y hacer la media aritmética, siendo éste el dato que se manejará en los posteriores cálculos que se lleven a cabo.

La obtención de los pliegues cutáneos y su medición no siempre son fáciles, como sucede con determinados pliegues (como el del muslo) o con sujetos obesos. Una presión firme de los dedos que sujetan el pliegue ayuda a reducir la oscilación de la aguja indicadora.

Pliegue tricapital.- El pliegue se mide en la parte posterior del brazo, en el punto medio de la distancia entre los puntos acromial y radial. La dirección del pliegue es vertical, por lo que el plicómetro se colocará perpendicular al brazo y sus ramas paralelas al suelo, a una distancia de un centímetro distalmente a los dedos que forman el pliegue.

Pliegue subescapular.- Se localiza, en primer lugar, el ángulo inferior de la escápula, palpándolo con el dedo índice de la mano izquierda. Por debajo de dicho ángulo, hacemos girar el dedo, sobre ese punto, unos 45° en el sentido de las agujas del reloj y se toma el pliegue cutáneo entre el índice y el pulgar.

El pliegue, por tanto, es oblicuo hacia arriba y hacia adentro, formando un ángulo de 45° con la horizontal. Las ramas del plicómetro se colocarán oblicuas, formando ángulo recto con el pliegue.

En sujetos obesos, a veces es necesario flexionar el antebrazo sobre el brazo y traccionar del codo hacia atrás. Con esta maniobra es más fácil localizar el ángulo inferior de la escápula [FRAGOSO y VIEIRA, 1994].

Pliegue suprailíaco anterior.- También se denomina supraespinal. El pliegue cutáneo se toma en la intersección de dos líneas:

- La primera línea, horizontal, pasa por el borde superior del ilion.
- La segunda, vertical, trazada desde el borde axilar anterior hasta la espina iliaca anterosuperior.

Se toman estas referencias morfológicas por ser fácilmente accesibles.

El pliegue es oblicuo de arriba abajo y de fuera adentro, formando un ángulo de 45° con la horizontal.

Pliegue abdominal.- Este pliegue se toma a unos tres o cinco centímetros a la derecha del ombligo (punto medio del ombligo), siguiendo una dirección vertical. El pliegue también puede ser tomado siguiendo una dirección horizontal [FRAGOSO y VIEIRA, 1994].

La zona donde se toma el pliegue corresponde a la de mayor prominencia abdominal, entre la línea media abdominal y la línea de Spiegel.

La musculatura abdominal ha de estar relajada y si los movimientos respiratorios interfieren en la medición, se le pedirá al sujeto que deje de respirar durante un breve tiempo.

Pliegue del muslo anterior.- Se toma en la cara anterior del muslo, en su parte media, concretamente en el punto medio de la distancia existente entre el pliegue inguinal y el borde superior de la rótula. Es un pliegue vertical.

El sujeto ha de estar sentado, con los pies apoyados y las rodillas en flexión de 90°.

En ocasiones, es un pliegue difícil de tomar y, en estos casos, podemos hacer lo siguiente:

- Pedir al sujeto explorado que sostenga el muslo con sus manos.
- O también, que el sujeto tome el pliegue con sus dos manos. Esto puede

realizarlo otro antropometrista. La medición se haría, en el lugar adecuado, a 1 cm de distancia de los dedos del ayudante.

Pliegue de la pierna. - El pliegue se mide en la zona de mayor circunferencia de la pierna, en la cara interna de ésta. Corresponde a la misma altura a la que hemos tomado el perímetro de la pierna. El pliegue lleva una dirección vertical.

El sujeto estará sentado, con la pierna y el muslo formando un ángulo de 90°.

En un 1% de individuos, es difícil obtener este pliegue, ya que algunos sujetos tienen una compresión natural del tejido adiposo en esa zona. La medición puede, incluso, llegar a ser dolorosa.

Altura facial total o nasomentoniana.

Es la altura medida entre los puntos nasion y gnation [FARKAS, 1990]. Estos puntos se localizan del siguiente modo:

- Nasion, o punto en la línea media de la raíz nasal y de la sutura nasofrontal. Este punto siempre se sitúa por encima de la línea que conecta los dos endocantos y el punto óseo coincide con el punto de tejido blando [HRDLIČKA, 1920; ASHLEY-MONTAGU, 1935].
- Gnation o mentón, es el punto más bajo situado en la línea media, en el borde inferior de la mandíbula. Se identifica muy bien por palpación y es idéntico al gnation óseo [GODYCKI, 1956].

La medición de esta altura se llevó a cabo con ayuda de un paquímetro, colocando la cabeza del sujeto en el plano horizontal de Frankfort.

Altura punto subnasal-gnation.

Se denomina también altura espino-mentoniana y es la distancia entre los puntos gnation y subnasal, siendo éste el punto medio del ángulo de la base de la columela, donde confluyen el borde más bajo del septo nasal y la superficie del labio superior [HOWELLS, 1937].

Esta altura representa la de la parte inferior de la cara [LEIBER, 1972], aunque otros autores consideran que la altura de la cara inferior es la medida entre el gnation y el prosthion o punto alveolar [TESTUT y LATARJET, 1974].

La medición de esta altura se llevó a cabo con ayuda de un paquímetro, colocando la cabeza del sujeto en el plano horizontal de Frankfort.

Diámetro bicondíleo de la mandíbula.

Es el diámetro medido entre los dos puntos más laterales de la superficie del cóndilo de la mandíbula (condylion laterale). Se identifican por palpación en cada articulación temporomandibular cuando la boca se abre [GOSMAN, 1950].

La medición de esta altura se llevó a cabo con ayuda de un paquímetro, colocando la cabeza del sujeto en el plano horizontal de Frankfort.

Distancia entre las cúspides del primer molar superior.

Es la distancia medida entre las cúspides del primer molar superior de cada lado, es decir entre las cúspides de posición mesopalatina [APRILE y FUGÚN, 1956].

La medición de esta distancia se llevó a cabo con un compás de ramas rectas, con apertura de hasta 10 cm, con un tornillo de fijación de la apertura realizada, con una precisión de 1 milímetro. La distancia obtenida se llevaba sobre una regla graduada para su medición.

Cálculo del somatotipo

Para el cálculo del somatotipo, utilizaremos el método de Heath-Carter [CARTER y HEAT, 1971; CARTER y HEAT, 1990], basándonos en las medidas realizadas y recogidas en la ficha antropométrica de cada sujeto.

De todas las medidas realizadas, necesitaremos para este cálculo:

- La talla medida desde el vértex (en cm).
- Peso (en Kg).
- Cuatro pliegues cutáneos (medidos en mm):
 - Tricipital.
 - Subescapular.
 - Suprailíaco.
 - Medial de la pierna.
- Dos diámetros (medidos en cm):
 - Biepicondíleo de húmero.
 - Bicondíleo de fémur.
- Dos perímetros (en cm):
 - Brazo flexionado y contraído.
 - Pierna.

Con estas medidas obtenemos tres cifras, que representan los tres componentes del individuo, según Heat y Carter:

- Endomorfia, representada como I.
- Mesomorfia, representada por II
- Ectomorfia, que se representa por el valor III.

La endomorfia se refiere a la cantidad relativa de grasa corporal; la mesomorfia hace referencia al desarrollo músculo-esquelético y la ectomorfia se refiere a la linealidad, es decir, al predominio de las medidas longitudinales.

□ El cálculo de la primera cifra, la de **endomorfia**, se realiza con la siguiente ecuación:

$$\text{Endomorfia} = - 0,7182 + 0,1451 X - 0,00068 X^2 + 0,0000014 X^3$$

Siendo **X** el sumatorio de los pliegues tricitoral, subescapular y suprailíaco, expresados en mm.

Sin embargo, para poder comparar a diferentes individuos, Carter propone corregir este valor obtenido de la ecuación anterior, multiplicando **X** por el cociente 170,18 / talla del sujeto (siendo 170,18 la estatura del Phantom). Por tanto:

$$\text{Corrección de endomorfia} = \mathbf{X} \cdot [170,18 / \text{talla del sujeto}]$$

- El cálculo de la segunda cifra del somatotipo, la de **mesomorfia**, se realiza mediante la ecuación:

$$\text{Mesomorfia} = 0,858\mathbf{U} + 0,601\mathbf{F} + 0,188\mathbf{B} + 0,161\mathbf{P} - 0,131\mathbf{H} + 4,5$$

Siendo:

U el diámetro biepicondileo de húmero, medido en cm.

F el diámetro bicondileo de húmero, medido en cm.

B el perímetro corregido del brazo, medido en cm.

P el perímetro corregido de la pierna, medido en cm.

H la estatura del individuo, medida en cm.

Los perímetros corregidos se obtienen restando al valor del perímetro el del pliegue cutáneo respectivo, medido en cm. De este modo, se excluye en la medición del perímetro la parte correspondiente al tejido adiposo existente en esa zona.

Los perímetros corregidos son:

B = Perímetro del brazo (en cm.) - Pliegue del tríceps (en cm.).

P = Perímetro de la pierna (en cm.) - Pliegue de la pierna (en cm.).

- La tercera cifra, la de **ectomorfia**, se puede calcular por medio de tres ecuaciones diferentes, pero la ecuación a utilizar dependerá del que obtengamos del índice ponderal.

El índice ponderal se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{IP} = \text{estatura (en cm.)} / \text{raíz cúbica del peso (en Kg.)}$$

Para poder calcular ahora el componente de ectomorfia, tendremos en cuenta el valor del índice ponderal (IP):

- Si $\text{IP} > 40,75$, utilizamos la ecuación: $\text{Ectomorfia} = (\text{IP} \times 0,732) - 28,58$

- Si $\text{IP} < 40,75$ y $> 38,28$, se utiliza $\text{Ectomorfia} = (\text{IP} \times 0,463) - 17,63$

- Si $\text{IP} < 38,28$, el valor del componente de la Ectomorfia = 0,1 (que es su valor mínimo).

Representación gráfica del somatotipo

Los valores obtenidos para los tres componentes del somatotipo, pueden

representarse gráficamente mediante la somatocarta o somatograma.

La representación gráfica se lleva a cabo en un triángulo de lados curvos (denominado triángulo de Reuleaux por ser éste quien lo diseñó) que tiene las siguientes características propuestas por CARTER [1975]:

- Se trata de un triángulo equilátero de lados curvos. Estos lados corresponden a arcos de circunferencia cuyos centros se sitúan en los vértices del triángulo.
- En el interior del triángulo se trazan tres ejes, dirigidos desde cada vértice al punto medio del arco que se sitúa opuesto a ese vértice. Estos ejes se cruzan en el centro del triángulo, formando ángulos de 120° entre sí.
- Cada eje representa un componente del somatotipo:
 - El vertical, es el de mesomorfia.
 - El que se origina en el ángulo izquierdo, el de endomorfia.
 - El que se origina en el ángulo derecho, es el de ectomorfia.

En el exterior del triángulo se trazan dos ejes de coordenadas, X e Y. Las abscisas y ordenadas tienen distintas escalas, siendo $Y = X \sqrt{3}$

- Los valores de la coordenada Y varían entre +16 y -10.
- Los valores de la coordenada X varían entre +9 y -9.
- El punto central, donde se cruzan los tres ejes antes citados, sería el de valor (0,0).

- Las coordenadas de los vértices del triángulo son:

- Endomorfia.- $X = -6$ $Y = -6$
- Mesomorfia.- $X = 0$ $Y = +12$
- Ectomorfia.- $X = +6$ $Y = -6$

Una vez, descrito el triángulo de Reuleaux y los ejes de coordenadas de la somatocarta, podemos pasar a representar gráficamente el somatotipo en la misma. Cada somatotipo se representa en un punto de la gráfica, por lo que hay que obtener las coordenadas de ese punto, esto es, los valores X e Y.

Para obtener las coordenadas X e Y, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$X = III - I$$

$$Y = 2 II - (III + I)$$

siendo I el componente de endomorfia, II el de mesomorfia y III el de ectomorfia, como ya se ha citado.

La situación en la somatocarta del punto correspondiente al somatotipo permite clasificar a éstos en diferentes categorías, dependiendo de los valores de los componentes endomorfo, mesomorfo y ectomorfo, y del predominio de alguno de ellos sobre los otros dos [CARTER y HEAT, 1990].

Los datos obtenidos de los diferentes sujetos permiten calcular el **somatotipo medio** de la población estudiada, el cual se obtiene con el valor medio de los tres componentes.

Somatotipo medio = Endomorfia media, Mesomorfia media, Ectomorfia media.

Los valores de cada componente se hallan obteniendo la media aritmética de los valores de dicho componente en cada sujeto. Por ejemplo, para obtener el valor de la endomorfia media, se suman los valores del componente de endomorfia de todos los sujetos estudiados y se divide por el número de sujetos. Lo mismo haremos con los otros dos componentes, obteniendo el somatotipo medio.

Valoración de la composición corporal

Existen numerosos métodos de estudio de la composición corporal, muy diferentes unos de otros. Entre ellos, se encuentra el método antropométrico, el cual, a partir de diferentes medidas corporales, nos permite estimar los porcentajes de los diferentes compartimentos corporales. Así, podemos calcular índices de adiposidad, de masa muscular, masa ósea, etc.

Las ecuaciones utilizadas para este cálculo de la composición corporal son las propuestas en el modelo tetracompartimental de DE ROSE Y GUIMARAES, y aceptado por el Grupo Español de Cineantropometría [PORTA y cols., 1993]. Este método permite obtener los pesos graso, óseo, muscular y residual.

Las ecuaciones son las siguientes:

❑ Cálculo del peso graso

$$\text{Peso graso} = \text{peso total} \times [\% \text{ de grasa} / 100]$$

$$\% \text{ de grasa} = [(\text{Tricip.} + \text{Subesc.} + \text{Supraesp.} + \text{Abdom.}) \times 0.153] + 5.783$$

Sin embargo, para el cálculo del porcentaje de grasa corporal se utilizaron las fórmulas propuestas por SLAUGHTER y cols. [1988], aplicables a niños de todas las edades. Estas fórmulas son:

$$\% \text{ de grasa} = 0.735 \times (\sum \text{Pliegue tríceps} + \text{Pliegue pierna}) + 1.0 \text{ (Varones)}$$

$$\% \text{ de grasa} = 0.610 \times (\sum \text{Pliegue tríceps} + \text{Pliegue pierna}) + 5.1 \text{ (Mujeres)}$$

❑ Cálculo del peso residual

Hombres: $\text{Peso residual} = \text{Peso total} \times 0,241$

Mujeres: $\text{Peso residual} = \text{Peso total} \times 0,209$

❑ Cálculo del peso óseo

$$\text{Peso óseo} = 3,02 (H^2 \times R \times F \times 400)^{0,712}$$

Siendo:

- H.- Altura del vértex (medida en m.).
- R.- Diámetro biestiloideo de la muñeca (en m.).
- F.- Diámetro bicondíleo de fémur (en m.).

□ Cálculo del peso muscular

Se calcula de forma indirecta, restando al peso total la suma de los tres pesos calculados antes (graso, óseo y residual).

$$\text{Peso muscular} = \text{PT} - (\text{PG} + \text{PO} + \text{PR})$$

Análisis de los datos

El estudio estadístico de los datos (medias, desviación típica, coeficientes de correlación, etc) fue llevado a cabo con ayuda del programa SPSS versión 9.0, con licencia para la Universidad de A Coruña.

IV. Resultados.

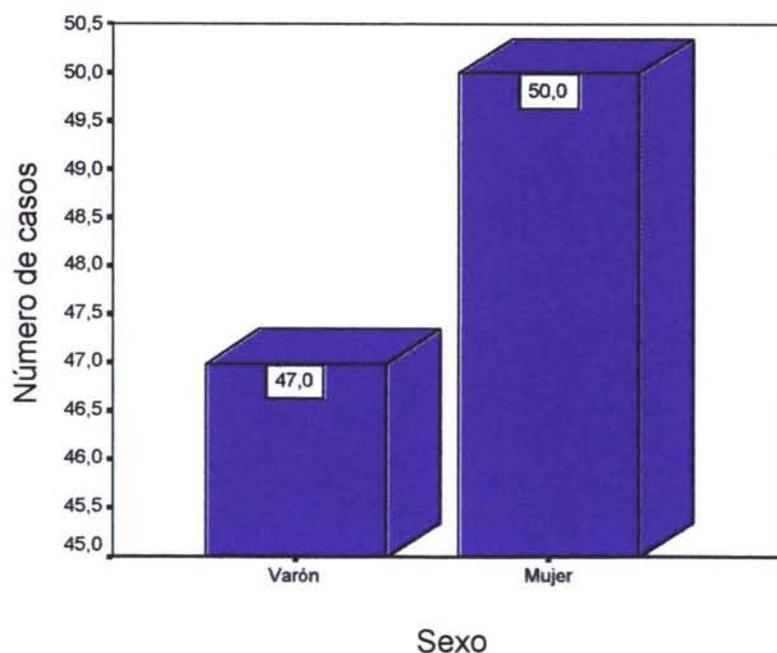
IV. Resultados.

Sexo

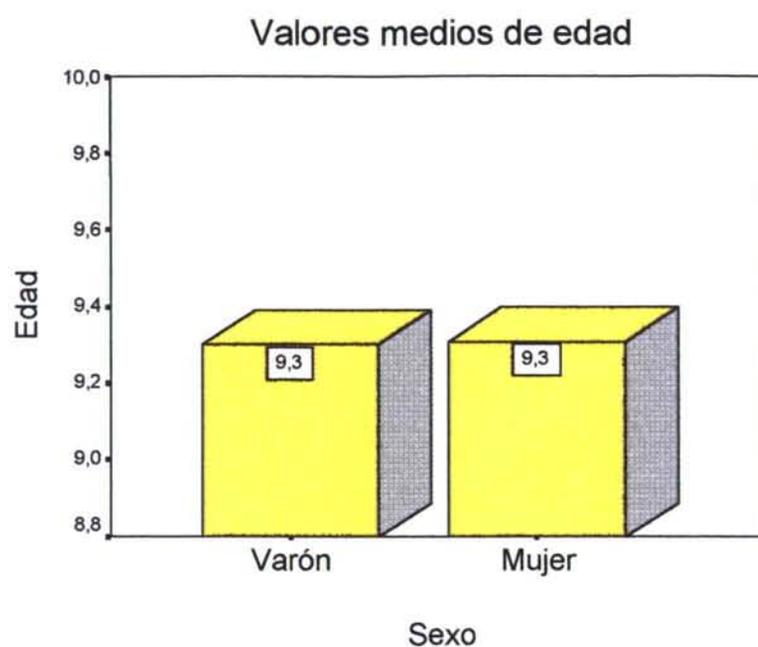
El número total de sujetos estudiados fue de 97, de los que 47 pertenecen al sexo masculino (un 48,5 % del total) y 50 corresponden al sexo femenino (lo que representa un 51,5 % del total), como se puede observar en la gráfica n° 1.

Edad

La media de edad de los sujetos estudiados fue de 9,31 años, con una desviación típica de $\pm 1,98$ años. El valor mínimo estudiado correspondió a un varón de 6 años, mientras que el valor máximo lo presentó un varón de 12 años y 11 meses de edad. Teniendo en cuenta el sexo, la media de edad en las mujeres fue de 9,31 años, con una desviación típica de $\pm 1,91$ años. En los varones, la media fue de 9,31 años con una desviación típica de $\pm 2,07$ años (ver gráfica n° 2).

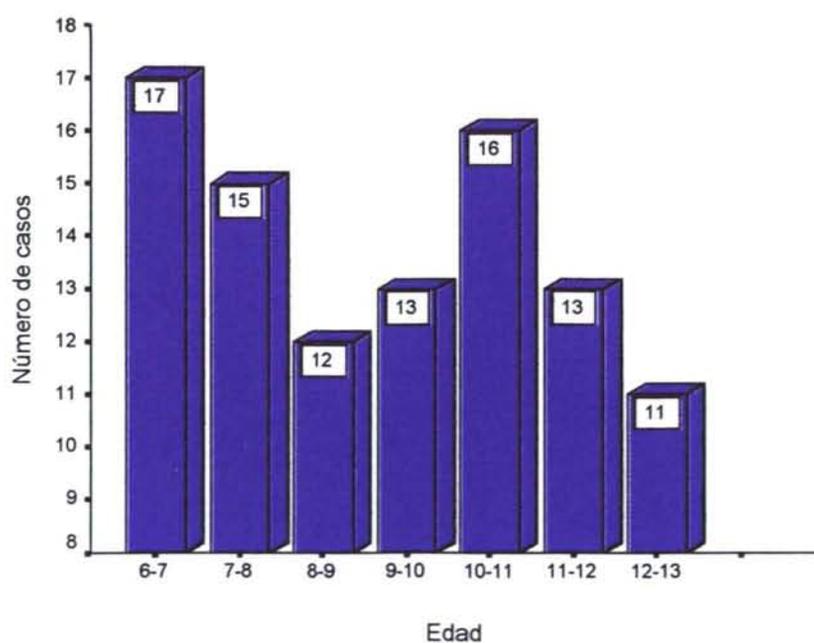


Gráfica n° 1



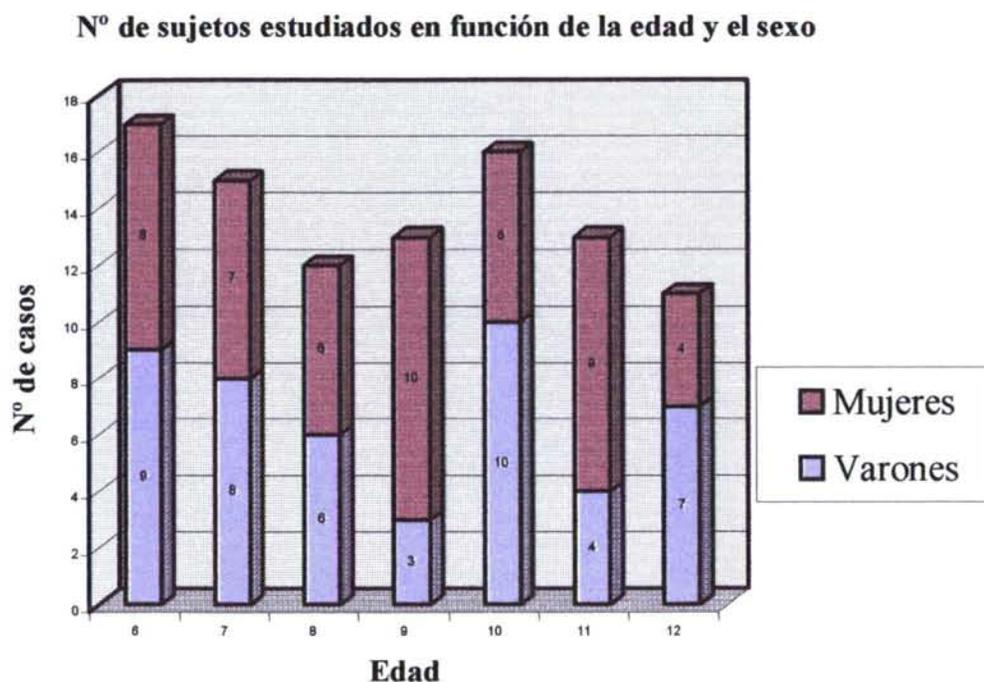
Gráfica n° 2

La gráfica n° 3 muestra el número de sujetos estudiados para cada grupo de edad. Así, fueron estudiados 17 sujetos entre 6 y 7 años de edad; 15 sujetos de 7 a 8 años; 12 de edades comprendidas entre los 8 y 9 años; 13 sujetos entre los 9 y los 10 años de edad; 16 comprendidos entre los 10 y los 11 años; 13 sujetos entre los 11 y los 12 años y, por último, 11 sujetos entre los 12 y los 13 años de edad.



Gráfica n° 3

La gráfica n° 4, muestra los mismos datos de edad que la gráfica anterior, pero teniendo en cuenta el sexo de los sujetos estudiados.



Gráfica n° 4

La edad se correlaciona con el peso y la talla en el grupo estudiado, con unos coeficientes de correlación de Pearson de 0,751 y 0,876, respectivamente, con significación al nivel 0,01.

Los tres diámetros óseos estudiados se correlacionan con la edad, con coeficientes de Pearson de 0,598 para el biepicondíleo de húmero, 0,637 para el biestiloideo de la muñeca y de 0,616 para el bicondíleo de fémur. Los tres valores presentan significación al nivel 0,01.

Asimismo, existe correlación entre la edad y los perímetros de brazo contraído y de la pierna, con coeficientes de Pearson de 0,562 y 0,623 respectivamente, significativos al nivel 0,01.

En cuanto a los pliegues cutáneos, no existe correlación entre la edad y el pliegue del muslo. Sí existe correlación con los otros cinco pliegues. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson obtenidos son: 0,297 para el tricipital, 0,281 para el subescapular, 0,354 para el suprailíaco y 0,382 para el abdominal, significativos en estos casos al nivel 0,01. Por último, el pliegue de la pierna presenta un coeficiente de 0,243, significativo al nivel 0,05.

Existe también una correlación entre la talla y las medidas faciales: diámetro bicondíleo de la mandíbula, altura nasión-gnación, altura punto subnasal-gnación y diámetro bicuspídeo del primer molar, con valores del coeficiente de correlación de Pearson, respectivamente, de 0,448, 0,590, 0,269 y 0,265, con significación todos ellos al nivel 0,01.

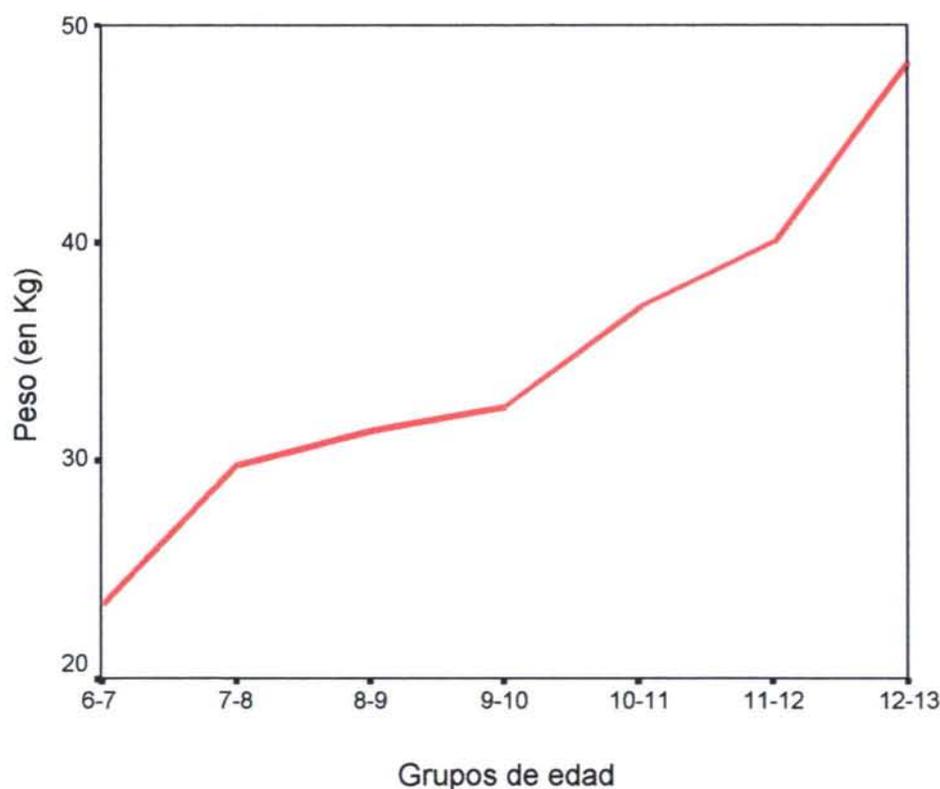
Peso

El peso medio del grupo estudiado fue de 33,9 Kg, con una desviación típica de $\pm 9,4$ Kg. El peso más bajo correspondió a una niña de 7 años y 4 meses de edad, que presentó un peso de 18,6 Kg, mientras que el valor más alto para el peso lo presentó un varón de 12 años y 10 meses de edad, con 62,5 Kg.

En el grupo de varones, el valor medio para el peso fue de 35,0 Kg, con una desviación típica de $\pm 10,3$ Kg. En el grupo de mujeres, la media fue algo menor, de 32,8 Kg, con una desviación típica de $\pm 8,5$ Kg.

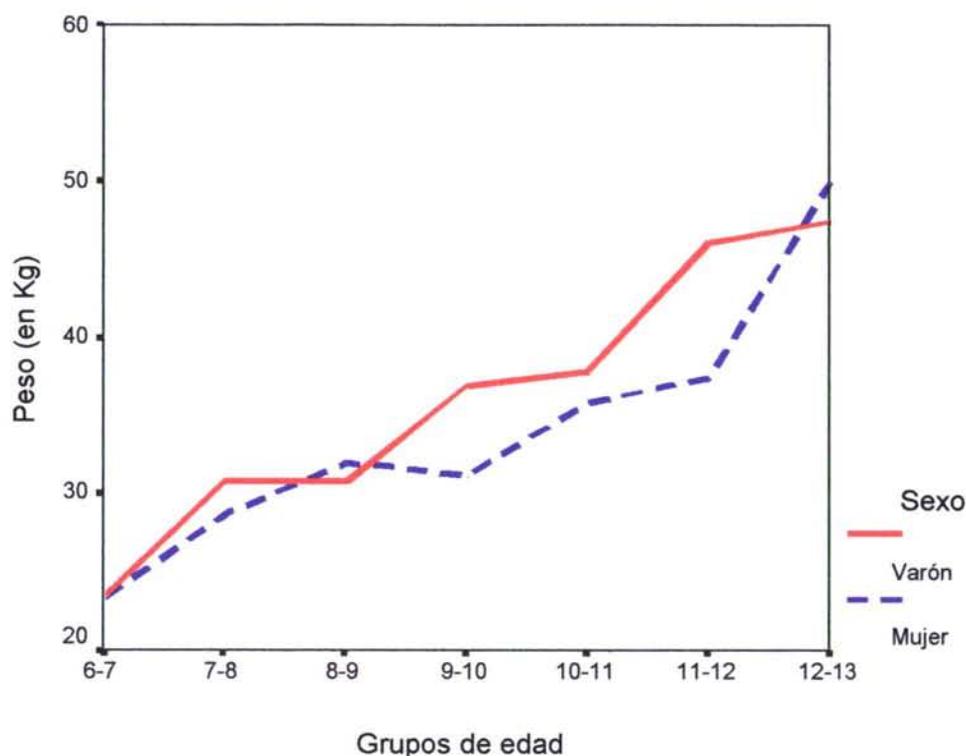
Existe una correlación entre edad y peso, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,751 (significativo al nivel 0,01), lo mismo que entre peso y talla, con un coeficiente de 0,872, también significativo al nivel 0,01.

La gráfica nº 5 muestra el incremento de peso en relación con la edad, observándose un aumento progresivo, desde un valor medio del peso de 23,4 Kg en el grupo de edad entre 6 y 7 años, hasta un valor medio del peso de 48,3 Kg entre los 12 y los 13 años de edad.



Gráfica nº 5

En relación con el sexo, los valores medios del peso también presentan un incremento con la edad, tal como se recoge en la gráfica nº 6. En ella, se observa que el peso medio en los varones es mayor en casi todos los grupos de edad, a excepción del grupo de 8 a 9 años (en el que el valor medio en mujeres es de 32,0 Kg frente a 30,8 en varones), y en el grupo de 12 a 13 años (50,0 Kg en mujeres frente a 47,4 Kg en varones).



Gráfica nº 6

Asimismo, existe una correlación (que también es significativa al nivel de 0,01) con los tres diámetros óseos medidos, con unos coeficientes de correlación de Pearson de 0,803 para el biepicondíleo de húmero, 0,758 para el biestiloideo de la muñeca y 0,895 para el bicondíleo de fémur.

Existe una correlación clara entre peso total y peso óseo con un coeficiente de Pearson de 0,932, significativo al nivel 0,01.

También hay correlación entre el peso y los perímetros de brazo contraído y de pierna, con coeficientes de Pearson de 0,887 y 0,874, respectivamente (con significación de 0,01).

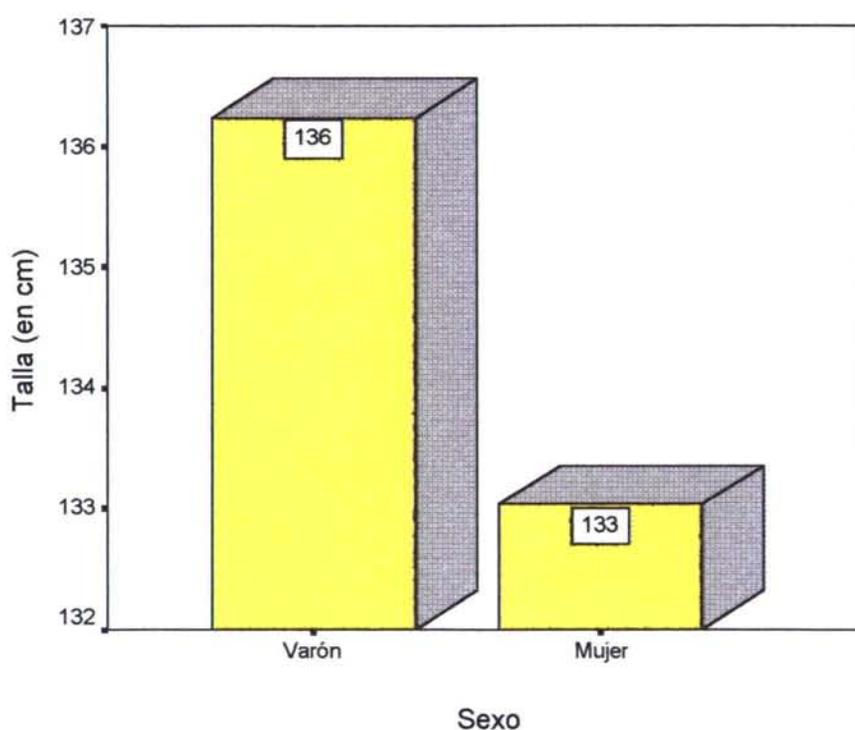
Entre el peso y los diferentes pliegues cutáneos estudiados, también existe correlación con coeficientes de Pearson de 0,646 para el pliegue tricipital, 0,645 para el subescapular, 0,715 para el suprailíaco, 0,717 para el abdominal, 0,465 para el pliegue del muslo y 0,570 para el de la pierna. Son valores significativos al nivel 0,01.

Por último, se ha encontrado correlación entre el peso y las medidas faciales de diámetro bicondíleo de la mandíbula, altura nasió-gnación, altura punto subnasal-gnación y el diámetro bicuspídeo del primer molar, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,619, 0,596, 0,335 y 0,311 respectivamente, con significación todos ellos al nivel 0,01.

Talla

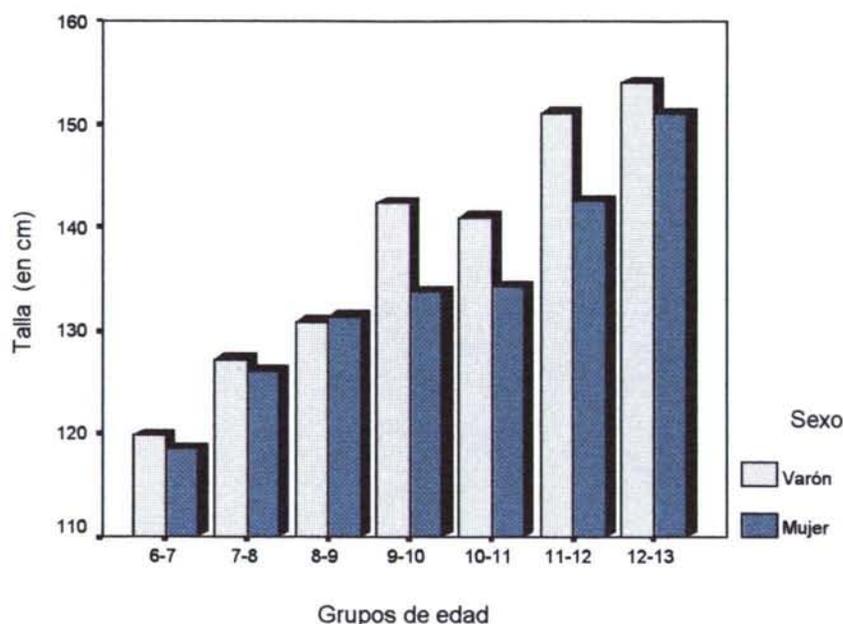
En el grupo estudiado, la talla media fue de 134,6 cm, con una desviación típica de $\pm 11,9$ cm. La menor talla la presentó una niña de 6 años y 5 meses de edad, mientras que el valor más alto correspondió a un varón de 12 años y 11 meses.

En la distribución por sexos, la media en el sexo masculino fue de 136,2 cm con una desviación típica de $\pm 13,0$ cm, mientras que en el sexo femenino, la media fue de 133,0 cm con una desviación típica de $\pm 10,6$ cm, como puede observarse en la gráfica nº 7.



Gráfica nº 7

Al igual que con el peso, existe una correlación positiva entre edad y talla, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,876, que es significativo al nivel 0,01. Como se puede apreciar en la siguiente gráfica nº 8, al estudiar los valores medios de la talla, en los diferentes grupos de edad, se observa que la talla es mayor en los varones de todos los grupos de edad, a excepción del grupo de 8 a 9 años, en el que es ligeramente superior la talla de las niñas (131,4 cm) a la de los varones (130,9 cm).



Gráfica nº 8

Entre talla y peso, también existe correlación con un valor del coeficiente de correlación de Pearson de 0,872, el cual también es significativo al nivel de 0,01.

Existe correlación entre la talla y los diámetros óseos medidos: biepicondíleo de húmero, biestiloideo de la muñeca y bicondíleo de fémur, con coeficientes de correlación de Pearson de 0,714, 0,728 y 0,765, respectivamente, significativos al nivel 0,01.

La talla se correlaciona también con los perímetros de brazo contraído y de pierna, con coeficientes de correlación de Pearson, respectivamente, de 0,663 y 0,722, ambos significativos al nivel 0,01.

En cuanto a la relación de la talla con los pliegues cutáneos, se observa una correlación con todos ellos. En el caso del pliegue del muslo, el valor del coeficiente de correlación de Pearson es de 0,226, con significación al nivel de 0,05. Los cinco restantes pliegues presentan correlación con la talla, con los siguientes valores del coeficiente de Pearson: 0,353 para el tricipital, 0,319 para el subescapular, 0,396 para el suprailíaco, 0,420 para el abdominal y 0,290 para el de la pierna. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

La correlación existe también entre la talla y las medidas faciales de diámetro bicondíleo de la mandíbula, altura nasión-gnación, altura subnasal-gnación y el diámetro bicuspídeo del primer molar, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,512, 0,642, 0,317 y 0,337 respectivamente, con significación al nivel 0,01.

Índice de masa corporal (body-mass index)

El índice de masa corporal se define como el cociente entre el peso (en Kg) y la estatura al cuadrado (medida en m). Los valores normales en el sujeto adulto se sitúan

entre 19 y 27, pero varían de forma importante a lo largo del crecimiento [FORBES, 1987].

Los valores obtenidos, en nuestra muestra, para el índice de masa corporal, se recogen en la siguiente tabla:

Índice de masa corporal (BMI)		
Varones	Grupos de edad	Valores medios del IMC
	6 - 7.5	16.63
	7.5 - 9	18.70
	9 - 10.5	18.87
	10.5 - 12	19.26
	12 - 13	19.89
Mujeres	6 - 7.5	16.84
	7.5 - 9	18.34
	9 - 10.5	17.98
	10.5 - 12	18.45
	12 - 13	22.03

Cuando obtenemos los coeficientes de correlación de Pearson del índice de masa corporal con otros parámetros, vemos que existe una correlación positiva entre este índice y la estatura, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,461, significativo al nivel 0,01. La correlación es más clara todavía entre este índice y el peso corporal total (coeficiente de correlación de Pearson de 0,825, significativo al nivel 0,01).

La edad también se correlaciona con el índice de masa corporal, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,376 (significativo al nivel 0,01).

Existe también una correlación entre los diámetros óseos estudiados con el índice de masa corporal con coeficientes de correlación de Pearson de 0,662 para el biepicondíleo de húmero, 0,546 para el biestiloideo de la muñeca y 0,783 para el bicondíleo de fémur (todos significativos al nivel 0,01).

La correlación también existe entre el IMC y los perímetros de brazo contraído y de la pierna, con unos coeficientes de correlación de Pearson de 0,889 y 0,793, respectivamente, ambos con significación al nivel 0,01.

En relación con los pliegues cutáneos estudiados, el índice de masa corporal también se correlaciona con todos ellos, con altos valores del coeficiente de correlación de Pearson: 0,798 para el tricipital, 0,826 para el subescapular, 0,857 para el suprailíaco, 0,855 para el abdominal, 0,632 para el del muslo y 0,719 para el pliegue de la pierna. Todos son significativos al nivel 0,01. Esto demuestra una gran relación entre la adiposidad del individuo con el índice de masa corporal.

En lo que se refiere a las medidas faciales realizadas, existe también correlación entre el índice de masa corporal y tres de las medidas estudiadas, siendo los valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,587 para el diámetro bicondíleo de la mandíbula, 0,360 para la altura nasión-gnación y 0,291 para la altura punto subnasal-gnación, siendo todos estos valores significativos al nivel 0,01. No se encuentra correlación entre el índice de masa corporal y el diámetro entre las cúspides del primer molar superior.

Diámetro biepicondíleo de húmero

El valor medio del diámetro biepicondíleo de húmero fue de 5,4 cm, con una desviación típica de $\pm 0,5$ cm.

Este diámetro presentó un valor mínimo de 4,2 cm, correspondiendo a una niña de 7 años y 4 meses, la misma que presentó el valor más bajo del peso corporal total.

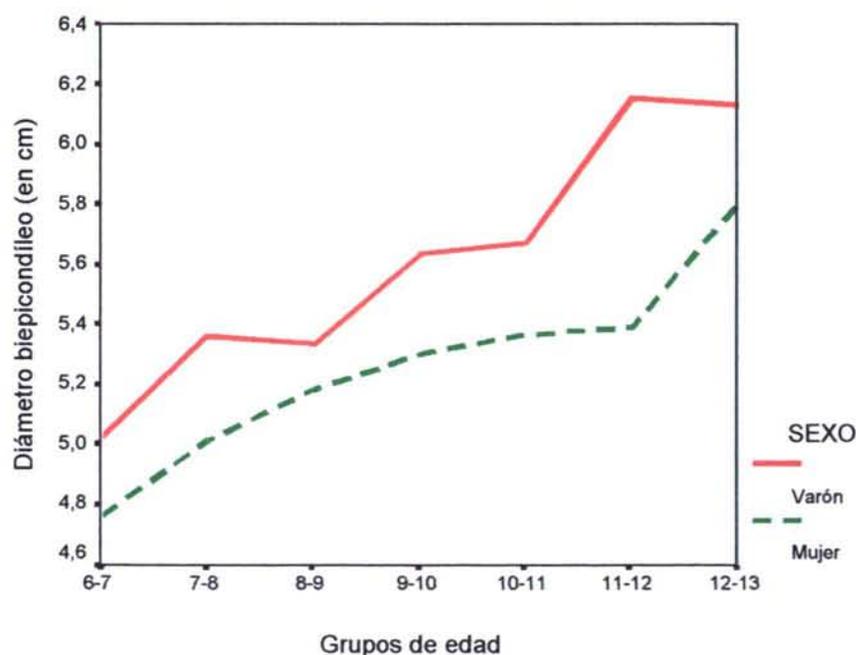
El valor máximo de este diámetro óseo fue de 6,6 cm, y correspondió a un varón de 11 años y 3 meses de edad.

La media de este diámetro es mayor en los varones (5,6 cm con una desviación típica de $\pm 0,5$ cm) frente a las mujeres (5,2 cm con una desviación típica de $\pm 0,4$ cm). Este diámetro presenta valores más altos en varones, en todos los grupos de edad estudiados, como se observa en la gráfica nº 9.

Existe una correlación positiva entre diámetro biepicondíleo de húmero y talla, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,714, significativo al nivel 0,01.

También se comprueba la existencia de una correlación positiva entre diámetro biepicondíleo de húmero y peso corporal total, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,803 (significativo al nivel 0,01). Asimismo, se correlaciona con el peso óseo, con un coeficiente de Pearson de 0,829, significativo al nivel 0,01.

La edad también se correlaciona con este diámetro, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,598, significativo al nivel 0,01.



Gráfica nº 9

Este diámetro se correlaciona con los otros dos diámetros óseos estudiados, el biestiloideo de la muñeca y el bicondíleo de fémur, con coeficientes de correlación de Pearson de 0,777 y 0,837 respectivamente, ambos significativos al nivel 0,01.

El diámetro biepicondileo de húmero también presenta correlación con los perímetros de brazo contraído y de la pierna, con coeficientes de Pearson de 0,729 y 0,709 respectivamente, significativos al nivel 0,01.

También existe correlación entre este diámetro óseo y los seis pliegues cutáneos medidos, con coeficientes de correlación de Pearson de 0,437, 0,448, 0,452, 0,458, 0,270 y 0,340, respectivamente, para los pliegues tricípital, subescapular, suprailíaco, abdominal, del muslo y de la pierna, con significación al nivel 0,01 en todos ellos.

Las medidas faciales realizadas también presentan correlación con este diámetro, con coeficientes de correlación de Pearson de 0,612 para el diámetro bicondileo de la mandíbula, 0,551 para la altura nasión-gnación, 0,395 para la altura punto subnasal-gnación y de 0,306 para el diámetro bicuspídeo del primer molar. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

Diámetro biestiloideo de la muñeca

El valor medio del diámetro biestiloideo de la muñeca fue de 4,5 cm, con una desviación típica de $\pm 0,4$ cm.

El valor máximo de este diámetro óseo fue de 6,0 cm, y correspondió a un varón de 12 años y 10 meses de edad, que fue el que presentó el valor máximo para el peso corporal total.

Este diámetro biestiloideo de la muñeca presentó un valor mínimo de 3,5 cm, correspondiendo a una niña de 6 años y 5 meses de edad.

Teniendo en cuenta el sexo de los sujetos estudiados, en varones este diámetro presenta un valor medio de 4,5 cm, con una desviación típica de $\pm 0,5$ cm. En el sexo femenino, el valor medio es menor, de 4,4 cm, con una desviación típica de $\pm 0,4$ cm.

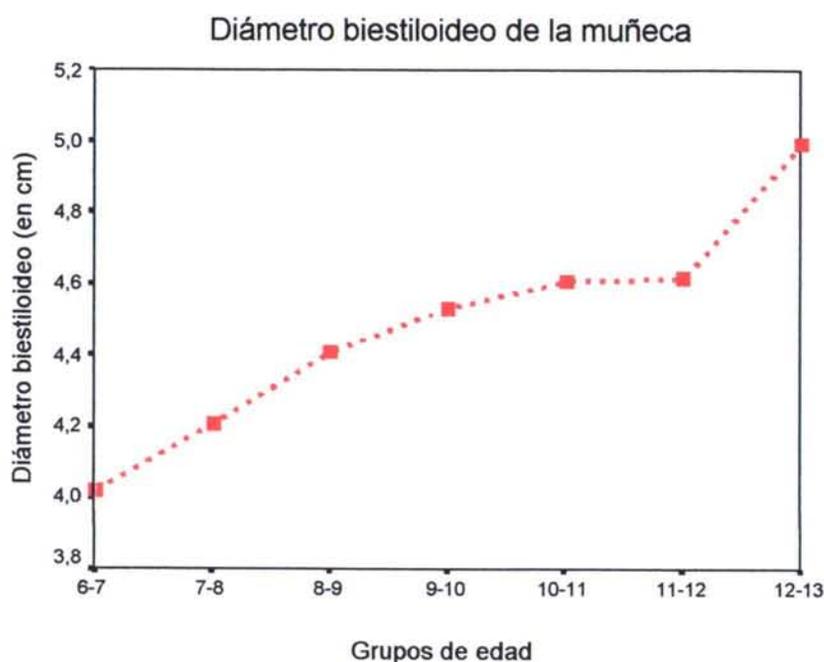
El diámetro biestiloideo de la muñeca aumenta con la edad, como se observa en la gráfica nº 10, incrementándose desde los 6 a los 10 años de edad, estabilizándose entre esta edad y los 12 años, para volver a aumentar, en el grupo estudiado, hasta los 13 años. La edad también se correlaciona con este diámetro, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,637 (significativo al nivel 0,01).

Existe una correlación positiva entre diámetro biestiloideo de la muñeca y talla, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,728, significativo al nivel 0,01.

También se comprueba la existencia de una correlación positiva entre este diámetro óseo y el peso corporal total (coeficiente de correlación de Pearson de 0,758, significativo al nivel 0,01).

En lo que respecta a los otros dos diámetros óseos estudiados, biepicondileo de húmero y bicondileo de fémur, también existe correlación con el biestiloideo de la muñeca, con coeficientes de correlación de Pearson de 0,777 y 0,741 (ambos significativos al nivel 0,01).

La correlación también se ha encontrado entre este diámetro biestiloideo de la muñeca y los perímetros de brazo contraído y de la pierna, con unos coeficientes de correlación de Pearson de 0,640 y 0,641, respectivamente, ambos con significación al nivel 0,01.



Gráfica nº 10

En relación con los pliegues cutáneos estudiados, el diámetro biestiloideo de la muñeca también se correlaciona con todos ellos, con los siguientes valores del coeficiente de correlación de Pearson: 0,371 para el pliegue tricipital, 0,428 para el subescapular, 0,402 para el suprailíaco, 0,445 para el abdominal y 0,294 para el del muslo. Todos son significativos al nivel 0,01.

La única excepción es para el pliegue de la pierna, con el que también se correlaciona, con un valor de 0,249 de coeficiente de correlación de Pearson, pero en este caso significativo al nivel 0,05.

Por último, en cuanto a las medidas faciales realizadas, existe también correlación entre el diámetro biestiloideo y las cuatro medidas citadas, con coeficientes de correlación de Pearson de 0,638 para el diámetro bicondíleo de la mandíbula, 0,648 para la altura nasión-gnación, 0,403 para la altura punto subnasal-gnación y de 0,325 para el diámetro bicuspídeo del primer molar. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

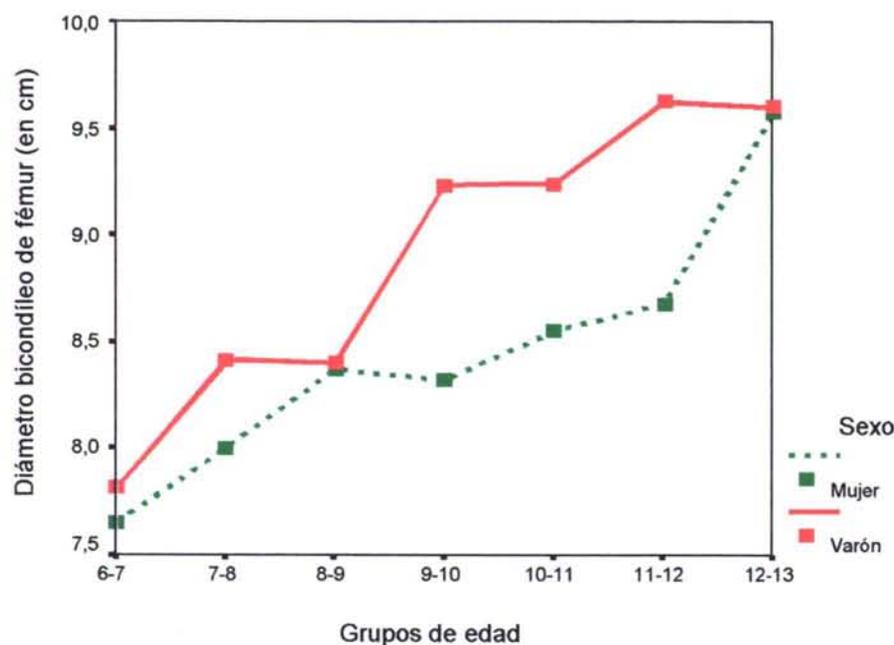
Diámetro bicondíleo de fémur

En cuanto a los valores obtenidos del diámetro bicondíleo de fémur, la media fue de 8,6 cm, con una desviación típica de $\pm 0,9$ cm.

El valor máximo de este diámetro óseo fue de 10,8 cm, y correspondió a un varón de 10 años y 4 meses de edad. El valor mínimo del diámetro bicondíleo fue de 6,9 cm, que se presentó en una niña de 7 años y 4 meses, siendo la que presentó también los valores mínimos de diámetro biepicondíleo de húmero y peso corporal total.

En el grupo perteneciente al sexo masculino, el valor medio para este diámetro óseo fue de 8,8 cm, con una desviación típica de $\pm 0,9$, mientras que en el sexo femenino la media fue algo menor, de 8,4 cm, con una desviación típica de $\pm 0,8$ cm.

Existe una correlación positiva entre diámetro bicondíleo de fémur y la edad, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,616, significativo al nivel 0,01. En la gráfica n° 11, se aprecia que este diámetro presenta valores medios más altos para los varones, en todos los grupos de edad, aunque se igualan en el grupo de mayor edad, es decir, en el de 12 a 13 años.



Gráfica n° 11

También existe correlación entre este diámetro y el peso corporal total (coeficiente de Pearson de 0,895, significativo al nivel 0,01) así como entre este diámetro y la talla (valor del coeficiente de 0,765, también significativo al nivel 0,01).

Cuando se correlacionan los valores de este diámetro con los dos diámetros óseos antes estudiados, biepicondíleo de húmero y biestiloideo de la muñeca, se observa una correlación en ambos casos, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,837 y 0,741, respectivamente, ambos significativos al nivel 0,01.

Se ha observado también una correlación entre este diámetro bicondíleo de fémur y los perímetros de brazo contraído y de la pierna, con unos coeficientes de correlación de Pearson de 0,814 y 0,801, respectivamente, ambos con significación al nivel 0,01.

En relación con los pliegues cutáneos estudiados, el diámetro bicondíleo de fémur también presenta una correlación con todos ellos, con los siguientes valores del coeficiente de correlación de Pearson: 0,589 para el pliegue tricipital, 0,568 para el subescapular, 0,652 para el suprailíaco, 0,636 para el abdominal, 0,463 para el del muslo y 0,526 para el pliegue de la pierna. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

La correlación también existe entre este diámetro óseo y las medidas faciales realizadas, con coeficientes de correlación de Pearson de 0,668 para el diámetro bicondíleo de la mandíbula, 0,590 para la altura nasión-gnación, 0,423 para la altura punto subnasal-gnación y de 0,294 para el diámetro bicuspideo del primer molar, siendo todos estos valores significativos al nivel 0,01.

Peso óseo

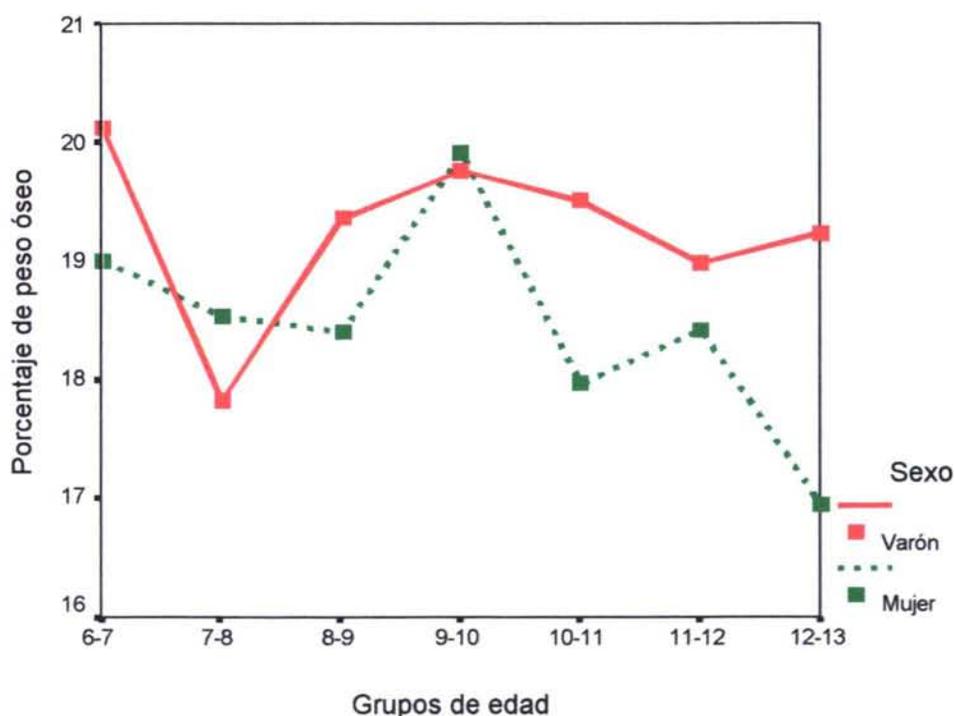
El valor medio del peso óseo fue de 6,34 Kg, con una desviación típica de $\pm 1,56$ Kg, que representa en porcentaje el $18,94 \% \pm 1,90$.

El mayor peso óseo correspondió a un varón de 12 años y 10 meses, con un valor de 11,29 Kg (porcentaje de peso óseo del 23,33 %). Este sujeto fue el que presentó los valores más altos para el peso corporal total, diámetro biestiloideo de la muñeca y los perímetros de brazo contraído y pierna.

El valor mínimo del peso óseo correspondió al varón de menor edad de la muestra (6 años), que también presentó el mínimo valor en el perímetro de brazo contraído. Su peso óseo fue de 3,79 Kg (que representa un porcentaje del 15,29 %).

En el grupo de sujetos de sexo masculino, los valores del peso óseo presentaron un valor medio de 6,67 Kg con una desviación típica de $\pm 1,78$ Kg, mientras que en el sexo femenino, el valor medio es inferior, de 6,03 Kg con una desviación típica de $\pm 1,28$ Kg.

El peso óseo se correlaciona con la edad, con un coeficiente de Pearson de 0,804, significativo al nivel 0,01. La gráfica nº 12 representa las variaciones del porcentaje del peso óseo con la edad y el sexo. En varones, se observa que el porcentaje del peso óseo se mantiene casi constante desde los 8-9 años de edad, mientras que en las mujeres alcanza los valores máximos a los 9-10 años, para ir disminuyendo hasta los 12-13 años de edad.



Gráfica nº 12

El peso óseo se correlaciona con la talla, con un coeficiente de Pearson de 0,943, también significativo al nivel 0,01.

El peso óseo se correlaciona también con los diámetros óseos estudiados, con unos coeficientes de correlación de Pearson de 0,829 para el diámetro biepicóndileo de

húmero, de 0,878 para el biestiloideo de la muñeca y de 0,889 para el bicondíleo de fémur.

Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

También existe correlación entre el peso óseo y los perímetros de brazo contraído y de pierna, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,755 y 0,784 respectivamente, con nivel de significación de 0,01.

También existe correlación entre el peso óseo y los diferentes pliegues cutáneos medidos. Los valores del coeficiente de Pearson que se han obtenido son: 0,449 para los pliegues tricipital y subescapular, 0,507 para el suprailíaco, 0,519 para el abdominal, 0,315 para el del muslo y 0,367 para el de la pierna. La significación en todos ellos es al nivel 0,01.

En relación con las medidas faciales que se han realizado en este estudio, existe correlación entre el peso óseo y éstas. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son los siguientes: 0,624 para el diámetro bicondíleo de la mandíbula, 0,688 para la altura nasión-gnación, 0,391 para la altura punto subnasal-gnación y 0,345 para el diámetro bicuspídeo del primer molar. Todos los valores son significativos al nivel 0,01.

Perímetro de brazo contraído

El valor medio del perímetro de brazo contraído fue de 21,9 cm, con una desviación típica de $\pm 3,1$ cm.

El valor máximo de este perímetro fue de 29,0 cm, y correspondió a un varón de 12 años y 10 meses de edad, sujeto que presentó también los valores máximos para el peso corporal total y el diámetro biestiloideo de la muñeca.

El valor mínimo obtenido fue 16,0 cm, presentado por un niño de 6 años de edad, que se corresponde con el sujeto de menor edad de la muestra y de menor peso óseo.

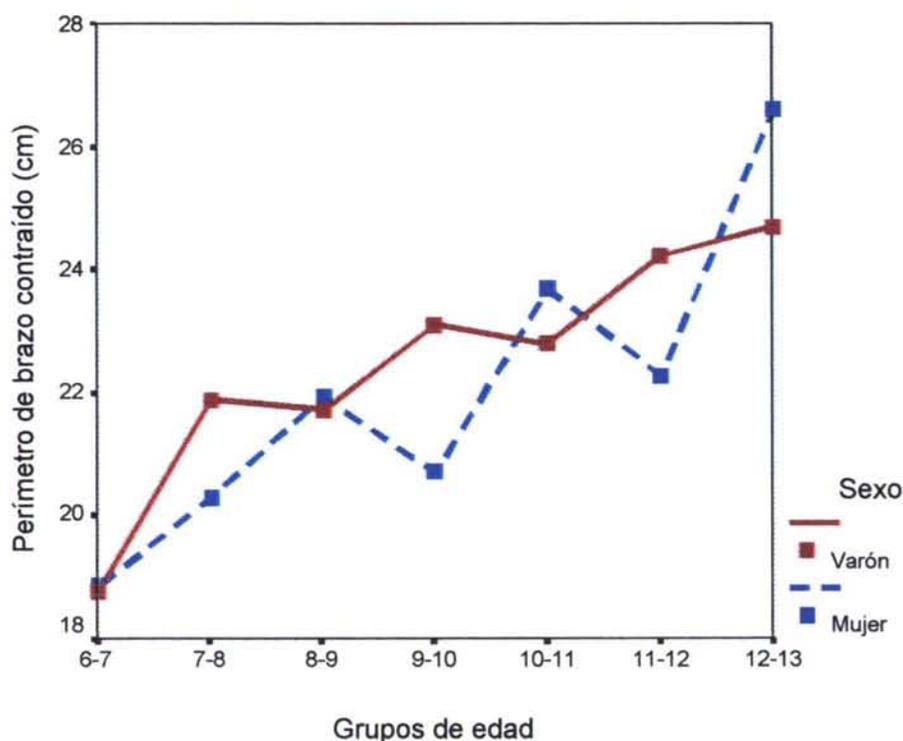
En relación con el sexo, el valor medio en el grupo de sujetos del sexo masculino fue de 22,2 cm, con una desviación típica de $\pm 3,2$ cm. En el sexo femenino, el valor medio fue de 21,6 cm, con una desviación típica de $\pm 3,0$ cm.

Los valores de este perímetro se correlacionan con la edad, en la muestra que hemos estudiado. El valor del coeficiente de correlación de Pearson es de 0,562, significativo al nivel 0,01. En la gráfica nº 13 se observa cómo los valores medios de este perímetro son mayores en los grupos de varones, a excepción de los grupos de 10-11 años y 12-13 años, en los que esta variable es mayor en el grupo de mujeres.

Los valores de este perímetro se correlacionan con la talla y el peso, en la muestra estudiada. Así, los valores del coeficiente de correlación de Pearson son de 0,887 cuando se correlaciona con el peso y, en relación con la talla, el valor del coeficiente es de 0,663. Estos dos valores son significativos al nivel 0,01.

El perímetro de brazo contraído se correlaciona también con los diámetros óseos. Los valores obtenidos del coeficiente de correlación de Pearson son de 0,729 cuando se correlaciona este perímetro con el diámetro biepicondíleo de húmero; de 0,640 en el caso del diámetro biestiloideo de la muñeca y de 0,814 con el bicondíleo de fémur. Todos los valores citados son significativos al nivel 0,01.

El perímetro de brazo contraído se correlaciona con el de la pierna, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,812, significativo al nivel 0,01.



Gráfica n° 13

Los pliegues cutáneos también presentan correlación con el perímetro de brazo contraído. Los valores del coeficiente de Pearson obtenidos son: 0,743 para el pliegue tricipital, 0,710 para el subescapular, 0,723 para el suprailíaco, 0,754 para el abdominal, 0,523 para el del muslo y 0,618 para el de la pierna. La significación en todos ellos es al nivel 0,01.

Por último, y en relación con las medidas faciales que se han realizado en este estudio, existe correlación entre éstas y el perímetro de brazo contraído. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son los siguientes: 0,574 para el diámetro bicondíleo de la mandíbula, 0,485 para la altura nasión-gnación, 0,383 para la altura punto subnasal-gnación y 0,262 para el diámetro bicuspídeo del primer molar. Todos los valores son significativos al nivel 0,01.

Perímetro de pierna

El valor medio obtenido para este perímetro fue de 27,5 cm, con una desviación típica de $\pm 3,8$ cm.

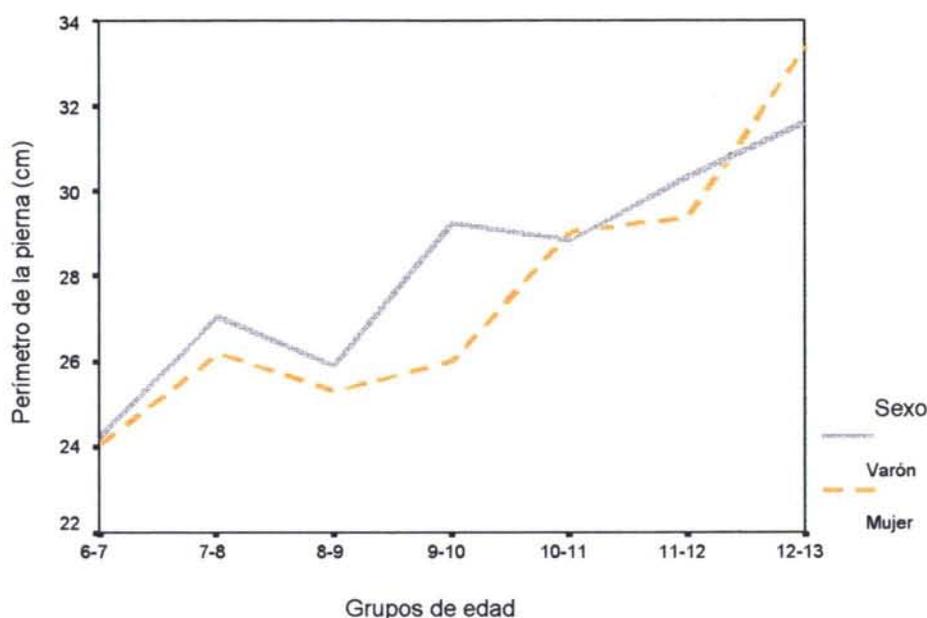
El valor máximo medido fue de 36,0 cm y correspondió a un varón de 12 años y 10 meses de edad. Este sujeto fue el que presentó los valores máximos de la muestra

para el peso corporal total, peso óseo, diámetro biestiloideo de la muñeca y el perímetro de brazo contraído.

El valor mínimo fue de 16,5 cm y lo presentó una niña de 9 años y 5 meses de edad.

El valor medio encontrado en el grupo perteneciente al sexo masculino fue de 27,8 cm con una desviación típica de $\pm 3,4$ cm. En el grupo de sexo femenino, la media fue de 27,2 cm con una desviación típica de $\pm 4,0$ cm.

El perímetro de la pierna se correlaciona con la edad, aumentando tanto en el sexo masculino como en el femenino (coeficiente de correlación de Pearson de 0,623). En la gráfica nº 14 se observa que los valores medios de este perímetro son mayores en los grupos de varones hasta la edad de 9-10 años; a partir de ese momento, se igualan los valores, para llegar a superar los valores de las mujeres a los de los hombres en el grupo de edad de 12 a 13 años.



Gráfica nº 14

El perímetro de la pierna se correlaciona también con el peso corporal total (valor del coeficiente de Pearson de 0,874) y con la talla (coeficiente de 0,722). Estos valores del coeficiente de correlación son significativos al nivel 0,01.

El perímetro de la pierna también se correlaciona con los diámetros óseos medidos. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son de 0,709 para el diámetro biepicondíleo de húmero, de 0,641 para el biestiloideo de la muñeca y de 0,801 para el bicondíleo de fémur; valores, todos ellos, significativos al nivel 0,01.

Existe también una correlación entre este perímetro y el perímetro de brazo contraído, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,812, significativo al nivel 0,01.

Los pliegues cutáneos también presentan correlación con el perímetro de la pierna. Los valores del coeficiente de Pearson obtenidos son: 0,648 para el pliegue tricital, 0,619 para el subescapular, 0,679 para el suprailíaco, 0,700 para el abdominal,

0,482 para el pliegue del muslo y 0,587 para el de la pierna. La significación, en todos ellos, es al nivel 0,01.

También este perímetro de la pierna presenta correlación con las medidas faciales que se han realizado en este estudio. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son los siguientes: 0,471 para el diámetro bicondíleo de la mandíbula, 0,569 para la altura nasión-gnación, 0,374 para la altura punto subnasal-gnación y 0,236 para el diámetro bicuspídeo del primer molar. Los tres primeros valores son significativos al nivel 0,01, mientras que el último, referido a la distancia entre las cúspides del primer molar presenta significación al nivel 0,05.

Pliegue tricipital

El valor medio obtenido para este pliegue fue de 14,2 mm, con una desviación típica de $\pm 4,8$ mm.

El valor máximo obtenido fue de 27,4 mm y correspondió a una niña de 12 años y 2 meses de edad. El valor mínimo correspondió a un varón de 11 años y 5 meses de edad, con un pliegue tricipital de 5,1 mm.

El valor medio obtenido en el grupo de sexo masculino fue de 13,5 mm, con una desviación típica de $\pm 4,8$ mm, mientras que en el de sexo femenino la media fue de 14,9 mm con una desviación típica de $\pm 4,9$ mm.

Los valores del pliegue tricipital presentan correlación con la edad, peso y talla. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son: 0,297 para la edad, 0,646 para el peso y 0,353 para la talla. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

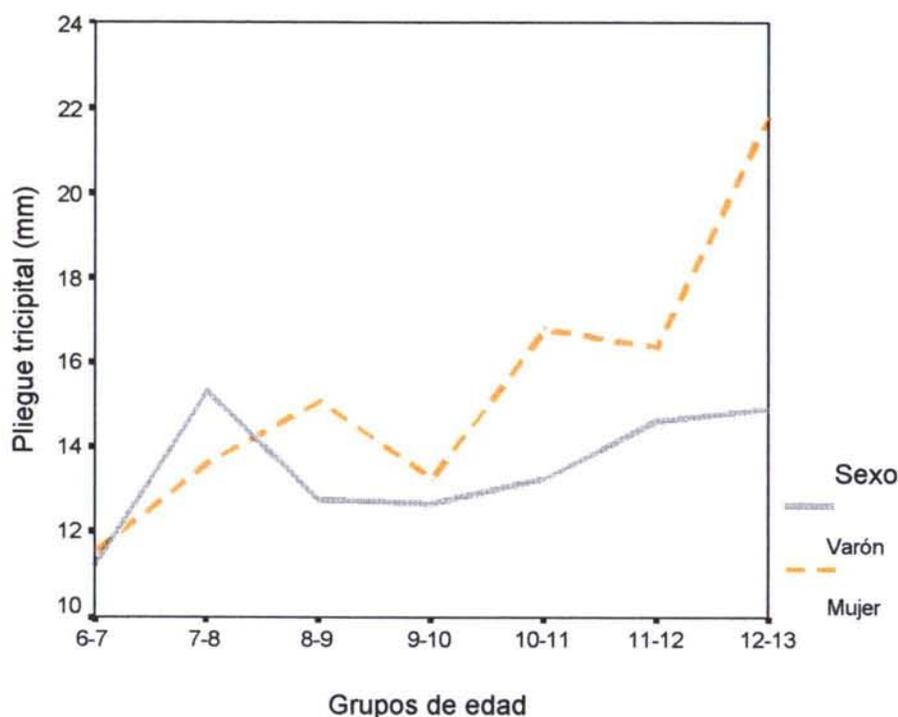
La gráfica nº 15 muestra los valores medios del pliegue tricipital en relación con los grupos de edad y el sexo. Se observa cómo los valores medios son más altos en el grupo de mujeres, desde los 8 hasta los 13 años de edad. También se aprecia que los valores medios siguen aumentando con la edad en el sexo femenino, mientras que en el sexo masculino, aunque presentan también un incremento con la edad, éste es menor.

Existe también una correlación positiva entre los diámetros óseos que hemos estudiado con el pliegue tricipital. El coeficiente de correlación toma los siguientes valores: 0,437 para el diámetro biepicondíleo de húmero; 0,371 para el biestiloideo de la muñeca y 0,589 para el bicondíleo de fémur, siendo estos valores significativos al nivel 0,01.

Existe también una correlación positiva entre los diámetros óseos que hemos estudiado con el pliegue tricipital. El coeficiente de correlación toma los siguientes valores: 0,437 para el diámetro biepicondíleo de húmero; 0,371 para el biestiloideo de la muñeca y 0,589 para el bicondíleo de fémur, siendo estos valores significativos al nivel 0,01.

Los valores de los perímetros de brazo contraído y de pierna también presentan correlación con el pliegue tricipital. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson obtenidos son: 0,743 para el perímetro de brazo contraído y de 0,648 para el de la pierna, ambos significativos al nivel 0,01.

Este pliegue cutáneo también presenta correlación con los restantes pliegues cutáneos que se han estudiado. Así, los valores del coeficiente de Pearson obtenidos son: 0,735 para el pliegue subescapular, 0,745 para el suprailíaco, 0,775 para el abdominal, 0,712 para el pliegue del muslo y 0,863 para el de la pierna. La significación en todos ellos es al nivel 0,01.



Gráfica n° 15

Este pliegue tricípital también presenta correlación con alguna de las medidas faciales estudiadas. Se observó correlación con el diámetro bicondíleo de la mandíbula y con la altura nasión-gnación, con los siguientes valores del coeficiente de correlación de Pearson: 0,394 para el diámetro bicondíleo de la mandíbula y 0,263 para la altura nasión-gnación. Estos valores son significativos al nivel 0,01.

No se encontró correlación de este pliegue ni con la altura punto subnasal-gnación ni con la distancia entre las cúspides del primer molar.

Pliegue subescapular

El valor medio obtenido para este pliegue fue de 9,9 mm, con una desviación típica de $\pm 5,7$ mm.

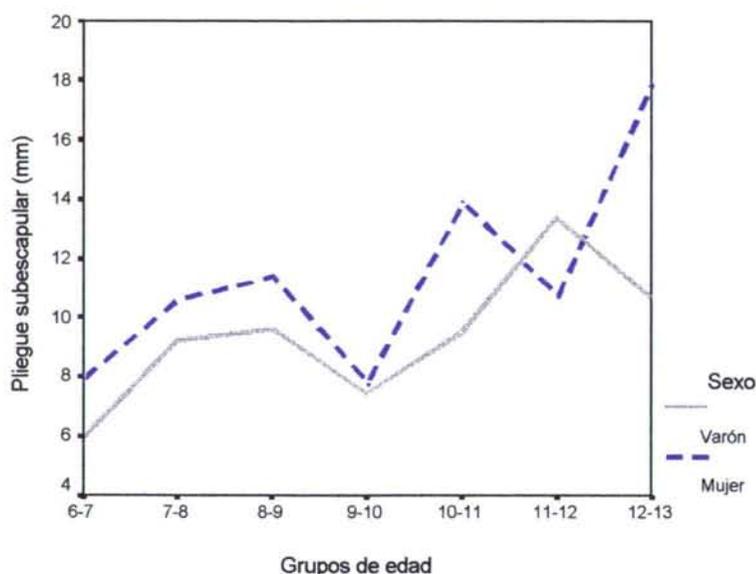
El valor máximo correspondió a un valor de 32,8 mm, que fue medido en un varón de 11 años y 3 meses de edad, el mismo sujeto que presentó el máximo valor del diámetro biepicondíleo de húmero.

El valor mínimo lo presentó una niña de 7 años y 4 meses de edad, con un valor del pliegue subescapular de 3,9 mm. Esta niña es la que presentó también los valores mínimos de peso corporal total y de los diámetros biepicondíleo de húmero y bicondíleo de fémur.

En la muestra estudiada, el valor medio en el sexo masculino fue de 9,1 mm con una desviación típica de $\pm 5,9$ mm, mientras que en el sexo femenino fue de 10,7 con una desviación típica de $\pm 5,4$ mm.

Se observa una correlación de este pliegue subescapular con la edad, con un valor del coeficiente de correlación de Pearson de 0,281, siendo este valor significativo al nivel 0,01. En la gráfica n° 16 se observa que los valores medios de este pliegue se

incrementan con la edad y que son mayores en el sexo femenino, en todos los grupos, excepto en el de 11 a 12 años de edad.



Gráfica nº 16

También se observa una correlación de este pliegue subescapular con el peso corporal total y la talla. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son: 0,645 para el peso total y 0,319 para la talla, siendo estos valores significativos al nivel 0,01.

El pliegue subescapular está correlacionado con los diámetros óseos que han sido estudiados. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son de 0,448 para el diámetro biepicondíleo de húmero; 0,428 para el biestiloideo de la muñeca y 0,568 para el bicondíleo de fémur. En todos estos casos, es significativo al nivel 0,01.

En cuanto a los perímetros de brazo contraído y de pierna, ambos presentan correlación con este pliegue subescapular, con unos coeficientes de correlación de Pearson de 0,710 y 0,619, respectivamente, y ambos significativos al nivel 0,01.

En cuanto a la relación entre los valores de este pliegue subescapular y los demás pliegues cutáneos estudiados, se ha observado una correlación con todos los demás, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,735 para el tricipital, como ya se ha citado al exponer los resultados para este pliegue, de 0,776 para el suprailíaco, 0,820 para el abdominal, 0,571 para el del muslo y 0,664 para el de la pierna. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

El pliegue subescapular presenta correlación con dos de las medidas faciales estudiadas: el diámetro bicondíleo de la mandíbula y la altura nasión-gnación. Los valores obtenidos del coeficiente de correlación de Pearson fueron de 0,467 en el primer caso (significativo al nivel 0,01) y de 0,257 para la altura nasión-gnación (significativo al nivel 0,05).

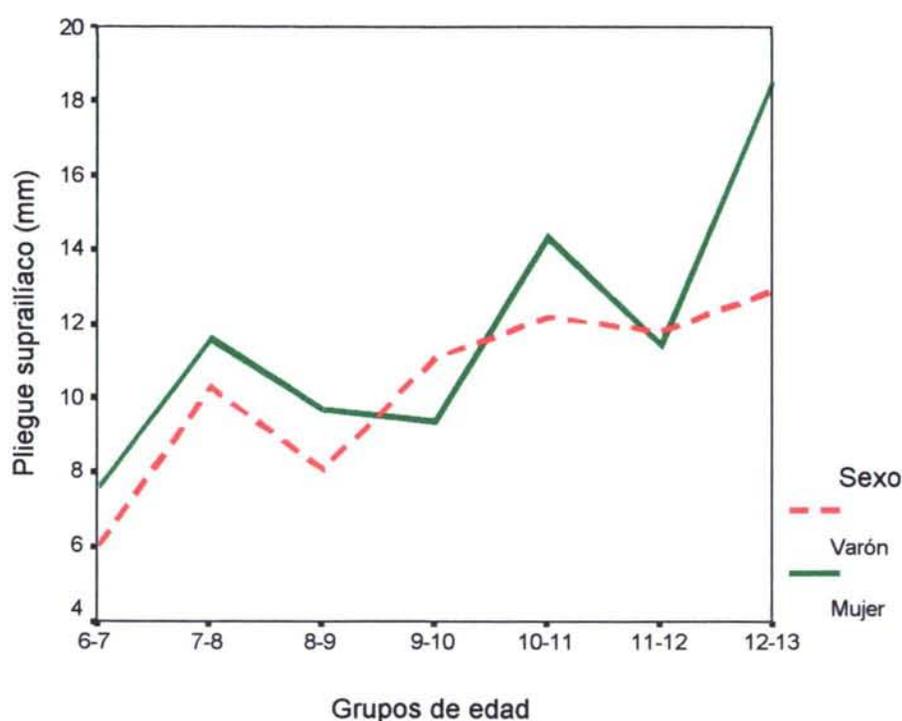
No se encontró correlación de este pliegue subescapular ni con la altura punto subnasal-gnación ni con la distancia entre las cúspides del primer molar.

Pliegue suprailíaco

El valor medio obtenido para este pliegue fue de 10,7 mm, con una desviación típica de $\pm 5,9$ mm.

El valor máximo de este pliegue fue de 27,5 mm, que fue medido en una niña de 12 años y 3 meses de edad, mientras que el valor mínimo lo presentó una niña de 7 años y 4 meses de edad, con un valor del pliegue de 3,3 mm. Esta niña es la que presentó también los valores mínimos de peso corporal total, de los diámetros biepicondíleo de húmero y bicondíleo de fémur y del pliegue cutáneo subescapular.

Por sexos, el valor medio en el grupo de sexo masculino fue de 10,2 mm con una desviación típica de $\pm 5,9$ mm. En el grupo de sexo femenino, la media para este pliegue suprailíaco fue de 11,1 mm, con una desviación típica de $\pm 6,0$ mm. En la gráfica nº 17 puede observarse que este pliegue es mayor en las mujeres, tal como se ha citado, a excepción del grupo de edad comprendido entre los 9 y los 10 años de edad, que presenta valores medios más altos en los varones.



Gráfica nº 17

Los valores de este pliegue suprailíaco están correlacionados con la edad, el peso corporal total y la talla. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son los siguientes: 0,354 para la edad; 0,715 para el peso y 0,396 para la talla, siendo todos significativos al nivel 0,01.

Hay una correlación, asimismo, entre el pliegue suprailíaco y los diámetros óseos estudiados, con valores del coeficiente de correlación de Pearson que son: 0,452 para el diámetro biepicondíleo de húmero; 0,402 con el biestiloideo de la muñeca y 0,652 con el bicondíleo de fémur. El nivel de significación es de 0,01.

Se ha constatado una correlación entre el pliegue suprailíaco y los dos perímetros estudiados, el de brazo contraído y el de la pierna, con unos coeficientes de Pearson de 0,723 y 0,679, respectivamente, siendo ambos significativos al nivel 0,01.

Ya se ha citado la correlación entre este pliegue suprailíaco y los medidos en la región tricípital y subescapular (con valores del coeficiente de Pearson, respectivamente, de 0,745 y de 0,776) con significación al nivel 0,01. La correlación también existe entre este pliegue y los restantes pliegues estudiados, siendo los valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,881 para el pliegue abdominal, 0,676 para el del muslo y de 0,730 para el de la pierna. Estos valores son significativos al nivel 0,01.

El pliegue suprailíaco, al igual que se observó para el subescapular, presenta correlación con dos de las medidas faciales estudiadas: el diámetro bicondíleo de la mandíbula y la altura nasión-gnación. Los valores obtenidos del coeficiente de correlación de Pearson, en este caso, fueron de 0,427 para el diámetro bicondíleo de la mandíbula (significativo al nivel 0,01) y de 0,231 para la altura nasión-gnación (significativo al nivel 0,05).

No se encontró correlación de este pliegue suprailíaco con las otras dos medidas faciales, es decir, ni con la altura punto subnasal-gnación ni con la distancia entre las cúspides del primer molar.

Pliegue abdominal

El valor medio obtenido para este pliegue fue de 14,3 mm, con una desviación típica de $\pm 8,2$ mm.

El valor máximo obtenido fue de 37,1 mm y correspondió a un varón de 10 años y 11 meses de edad. El valor mínimo correspondió a una niña de 7 años y 4 meses de edad, con un pliegue tricípital de 3,3 mm. Esta niña es la que presentó también los valores mínimos de peso corporal total, de los diámetros biepicondíleo de húmero y bicondíleo de fémur y de los pliegues cutáneos subescapular y suprailíaco.

El valor medio obtenido en el grupo de sexo masculino fue de 13,5 mm, con una desviación típica de $\pm 7,8$ mm, mientras que en el de sexo femenino la media fue de 15,0 mm con una desviación típica de $\pm 8,7$ mm.

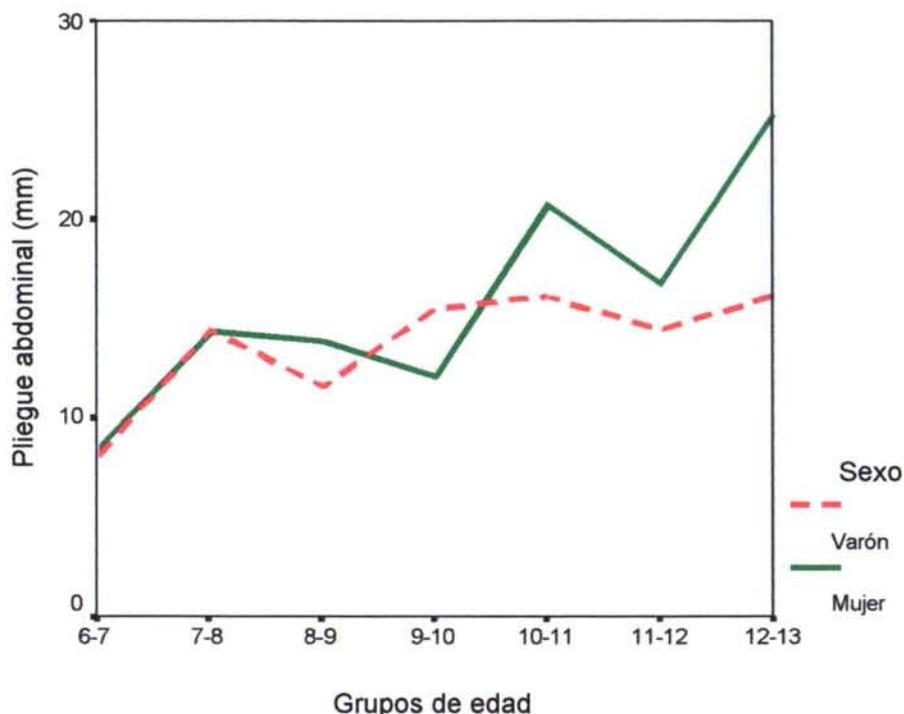
Los valores del pliegue abdominal presentan correlación con la edad, peso y talla. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son: 0,382 para la edad, 0,717 para el peso y 0,420 para la talla. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

La gráfica nº 18 representa los valores medios de este pliegue en relación con los diferentes grupos de edad y el sexo. Se aprecia cómo los valores de este pliegue son similares para varones y mujeres hasta el grupo de edad de 10 a 11 años, a partir del cual, los valores son ya más altos en el sexo femenino.

Los diámetros óseos estudiados también presentan correlación con el pliegue abdominal. El coeficiente de correlación toma los siguientes valores: 0,458 para el diámetro biepicondíleo de húmero, 0,445 para el biestiloideo de la muñeca y 0,636 para el bicondíleo de fémur, siendo estos valores significativos al nivel 0,01.

Los valores de los perímetros de brazo contraído y de pierna también presentan correlación con el pliegue abdominal. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson obtenidos son: 0,754 para el perímetro de brazo contraído y de 0,700 para el de la pierna, ambos significativos al nivel 0,01.

El pliegue cutáneo abdominal también presenta correlación con los restantes pliegues cutáneos que se han estudiado. Así, los valores del coeficiente de Pearson obtenidos son: 0,775 para el pliegue tricípital, 0,820 para el subescapular, 0,881 para el suprailíaco, 0,733 para el del muslo y 0,724 para el de la pierna. La significación en todos ellos es al nivel 0,01.



Gráfica n° 18

Por último, este pliegue tricípital también presenta correlación con alguna de las medidas faciales estudiadas. Se observó una correlación con el diámetro bicondíleo de la mandíbula, así como con la altura nasión-gnación, con los siguientes valores del coeficiente de correlación de Pearson: 0,503 para el diámetro bicondíleo de la mandíbula y 0,271 para la altura nasión-gnación. Estos valores son significativos al nivel 0,01.

No se encontró correlación de este pliegue abdominal ni con la altura punto subnasal-gnación ni con la distancia entre las cúspides del primer molar.

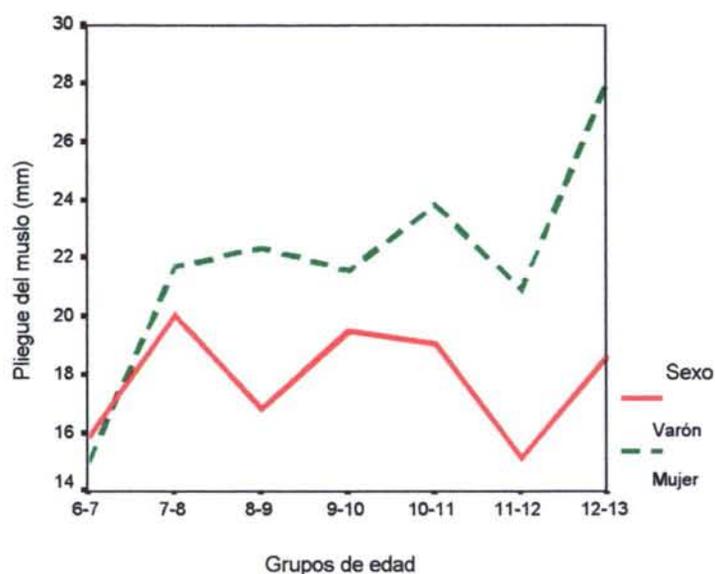
Pliegue del muslo

El valor medio obtenido para este pliegue fue de 19,7 mm, con una desviación típica de $\pm 6,9$ mm.

El valor máximo medido fue de 36,2 mm, presentado por una niña de 10 años de edad, mientras que el valor mínimo lo presentó una niña de 6 años y 7 meses de edad.

En la muestra estudiada, el valor medio en el sexo masculino fue de 18,0 mm con una desviación típica de $\pm 6,3$ mm. En el sexo femenino, el valor medio fue de 21,3 mm con una desviación típica de $\pm 7,2$ mm.

La gráfica nº 19 Representa los valores medios de este pliegue del muslo en relación con la edad y el sexo. Se observa cómo los valores medios son más elevados en el sexo femenino en todos los grupos de edad.



Gráfica nº 19

El pliegue del muslo no presenta correlación con la edad. Sí, en cambio, existe una correlación de este pliegue del muslo con el peso corporal total y la talla. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son: 0,465 para el peso total (significación al nivel 0,01) y 0,226 para la talla, siendo este valor significativo al nivel 0,05.

El pliegue del muslo sí se correlaciona también con los diámetros óseos que hemos estudiado. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son de 0,270 con el diámetro biepicondíleo de húmero, 0,294 con el biestiloideo de la muñeca y 0,463 con el bicondíleo de fémur. En todos estos casos, es significativo al nivel 0,01.

Los perímetros de brazo contraído y de pierna presentan ambos correlación con este pliegue del muslo. Los valores de los coeficientes de correlación de Pearson son de 0,523 y 0,482, respectivamente, y ambos significativos al nivel 0,01.

En cuanto a la relación entre los valores de este pliegue del muslo y los demás pliegues cutáneos estudiados, se ha observado una gran correlación con todos los demás, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,712 para el tricital, de 0,571 para el subescapular, 0,676 para el suprailíaco, 0,733 para el abdominal y 0,710 para el de la pierna. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

El pliegue del muslo solamente presenta correlación con una de las medidas faciales que hemos estudiado, el diámetro bicondíleo de la mandíbula, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,405 (significativo al nivel 0,01).

Ninguna de las otras tres medidas faciales presenta correlación con el pliegue del muslo.

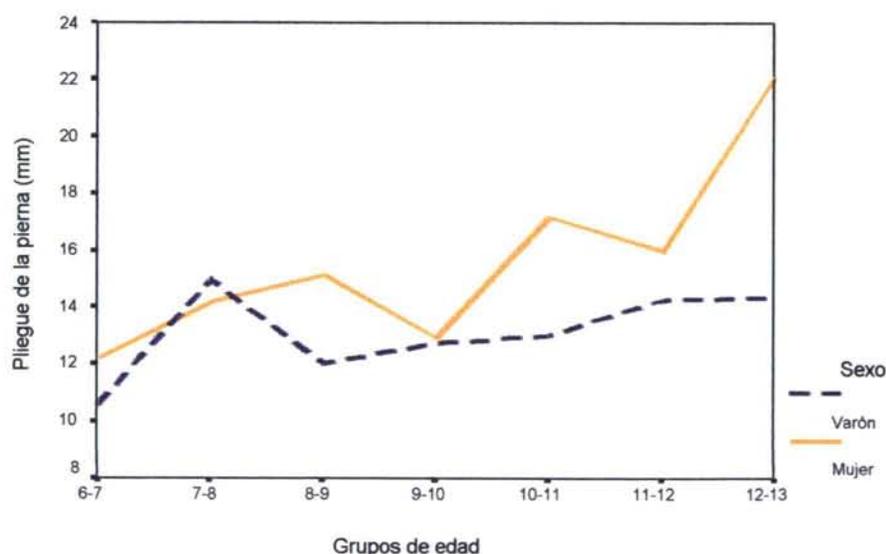
Pliegue de la pierna

El valor medio obtenido para el pliegue de la pierna fue de 14,1 mm, con una desviación típica de $\pm 5,3$ mm.

El valor máximo de este pliegue fue de 32,4 mm, medido en una niña de 12 años y 3 meses de edad, que fue la que presentó el valor máximo para el pliegue suprailíaco. El valor mínimo fue de 5,4 mm, el cual se midió en una niña de 7 años y 4 meses de edad, la cual presentó también los valores mínimos de peso corporal total, de los diámetros biepicondíleo de húmero y bicondíleo de fémur y de los pliegues cutáneos subescapular y suprailíaco.

Si estudiamos los valores obtenidos teniendo en cuenta el sexo, el valor medio en el grupo del sexo masculino fue de 24,1 mm con una desviación típica de $\pm 5,9$ mm, mientras que en el grupo de sexo femenino, la media para este pliegue de la pierna fue de 32,4 mm, con una desviación típica de $\pm 5,4$ mm.

Los valores de este pliegue de la pierna se correlacionan con los de la edad, el peso corporal total y la talla. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son los siguientes: 0,243 para la edad (significación al nivel 0,05); 0,570 para el peso y 0,290 para la talla, siendo estos últimos significativos al nivel 0,01. En la gráfica n° 20 podemos observar que los valores medios para este pliegue son más altos en el sexo femenino, en casi todos los grupos de edad (excepto en el grupo de 7 a 8 años de edad, con valores superiores para el sexo masculino).



Gráfica n° 20

Existe también correlación entre el pliegue de la pierna y los diámetros óseos estudiados, con valores del coeficiente de correlación de Pearson que son: 0,340 para el diámetro biepicondíleo de húmero y 0,526 para el bicondíleo de fémur (significación al nivel 0,01). El valor del coeficiente para el biestiloideo de la muñeca fue de 0,249, significativo al nivel 0,05.

También se ha podido constatar una correlación entre el pliegue de la pierna y los dos perímetros estudiados, el de brazo contraído y el de la pierna, con unos

coeficientes de Pearson de 0,618 y 0,587, respectivamente, siendo ambos significativos al nivel 0,01.

El pliegue cutáneo de la pierna presenta correlación con los restantes pliegues cutáneos estudiados. Se han encontrado los siguientes valores del coeficiente de correlación de Pearson: 0,863 para el pliegue tricpital, 0,664 para el subescapular, 0,730 para el suprailíaco, 0,724 para el abdominal y 0,710 para el pliegue del muslo. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

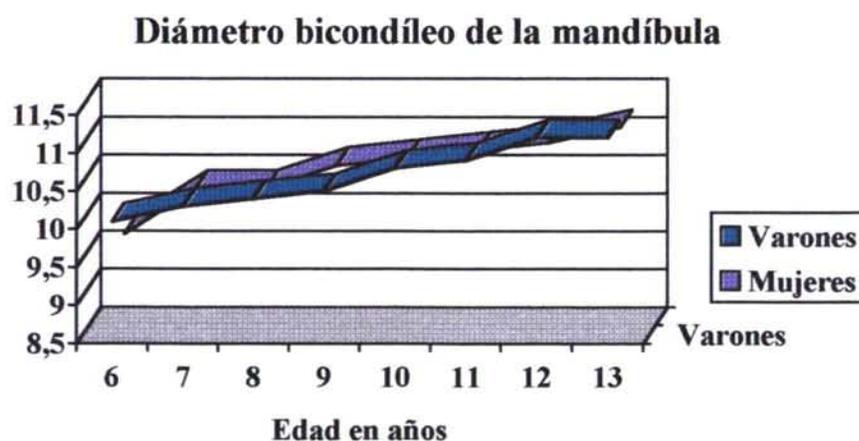
En cuanto a la relación de este pliegue de la pierna con las medidas faciales estudiadas, solamente se ha podido encontrar una correlación con el diámetro bicondíleo de la mandíbula, con un valor del coeficiente de correlación de Pearson de 0,295 (significativo al nivel 0,01). En el caso de las otras tres medidas faciales no se ha encontrado ninguna correlación con este pliegue cutáneo.

Diámetro bicondíleo de la mandíbula

Este diámetro presentó un valor medio de 10,6 cm, con una desviación típica de $\pm 0,8$ cm.

Su valor máximo fue de 12,8 cm, que fue medido en un varón de 8 años de edad. El valor mínimo fue de 8,9 cm, el cual se midió en una niña de 7 años y 4 meses de edad, la cual presentó también los valores mínimos de peso corporal total, diámetros biepicondíleo de húmero y bicondíleo de fémur, así como los de los pliegues cutáneos subescapular, suprailíaco y de la pierna.

Al estudiar los valores obtenidos en función del sexo, el valor medio en el grupo del sexo masculino fue de 10,7 cm con una desviación típica de $\pm 0,8$ cm, mientras que en el grupo de sexo femenino, la media para este diámetro bicondíleo de la mandíbula



Gráfica nº 21

fue de 10,5 cm, con una desviación típica de $\pm 0,8$ cm.

Los valores de esta variable se correlacionan con los de la edad, el peso corporal total y la talla. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson son de 0,448 para la edad, 0,619 para el peso y 0,512 para la talla, siendo todos ellos significativos al nivel 0,01.

En la gráfica n° 21 se puede observar que los valores de este diámetro aumentan con la edad, en ambos sexos, alcanzándose valores más altos para el sexo femenino en el grupo de mayor edad.

La correlación existe también entre este diámetro bicondíleo de la mandíbula y los diámetros óseos estudiados en los miembros superior e inferior, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,612 para el diámetro biepicondíleo de húmero, 0,638 para el biestiloideo de la muñeca y 0,668 para el bicondíleo de fémur (todos con significación al nivel 0,01).

También se ha podido constatar una correlación entre esta variable y los dos perímetros estudiados, el de brazo contraído y el de la pierna, con unos coeficientes de Pearson de 0,574 y 0,471, respectivamente, siendo ambos significativos al nivel 0,01.

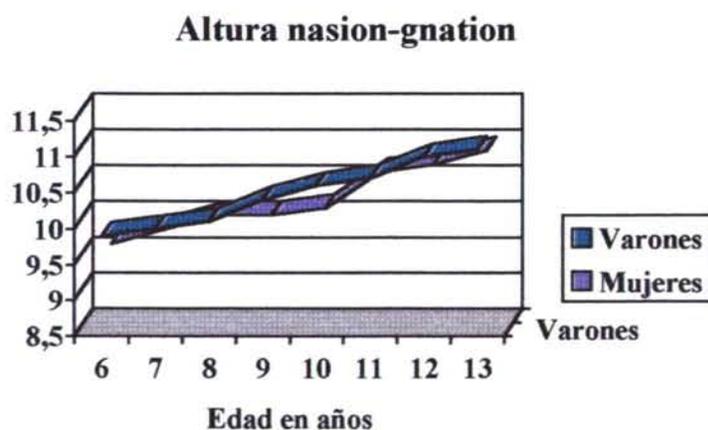
El diámetro bicondíleo de la mandíbula presenta correlación con todos los pliegues cutáneos estudiados. Los valores obtenidos del coeficiente de correlación de Pearson fueron: 0,394 para el pliegue tricípital, 0,467 para el subescapular, 0,427 para el suprailíaco, 0,503 para el abdominal, 0,405 para el pliegue del muslo y 0,295 para el pliegue de la pierna. Todos estos valores son significativos al nivel 0,01.

En cuanto a la relación de este diámetro con las restantes medidas faciales estudiadas, se ha podido encontrar una correlación con todas ellas, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,434 para la altura nasión-gnación, 0,319 para la altura punto subnasal-gnación y de 0,304 para la distancia entre las cúspides del primer molar superior. Todos los valores son significativos al nivel 0,01.

Altura nasión-gnación

El valor medio de esta altura fue de 10,3 cm, con una desviación típica de $\pm 0,7$ cm.

Su valor máximo fue de 12,0 cm, observado en un varón de 12 años y 10 meses de edad, siendo este sujeto el que presentó los valores máximos de la muestra para el



Gráfica n° 22

peso corporal total, peso óseo, diámetro biestiloideo de la muñeca y los perímetros de brazo contraído y pierna. El valor mínimo fue de 8,7 cm, el cual se midió en una niña de 6 años y 11 meses de edad.

Cuando se estudian los valores obtenidos de esta altura en función del sexo, el valor medio encontrado en el grupo del sexo masculino fue de 10,4 cm con una desviación típica de $\pm 0,7$ cm, mientras que en el grupo de sexo femenino, la media para esta altura nasi3n-gnati3n fue de 10,1 cm, con una desviaci3n t3pica de $\pm 0,7$ cm.

Los valores de la altura nasi3n-gnati3n se correlacionan con los de la edad, el peso corporal total y la talla. Se obtuvieron los siguientes valores del coeficiente de correlaci3n de Pearson: 0,590 para la edad, 0,596 para el peso y 0,642 para la talla, siendo todos ellos significativos al nivel 0,01.

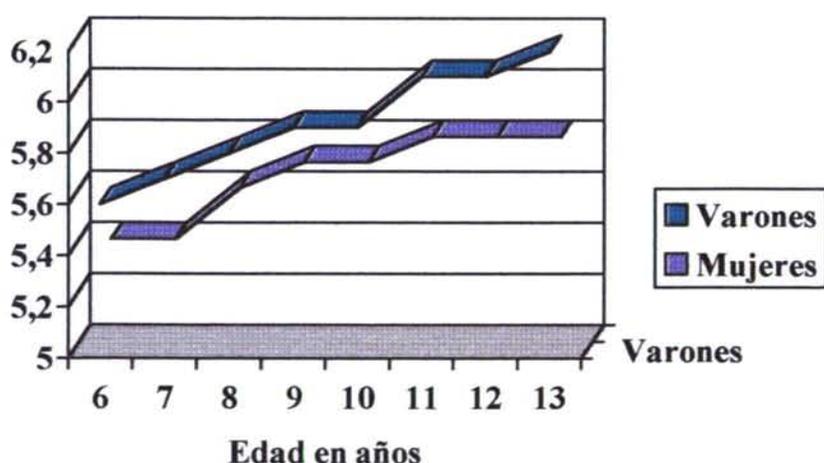
La gr3fica n3 22 permite observar que los valores medios de esta altura nasi3n-gnati3n son m3s altos en varones, en todos los grupos de edad. Se observa tambi3n un incremento de dichos valores con el aumento en edad.

Existe tambi3n correlaci3n entre esta altura y los di3metros 3seos estudiados en los miembros superior e inferior. Los valores del coeficiente de correlaci3n de Pearson que se obtuvieron fueron de 0,551 para el di3metro biepic3ndileo de h3mero, 0,648 para el biestiloideo de la mu1eca y 0,590 para el bic3ndileo de f3mur, todos con significaci3n al nivel 0,01.

Una correlaci3n tambi3n se ha podido constatar entre esta variable, la altura nasi3n-gnati3n, y los dos per3metros estudiados, el de brazo contra3do y el de la pierna, con unos coeficientes de Pearson de 0,485 y 0,569, respectivamente, con significaci3n en ambos casos al nivel 0,01.

La altura nasi3n-gnati3n se correlaciona con los pliegues cut3neos del miembro superior y del tronco. Los valores obtenidos del coeficiente de correlaci3n de Pearson

Altura subnasal-gnation



Gr3fica n3 23

fueron de 0,263 para el pliegue tricipital y 0,271 para el abdominal (estos dos valores con significación al nivel 0,01). Los demás valores del coeficiente de Pearson fueron de 0,257 para el pliegue subescapular y 0,231 para el suprailíaco, siendo estos dos últimos valores significativos al nivel 0,05.

No se encontró correlación de la altura nasión-gnación ni para el pliegue del muslo, ni tampoco para el pliegue de la pierna.

Existe correlación entre la altura nasión-gnación y dos medidas faciales estudiadas: el diámetro bicondíleo de la mandíbula y la altura punto subnasal-gnación, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,434 y 0,628, respectivamente (valores significativos al nivel 0,01).

Sin embargo, no se ha encontrado correlación con la distancia entre las cúspides del primer molar superior.

Altura punto subnasal-gnación

El valor medio de esta altura fue de 5,7 cm, con una desviación típica de $\pm 0,5$ cm.

Su valor máximo fue de 7,1 cm, fue observado en un varón de 12 años y 4 meses de edad, mientras que el valor mínimo fue de 8,7 cm, el cual se midió en una niña de 7 años y 10 meses de edad.

En función del sexo, los valores medios obtenidos fueron: 5,8 cm de media en el grupo correspondiente al sexo masculino, con una desviación típica de $\pm 0,4$ cm; en el grupo de sexo femenino, la media para esta altura punto subnasal-gnación fue de 5,5 cm, con una desviación típica de $\pm 0,5$ cm.

Los valores de la altura punto subnasal-gnación se correlacionan con los de la edad, el peso corporal total y la talla. Se obtuvieron los siguientes valores del coeficiente de correlación de Pearson: 0,269 para la edad, 0,335 para el peso y 0,317 para la talla, siendo todos ellos significativos al nivel 0,01.

La gráfica nº 23 muestra los cambios de los valores medios de esta variable para cada grupo de edad, en función del sexo. En ella se observa que los valores son, en general, más altos para el sexo masculino, salvo en el grupo de 11 a 12 años de edad, con valores superiores para el sexo femenino.

También existe una correlación entre esta altura y los diámetros óseos estudiados en los miembros superior e inferior. Se obtuvieron unos valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,395 para el diámetro biepicondíleo de húmero, 0,403 para el biestiloideo de la muñeca y 0,423 para el bicondíleo de fémur, todos con significación al nivel 0,01.

La altura espina nasal anterior-gnación también se correlaciona con los dos perímetros estudiados, el de brazo contraído y el de la pierna, con unos coeficientes de Pearson de 0,383 y 0,374, respectivamente, con significación en ambos casos al nivel 0,01.

La altura nasión-gnación no presenta correlación con ninguno de los pliegues cutáneos estudiados.

Por último, existe correlación entre la altura espina nasal anterior-gnación y dos medidas faciales estudiadas: el diámetro bicondíleo de la mandíbula y la altura punto subnasal-gnación, con valores del coeficiente de correlación de Pearson de 0,319 y 0,628, respectivamente (valores significativos al nivel 0,01).

Sin embargo, no se ha encontrado correlación con la distancia entre las cúspides del primer molar superior.

Distancia entre las cúspides del primer molar superior

El valor medio de esta distancia fue de 3,8 cm, con una desviación típica de $\pm 0,24$ cm.

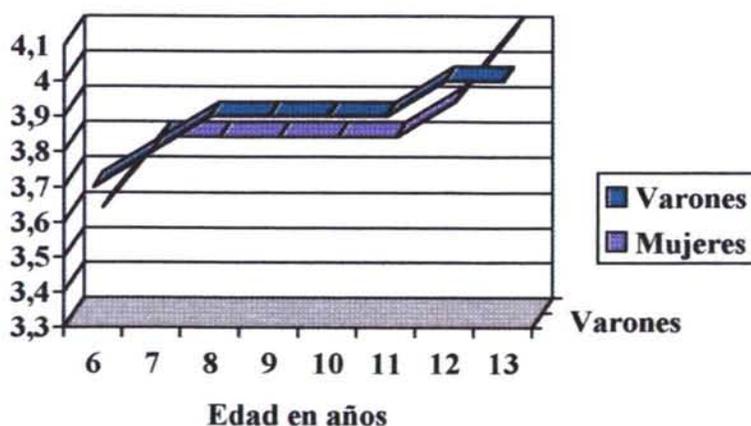
Su valor máximo fue de 4,7 cm, observado en un varón de 11 años y 3 meses de edad, que fue el que presentó los valores máximos para el pliegue subescapular y para el diámetro biepicondíleo de húmero. El valor mínimo fue de 3,3 cm, el cual fue medido en un varón de 8 años, que fue el que presentó el valor máximo para el diámetro bicondíleo de la mandíbula.

En función del sexo, los valores medios obtenidos fueron, para el sexo masculino, 3,9 cm de media, con una desviación típica de $\pm 0,3$ cm; en el grupo de sexo femenino, la media para esta distancia fue de 3,8 cm, con una desviación típica de $\pm 0,2$ cm.

Los valores de la distancia entre las cúspides del primer molar superior se correlacionan con los de la edad, el peso corporal total y la talla. Se obtuvieron los siguientes valores del coeficiente de correlación de Pearson: 0,265 para la edad, 0,311 para el peso y 0,337 para la talla, siendo todos ellos significativos al nivel 0,01.

Puede observarse en la gráfica nº 24 que los valores medios para los diferentes grupos de edad son superiores en los varones en casi todos los grupos, a excepción del de mayor edad (12 a 13 años), en el que esta variable alcanza un valor medio más alto en el sexo femenino.

Diámetro entre cúspides del primer molar superior



Gráfica nº 24

También existe una correlación entre esta distancia y los diámetros óseos estudiados en los miembros superior e inferior. Los valores del coeficiente de correlación de Pearson fueron de 0,306 para el diámetro biepicondíleo de húmero, 0,325 para el biestiloideo de la muñeca y 0,294 para el bicondíleo de fémur, todos ellos significativos al nivel 0,01.

La distancia entre las cúspides del primer molar superior también se correlaciona con los dos perímetros estudiados, el de brazo contraído, con un coeficiente de correlación Pearson de 0,262 (significativo al nivel 0,01) y con el perímetro de la pierna, con un coeficiente de 0,236, con significación en este caso al nivel 0,05.

Esta distancia entre las cúspides del primer molar superior no presenta correlación con ninguno de los pliegues cutáneos estudiados.

Por último, existe correlación entre la distancia entre las cúspides del primer molar superior y la distancia entre los cóndilos del maxilar inferior, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,304 (significativo al nivel 0,01).

No se ha encontrado, sin embargo, correlación con la altura nasión-gnation ni con la altura subnasal-gnation.

Composición corporal

El estudio de la composición corporal se realizó mediante un cálculo de los cuatro componentes (pesos graso, óseo, muscular y residual).

El **peso graso** experimenta un incremento tanto en valores absolutos como en porcentaje, en ambos sexos, entre los 6 y los 13 años. En el caso de los varones, el peso de masa grasa se incrementa desde 4,12 Kg (16,99 %) a los 6 años; llega a ser de 7,35 Kg (19,65 %) a los 10 años, para alcanzar un valor medio de 10,99 Kg (22,5 %) a la edad de 13 años. En el grupo de mujeres, se produce también un incremento en el peso graso, desde valores medios de 4,66 Kg (19,57 %) a los 6 años; un valor de 9,57 Kg (25,80 %) a los 10 años y alcanzando los 16,22 Kg de media (lo que representa un 31,9 % del peso total) a los 13 años de edad.

Los valores medios del peso graso y los porcentajes en relación con el peso total son, por tanto, mayores en las niñas, en todos los grupos de edad.

El **peso óseo** experimenta un incremento con la edad, en ambos sexos. En varones, se incrementa desde un valor medio de 4,67 Kg a los 6 años; es de 7,26 Kg a los 10 años y alcanza un valor medio de 9,02 Kg a los 13 años de edad. En el grupo de mujeres, a los 6 años el valor medio del peso óseo es de 4,40 Kg; alcanza una media de 6,17 Kg a los 10 años y llega a ser de 8,39 Kg a los 13 años.

Sin embargo, el porcentaje del peso óseo en relación con el peso total, disminuye con la edad. En el grupo de varones de 6 años, el porcentaje de peso óseo es del 20,12 %, descendiendo al 19,76 % en los niños de 10 años y alcanzando un 19,23 % en los niños de 13 años. El descenso en el porcentaje de peso óseo se presenta también en mujeres, desde valores de 119,00 % a los 6 años; 18,40 % a los 10 años y 16,94 % a los 13 años.

El **peso residual** se considera constante, siendo en varones de un 24,1 % y de un 20,9 % en mujeres.