

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Fisioterapia

TITOLO DELLA TESI

**L'influenza del genere nella prevenzione delle lesioni
legamentose di ginocchio negli sport ad alto rischio.**

Revisione sistematica della letteratura

Tesi di Laurea in Fisioterapia in geriatria e reumatologia

Presentata da:
Solfrini Simone

Relatore:
Chiar.ma Prof.ssa
Gatti Elisa

Anno Accademico 2018/2019

L'influenza del genere nella prevenzione delle lesioni legamentose di ginocchio negli sport ad alto rischio.

Revisione sistematica della letteratura

ABSTRACT

Introduzione: l'infortunio al ginocchio è una delle piaghe che maggiormente colpisce il mondo sportivo. Specialmente sono più esposte le donne a questo rischio rispetto agli uomini. I problemi di questo infortunio oltre ad essere immediati risultano anche futuri (rischio di osteoartrosi). La prevenzione quindi in infortuni del genere risulta fondamentale. Lo scopo di questa ricerca è di valutare l'efficacia di interventi preventivi sull'infortunio al ginocchio e l'influenza del genere nella loro efficacia.

Materiali e metodi: una ricerca bibliografica è stata compiuta usando Pubmed, PEDro, Cochrane e Cinahl /SPORTDiscuss. Le principali parole chiave usate sono state: *prevention, knee injury, acl injury* e sport. I criteri di inclusione utilizzati sono stati: solo RCT, programmi preventivi solo su uomini o solo su donne, riportata incidenza degli infortuni al ginocchio o al LCA. Per valutare il rischio di bias è stata usata la PEDro scale.

Risultati: 10 articoli sono stati trovati che rispondevano ai criteri di eleggibilità. Tra quelli trovati 8 studi riducono l'incidenza del numero di infortuni al ginocchio, 3 riportano variazioni statisticamente significative. Dei 10 studi, 5 erano sulle donne e 3 sugli uomini. Il rischio di bias calcolato con la PEDro score ha dato un punteggio medio di 5.6.

Conclusioni: da questo studio si capisce come gli interventi preventivi sul ginocchio abbiano efficacia. Il genere non influenza la loro efficacia. È compito del fisioterapista soprattutto nella popolazione più a rischio (ragazze tra i 14-18 anni) implementare ed educare le atlete agli esercizi di prevenzione. Limite di questo studio è stato soprattutto avere eterogeneità negli interventi utilizzati. Ulteriori ricerche serviranno per definire l'influenza del genere soprattutto nella prevenzione degli infortuni da non contatto. Sarà importante aprire il mondo sportivo a questi scenari sulla prevenzione.

INDICE

Cap. 1 INTRODUZIONE	pag. 01
1.1 Razionale	pag. 01
1.2 Obiettivi	pag. 02
Cap. 2 MATERIALI E METODI	pag. 02
2.1 Protocollo	pag. 02
2.2 Criteri di eleggibilità ed Informazioni di ricerca	pag. 02
2.3 Ricerca	pag. 03
2.4 Selezione degli studi	pag. 03
2.5 Processo di raccolta dei dati	pag. 04
2.6 Rischio di bias nei singoli studi	pag. 04
Cap. 3 RISULTATI	pag. 05
3.1 Selezione degli studi	pag. 05
3.2 Caratteristiche degli studi	pag. 05
3.3 Rischio di bias negli studi	pag. 06
3.4 Sintesi dei risultati	pag. 07
Cap. 4 DISCUSSIONE	pag. 11
4.1 Riassunto delle evidenze	pag. 11
4.2 Limiti	pag. 16
4.3 Conclusioni	pag. 17
4.4 Bibliografia	pag. 17

INTRODUZIONE

Razionale

La prevenzione, come descritto nel profilo professionale, è uno dei compiti del fisioterapista che con interventi mirati è chiamato a evitare o ridurre l'insorgere di determinate problematiche. A questo proposito la sfida non sta solo nel prevenire patologie croniche ma anche eventi acuti e l'infortunio al ginocchio è tra questi. Questa tipologia di infortunio (e specialmente quello al legamento crociato anteriore-LCA) è una delle piaghe che affligge il mondo sportivo. Ultimamente il grande aumento della popolazione sportiva femminile e l'incremento della popolarità di sport come il calcio femminile hanno posto l'accento su questo argomento. L'infortunio al ginocchio sia nei maschi sia nelle femmine è infatti da inquadrare a 360°. Innanzitutto quasi il 70% di questi infortuni sono da non contatto e sono provocati comunemente da una torsione innaturale del ginocchio che viene detta valgo dinamico.^{1,2} Il valgo dinamico è dovuto ad una combinazione di movimenti di tutti e tre i fulcri dell'arto inferiore che includono adduzione e intrarotazione di anca, abduzione del ginocchio con extrarotazione e traslazione anteriore della tibia e pronazione di caviglia.¹ Un infortunio di questo tipo comporta un grave danno sia a livello sportivo sia a livello socio sanitario. Per ritornare a giocare dopo questo tipo di infortunio occorrono dai 6 ai 7 mesi e solo il 63% degli atleti/e ritorna al livello pre infortunio.^{3,4} Per dare un esempio, il peso economico che comporta la rottura del LCA tra chirurgia e riabilitazione può arrivare a costare da 15000€ a 23000€ a infortunio.¹ Oltre al danno immediato la vera problematica sono le conseguenze future. Il rischio di andare incontro ad osteoartrosi del ginocchio in seguito a rottura del LCA è quadruplicato. Il dato non cambia sia che si ricorra alla chirurgia sia che si ricorra al trattamento conservativo.³ Gli sport più colpiti da questo infortunio sono quelli detti ad alto rischio, cioè che comprendono movimenti come i cambi di direzione e la ricaduta da un salto.^{5,6} Nel calcio, in uno studio condotto tra i maggiori club europei, durante una stagione si arrivano a contare oltre 100 di questi infortuni e negli ultimi 15 anni gli infortuni ai legamenti del ginocchio hanno avuto una frequenza del 5.4%.^{7,8} In America invece più dello 0.05% della popolazione subisce un infortunio al ginocchio(LCA), incidenza che aumenta a 3.67% se si pratica uno sport ad alto rischio.⁹ A rendere ancora più serio questo problema vi è il fatto che le donne sono più esposte al suddetto infortunio e hanno un rischio

aumentato da 4 a volte 6 della controparte maschile in questi sport.¹ A prova di ciò un recente studio ha evidenziato come tre dei quattro sport con l'incidenza più alta di infortunio al ginocchio fossero sport femminili: basket(0.23 per 1000h) , calcio(0.28per 1000h) e ginnastica(0.33per 1000h).¹⁰ Nella donna vi sono dei fattori intrinseci (non modificabili) e estrinseci(o modificabili) che aumentano questo rischio. Tra questi fattori ci sono quelli anatomici, ormonali, ambientali e quelli neuromuscolari.⁷ Dato che i fattori intrinseci non sono controllabili e la maggior parte degli infortuni sono da non contatto, ultimamente si sta cercando di agire sui fattori di rischio estrinseci. Molti interventi di prevenzione sono stati messi a punto per cercare di ridurre gli infortuni ai legamenti del ginocchio e altri infortuni.
11,12,13

Obiettivi

Questa revisione sistematica ha l'obiettivo di chiarire se questi interventi abbiano efficacia sul ginocchio e se vi sia differenza di genere in questo tipo di prevenzione. Per fare ciò andremo a estrapolare dalla letteratura tutti gli RCT che coinvolgono una popolazione femminile sottoposta ad un intervento preventivo e la confronteremo ad una popolazione maschile sottoposta allo stesso tipo di intervento. Per valutare l'efficacia dei trattamenti andremo a confrontare i dati sull'incidenza e a vedere se vi è una riduzione degli infortuni. In letteratura si trovano molte revisioni che prendono in considerazione o solo popolazioni femminili o solo popolazioni maschili ma raramente se ne trovano che confrontino i dati tra i due generi e questa vuole essere il valore aggiunto di questa revisione.^{14,15,16}

MATERIALI E METODI

Protocollo

Questa revisione sistematica della letteratura segue il protocollo PRISMA.

Criteri di eleggibilità e informazioni di ricerca

La ricerca bibliografica è stata volta a trovare articoli che prendessero in esame una popolazione sportiva femminile o maschile(usata come confronto) sottoposta ad un intervento preventivo per gli infortuni al ginocchio. Con intervento preventivo si intende un insieme di esercizi volto a ridurre i fattori di rischio di un determinato infortunio. L'intervento preventivo preso in esame non comprende l'utilizzo di fattori esogeni(es.tutori). Come

outcome negli studi doveva essere presente l'incidenza degli infortuni al ginocchio (o al LCA) e il *Rate Ratio* per valutarne l'efficacia. La definizione di infortunio al ginocchio come criterio di inclusione è "ogni trauma, diretto o indiretto, che provochi una lesione parziale o completa alle strutture legamentose". Sono stati inclusi sia articoli con soli pazienti pediatrici (14-18 anni) o sia con soli pazienti adulti (19-65 anni) o con pazienti di entrambe l'età. Sono stati presi in considerazione solo i trial clinici randomizzati e controllati in tutti le lingue e senza limite all'anno di pubblicazione. Gli articoli sono stati selezionati se includevano degli sport con attività di salto e cambio di direzione. La motivazione è che sport senza queste attività hanno una minore incidenza di infortuni legamentosi del ginocchio e la prevenzione degli infortuni sarebbe troppo eterogenea da comparare. Vengono invece esclusi tutti gli altri studi di tipo primario e gli studi di tipo secondario (revisioni sistematiche o linee guida) insieme agli articoli con popolazioni di studio miste (sia che donne che uomini).

Ricerca

La ricerca è stata svolta nelle principali banche dati biomediche quali: Pubmed, Pedro, Cochrane e Cinahl/Sportdiscuss. È stata eseguita una ricerca aggiuntiva su Google Scholar. Nei vari database sono state usate le seguenti parole chiave "prevention", "knee injury", "acl injury" e "sport". Per Pubmed è stata usata la seguente stringa: "(Sports [MeSH] OR Athletes [MeSH] OR Exercise [MeSH] OR Athletic Injuries [MeSH]) AND ((Knee Injuries [MeSH]) OR ((Wounds and Injuries [MeSH] OR injur* [TW]) AND (ACL [TW] OR Anterior Cruciate Ligament* [TW] OR Anterior Cruciate Ligament [MeSH]))) AND (Risk Reduction Behavior [MeSH] OR Prevent* [TW])". La ricerca bibliografica è stata conclusa il 13/08/19.

Selezione degli studi

Gli studi ottenuti sono stati selezionati tramite il processo di *IDENTIFICATION, SCREENING, ELEGIBILITY* e *INCLUDED*. Una volta lanciata la ricerca si è andato a fare screening iniziale solo in base al titolo. Per la parte di *elegibility* sono stati valutati l'abstract o il full text per vedere se rispondevano ai criteri di inclusione. Gli articoli così rimanenti sono stati selezionati per lo studio. Il processo di selezione è stato sintetizzato grazie all'utilizzo di un diagramma di flusso.

Processo di raccolta dei dati

Per ogni studio sono stati estratti i dati sul primo autore, anno di pubblicazione, tipo di sport, sesso della popolazione, numero della popolazione, caratteristiche dell'intervento e outcome utilizzati e risultati dello studio. I tali dati sono stati inseriti in una tabella sinottica e da questi è stata fatta un'analisi qualitativa. Sono stati anche estratti i dati sulla nazione dello studio, numero totale degli atleti/e studiate, età media della popolazione(suddivisa anche in maschile e femminile), durata dell'intervento, tempo di esposizione dei soggetti(Ae) e la compliance all'esercizio.

Ove non presente si è calcolato il rischio infortunio ogni 1000h di gioco. Si è preso il numero ore di esposizione e lo si è diviso per 1000(ore totali/1000h). Il numero di infortuni al ginocchio è stato diviso per il dato precedentemente ottenuto. Il *Rate Ratio*(RR) è stato ottenuto prendendo il dato sull'incidenza (ogni 1000h di esposizione) più basso e dividendolo per quello più alto. L'età media è stata calcolata prendendo l'età di ogni studio ponderata per il numero di soggetti e dividendo per il numero di studi. Per ponderare l'età è stato moltiplicato il valore dell'età di ogni studio per il numero dei soggetti di quello studio. È stato anche calcolato un dato sull'incidenza nei gruppi di controllo dell' infortunio al ginocchio. È stato calcolato il numero totale di infortuni nei gruppi di controllo ed è stato diviso per il numero di soggetti totali nei gruppi di controllo. Lo stesso dato è stato calcolato per i due sessi.

Gli esercizi dei vari interventi sono stati divisi in 5 categorie e così definiti:

- 1) Allenamento di forza è definito come una attività che porta a migliorare la forza muscolare tramite l'uso di resistenze che includono l'uso del peso corporeo, pesi liberi o macchine coi pesi.
- 2) Attività sono intese come esplosive se utilizzano movimenti potenti come salti pliometrici o balzi.
- 3) Esercizi di equilibrio comprendono attività in stazione mono o bi podalica che vadano a migliorare la performance propriocettiva.
- 4) Esercizi di agilità sono definiti come attività che migliorano la capacità di muoversi e cambiare velocemente direzione.
- 5) Lo stretching includono tutti gli esercizi di stretching dinamico e statico.

Rischio di bias nei singoli studi

La valutazione rischio di *bias* negli studi trovati è stata quindi effettuata con la PEDro *scale* e con il metodo GRADE. Il valore medio dei punteggi della PEDro *scale* è stato utilizzato per

ottenere l'analisi col metodo GRADE. È stata fatta una media dei punteggi della PEDro scale ed è stata fatta un'analisi dei punteggi dei vari item. Il metodo GRADE ha valutato il livello di evidenza per l'outcome ed è stato preso in esame il rischio di *bias*(se punteggio PEDro *scale* >6), la coerenza(se il 75% degli studi ha il medesimo risultato), la generalizzabilità (se lo studio può essere riprodotto) e la precisione(numero di studi e numero partecipanti).

RISULTATI

Selezione degli studi

La ricerca bibliografica ha trovato 2076 articoli più i 160 della ricerca aggiuntiva, lo *screening* di questi ha portato ad avere 468 articoli. Eliminando i doppioni sono rimasti 345 articoli che sono stati valutati singolarmente per i criteri di eleggibilità. Principalmente gli articoli sono stati scartati perché non rispondevano all'outcome cercato o si trattava di studi secondari. In minima parte sono stati esclusi studi che prendevano in esame popolazioni miste, atleti post intervento al LCA o i soggetti non venivano sottoposti ad un protocollo preventivo. Alla fine di ciò sono i risultati eleggibili 15 articoli, di questi sono 10 sono stati inclusi nella revisione e 5 sono stati esclusi perché non si trattava di RCT. Il tutto è stato sintetizzato nel diagramma di flusso. (vedi grafico n.I)

Caratteristiche degli studi

Dagli studi trovati sono stati estratti e inseriti nella tabella sinottica i dati sul primo autore, tipo di studio, numero e sesso dei partecipanti, sport, tipo di intervento, outcome e risultati. (vedi tab. n.I) Come outcome ove possibile sono state prese le incidenze degli infortuni al ginocchio(esprese in infortuni ogni 1000h di gioco) e il dato sul *Rate Ratio*(RR) conseguente, dove questo non era presente è stato preso il dato sul LCA con il conseguente *Rate Ratio*(RR). Alcuni studi proponevano dati anche su altri tipi di infortuni, ma sono stati estratti solamente i dati relativi agli infortuni al ginocchio e al LCA.

Dei 10 RCTs trovati, 4 hanno una popolazione femminile e 6 hanno una popolazione maschile.¹⁸⁻²⁷ La popolazione totale indagata tra tutti gli studi è di 14068 individui, tra cui 3924 maschi e 10144 femmine. Gli atleti sono stati esposti in totale a 730 136h di gioco(sia partite che allenamento), con una media di 52 h di gioco per atleta. I maschi avevano un'età media di 21.1 anni mentre le femmine di 15.5 anni da questo risultava una età media della popolazione di 16.6 anni. Per quanto riguarda la provenienza, 5 degli studi trovati sono stati svolti in Europa(1 Inghilterra, 1 Olanda, 2 Svezia, 1 Norvegia), 4 in America e uno in

Australia. Questi studi vanno a valutare sport diversi, tra i quali calcio, football australiano, basket e pallavolo. Due studi utilizzano popolazioni sportive miste, uno prende in considerazione insieme calcio, basket e pallavolo e un altro basket e calcio.^{24,27} Le popolazioni degli altri sono univoche, 6 sono sul solo calcio, 1 solo sul basket e 1 sul football australiano.^{18-23,25,26}

Dall'analisi qualitativa dell'eterogeneità degli studi si evince una lieve differenza negli interventi utilizzati.(vedi tab. n.I) Uno di questi utilizza un solo tipo esercizi ossia solo esercizi di equilibrio.²⁶ I rimanenti utilizzano un allenamento integrato multidisciplinare tra forza,esplosività, equilibrio, stretching e agilità. Uno studio differenzia anche l'intervento tra prima e dopo l'inizio della stagione.²⁷ Nella metà dei casi gli esercizi hanno più livelli di difficoltà in modo da progredire al livello successivo durante la stagione ogni volta sia raggiunto un buona esecuzione del livello precedente.^{18,21,22,25,26} Questo intervento durava lungo l'arco della stagione sportiva e in alcuni casi anche prima dell'inizio della stagione.¹⁹ La durata dell'intervento quindi andava dai 3 ai 9 mesi, con una media di 7.5 mesi. I gruppi di controllo nella maggior parte dei casi, dove riportato, utilizzano il loro consueto programma di riscaldamento. Uno studio riporta che comprende corsetta ed esercizi di stretching.²³ Uno invece nel gruppo di controllo utilizza uno specifico allenamento di corsa resistita con elastici(SHAM).²⁷ Per tutti però vi è omogeneità di posologia, in quanto in media tutti gli interventi durano 15/20min per 3 volte a settimana. Due studi riportano il dato sulla compliance all'esercizio che si attesta rispettivamente al 77% e al 73%.^{20,26} In alcuni studi viene anche specificato da chi vengono somministrati gli esercizi alla squadra. In 5 di questi il coach previa istruzione ed educazione da parte dei fisioterapisti somministra gli esercizi, in uno direttamente il preparatore atletico e nell'ultimo il coach assistito dal fisioterapista.

Rischio di bias negli studi

Per valutare il rischio di *bias* gli studi sono stati analizzati con la PEDro *scale*, con un ampio range di punteggi compresi tra 4 e 8 ed un punteggio medio di 5.6.(vedi tab. n.II) Da ciò si nota che nessun soggetto o nessun fisioterapista erano in cieco, mentre in due di questi il valutatore era in cieco.^{24,25} Solo in 3 studi l'assegnazione era nascosta, mentre quasi tutti(6/10) utilizzavano l'*intention to treat*. Non in tutti gli studi i gruppi avevano le stesse caratteristiche iniziali, sia perché troppo diversi sia perché a volte non sono riportate. Per vedere la validità qualitativa degli studi è stata effettuata la valutazione con il metodo GRADE che ha evidenziato una evidenza moderata.(vedi tab. n.III) Solo l'outcome

dell'assenza di rischio di bias non è stato soddisfatto in quanto il punteggio medio della PEDro *scale*(5.6) non era sopra i 6 punti.

Sintesi dei risultati

Dei 10 studi analizzati 8 trovano una riduzione dell'incidenza degli infortuni al ginocchio o al LCA. I *Rate Ratio* (RR) trovati tra questi avevano valori che variavano da 0.3 a 0.63. La riduzione del numero di infortuni ha avuto quindi valori compresi tra il 37% e il 70%.^{19-25,27} In 3 di questi il dato è risultato statisticamente significativo, 2 sono studi sulle donne e uno sugli uomini.^{21,22,27} I *Rate Ratio* di questi studi sono rispettivamente: RR=0.42, RR=0.36, RR=0.63. Due studi invece non trovano differenza nel numero di infortuni al ginocchio, anzi l'incidenza risulta più elevata nel gruppo di intervento(0.34per1000h vs 0.25per1000h e RR= 1.21). Uno dei due è sugli uomini, l'altro sulle donne.^{18,26} Il primo non riduce il numero di infortuni al ginocchio ma trova una riduzione nella gravità dell'entità degli infortuni. Il tipo di infortunio passa da severo(4 vs 0) a moderato o minimo.¹⁸ Nel secondo anche se non c'è riduzione di infortuni viene però trovato un miglioramento significativo della performance propriocettiva dell'arto inferiore non dominante.²⁶ A livello di sport, dei 6 studi sul calcio, 5 mostrano una riduzione del numero di infortuni al ginocchio(la riduzione è superiore al 37%), in 2 di questi il dato risulta statisticamente significativo, mentre uno non trova riduzione. L'altro studio statisticamente significativo è quello che prende in considerazione insieme basket, pallavolo e calcio. Quello sul basket non trova differenze significative. Il football australiano e il gruppo misto calcio/basket trovano riduzioni simili (calo del 37%).

Tabella n. I

Tabella Sinottica

Studio	PEDro score	Popolazione	Sport	Intervento	Out come	Risultati
Longo et al (2012)	5/10	n=121 Maschi	Basket	Intervento = esercizi di esplosività, stretching, forza, equilibrio e agilità Controllo = riscaldamento classico Durata = 20 min	Infortuni all'AI	No differenze significative nel numero di infortuni al ginocchio ma ridotta la loro gravità

				per 3x/sett.		
Finch et al (2015)	5/10	n=1691 Maschi	Football australiano	Intervento = esercizi di esplosività e equilibrio Controllo = esercizi di agilità, esplosività e corsa Durata = 20 min x2/sett.	Tutti gli infortuni	Riduzione del 50% degli infortuni al ginocchio, non statisticamente significativa
Van Beijsterveldt et al (2012)	6/10	n=487 Maschi	Calcio	Intervento = esercizi di esplosività, forza, equilibrio Durata = 15min	Infortuni AI	Riduzione degli infortuni al ginocchio
Silvers-Granelli et al (2017)	6/10	n=1625 Maschi	Calcio	Intervento = esercizi di forza, agilità, equilibrio e esplosività Durata = 20min	Infortuni al ginocchio e al LCA	Differenza significativa degli infortuni al ginocchio e al LCA da non contatto
Walden et al (2012)	7/10	n=4564 Femmine	Calcio	Intervento = esercizi di forza ed esplosività Controllo = riscaldamento classico Durata = 20 min per x2/sett.	Infortuni al ginocchio e al LCA	Riduzione statisticamente significativa degli infortuni al LCA, ma non al ginocchio
Gilchrist et al (2008)	5/10	n=1435 Femmine	Calcio	Intervento = esercizi di stretching, forza, esplosività e agilità Controllo = riscaldamento classico Durata = x3/sett.	Infortuni al ginocchio e al LCA	Riduzione del 70% degli infortuni da non contatto rispetto al gruppo di controllo
LaBella et al (2011)	8/10	n=1558 Femmine	Calcio e basket	Intervento = esercizi di forza, esplosività, equilibrio e agilità Controllo = riscaldamento classico Durata = 20min	Infortuni al ginocchio, caviglia e LCA	Riduzione non statisticamente significativa degli infortuni al ginocchio e al LCA
Soligard et al (2008)	6/10	n=1892 Femmine	Calcio	Intervento = esercizi di forza, equilibrio ed esplosività Controllo =	Infortuni all'AI	Riduzione non statisticamente significativa se ITT, se no diventa

				riscaldamento classico Durata = 20min		statisticamente significativa
Soderman et al (2000)	4/10	n=221 Femmine	Calcio	Intervento = equilibrio Durata = 15min per 3x/sett.	Infortunati all'AI	No differenza infortuni al ginocchio, aumentano quelli al LCA
Barber Foss et al (2018)	4/10	n=474 Femmine	Calcio , basket , pallavolo	Intervento = esercizi di forza, esplosività Controllo = corsa resistita con elastici Durata = 20min	Infortunati alla caviglia e al ginocchio	Riduzione statisticamente significativa degli infortuni al ginocchio

Tabella n. II

Tabella PEDro score

Studio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Qualità
Longo et al		X						X	X	X	X	5
Finch et al	X	X						X	X	X	X	5
Van Beijsterveldt et al	X	X		X				X	X	X	X	6
Silvers-Granelli et al	X	X	X	X				X		X	X	6
Walden et al	X	X	X	X				X	X	X	X	7
Gilchrist et al		X		X				X		X	X	5
LaBella et al		X	X	X			X	X	X	X	X	8
Soligard et al	X	X		X			X		X	X	X	6
Soderman et al		X		X						X	X	4
Barber Foss et al		X		X						X	X	4

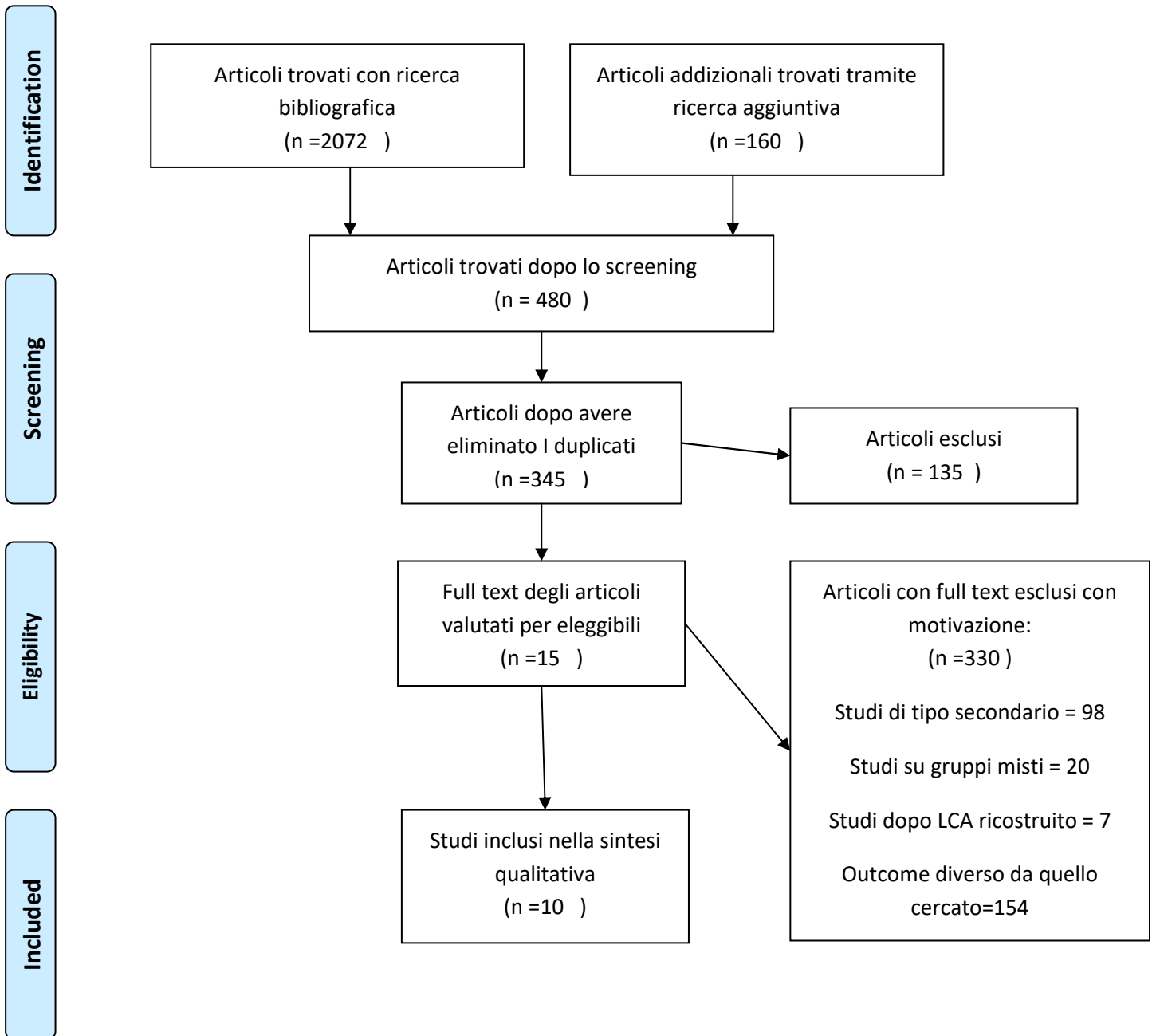
Tabella n. III

Tabella GRADE

Out come	Assenza rischio bias	Coerenza	Generalizzabilità	Precisione	Qualità dell'evidenza GRADE
Incidenza infortuni al ginocchio[10]	NO	Sì	Sì	Sì	moderata



PRISMA 2009 Flow Diagram



DISCUSSIONE

Riassunto delle evidenze

L'infortunio al ginocchio si presenta come una problematica tutt'ora presente nel mondo sportivo. In questi anni molti passi sono stati fatti per comprendere e affrontare meglio il problema. Sicuramente sapere quali siano i fattori di rischio aiuta a capire dove andare ad agire. Nelle donne, come anticipato prima, il rischio di infortunio al ginocchio è superiore. Oltre ai fattori di rischio presenti nel genere maschile, esse sono soggette ad alcune differenze di genere che portano ad avere un minor controllo dell'arto inferiore. Il che le rende più soggette soprattutto ad infortuni da non contatto. Rischio che si evidenzia nei gesti atletici che portano maggior carico sul ginocchio. Tra questi vi possiamo evidenziare i cambi di direzione e i salti.²⁷

Per comprendere meglio il motivo del rischio di questi gesti è bene analizzare le principali differenze di genere. Powers ha mostrato come vi sia differenza a livello biomeccanico nelle ricadute dai salti. La posizione di ricaduta rimane meno raccolta, con il tronco più eretto. Tendono così, oltre a non compensare con il tronco, a flettere meno anche e ginocchia. Le forze di impatto vengono meno attutite e si richiede una maggiore attivazione del quadricipite andando così a gravare maggiormente sul ginocchio.²⁸ Nei cambi di direzione è stato mostrato come la flessione del ginocchio sia minore, l'angolo di valgismo sia aumentato, sia minore l'attivazione degli ischiocrurali e maggiore quella del quadricipite.²⁹ Passiamo ora ad introdurre le principali differenze anatomiche. Come spiega Wilk, le donne hanno un bacino più largo con un conseguente aumento dell'angolo del quadricipite (*Q-angle*) a livello dell'arto inferiore. Il legamento crociato anteriore risulta più sottile per il fatto che lo spazio intercondiloideo femorale, ove esso origina, sia più stretto. Tra i due sessi è presente una maggior lassità legamentosa globale la quale porta ad avere un ROM aumentato in tutte le articolazioni. La massima lassità si nota durante i primi giorni del ciclo mestruale. Per il seguente motivo, il controllo dell'arto inferiore risulta più difficile sul piano sagittale e sul piano coronale. Sul sagittale perché è aumentata l'iperestensione di ginocchio che nei due sessi differisce di circa $5^\circ (>7^\circ \text{ vs } <5^\circ)$. L'iperestensione come il valgo dinamico è uno dei movimenti che vanno a stirare i legamenti, dato che il LCA la limita, e aumentare il rischio di rottura. Il secondo invece perché con una maggiore intrarotazione d'anca e abduzione (valgo) di ginocchio si aumenta il rischio di cedimento in valgo. La lassità legamentosa fa sì che lo slide anteriore della tibia rispetto al femore sia maggiore (4.5 vs 3.5). La maggior flessibilità

muscolare, specialmente degli ischio crurali, influisce nella stabilizzazione articolare. I flessori di ginocchio, essendo più allungati, sono meno reattivi e ritardano a contrarsi. Manca così la co-contrazione con il quadricipite e il ginocchio risulta più instabile. I seguenti sono fattori intrinseci o non modificabili su cui difficilmente si può intervenire.

Dopo questa prima analisi è bene concentrarsi sui fattori estrinseci o modificabili su cui gli interventi preventivi mirano ad agire. Si andrà specialmente a lavorare sulle differenze neuromuscolari presenti. Nelle donne vi è la cosiddetta *quadriceps dominance*, ossia uno sbilanciamento nella contrazione tra agonisti(quadricipite) e antagonisti(ischio crurali). Utilizzano maggiormente il quadricipite per stabilizzare il ginocchio, la cui contrazione non viene bilanciata dall'attivazione degli *hamstring*.^{7,29} La seguente strategia porta ad avere un maggior stress sulle strutture articolari del ginocchio, specialmente sul LCA. Oltre che sul piano sagittale è presente anche uno sbilanciamento sul piano coronale. Vi è una maggior attivazione della componente muscolare laterale della coscia(vasto laterale e bicipite femorale) rispetto a quella mediale(vasto mediale ,semitendinoso e semimembranoso). Il meccanismo induce una compressione nella parte laterale dell'articolazione e porta una distrazione nella zona mediale.¹ L'attivazione muscolare così facendo induce un cedimento in valgo. È presente inoltre una differenza a livello muscolare nel tempo di risposta allo stimolo e nella forza generata. Il tempo di risposta allo stimolo risulta doppio rispetto a quello degli uomini e la forza muscolare prodotta è all'incirca la metà. Grazie alla contrazione muscolare massimale le donne riescono ad aumentare la rigidità del ginocchio fino al 217%, gli uomini arrivano fino ad un aumento del 473%.⁷ Maggiore è la rigidità prodotta e maggiore sarà la stabilità articolare, soprattutto nei movimenti più a rischio. L'insieme di tutti questi fattori(allineamento dell'arto inferiore, forza muscolare, lassità legamentosa,...) identifica la capacità dell'arto inferiore di adattarsi agli stimoli esterni, detta anche controllo neuromuscolare. Il maggior rischio di infortunio della donne è così dovuto ad un minor controllo neuromuscolare dell'arto inferiore.

Alla luce di quanto detto si può capire dove gli interventi preventivi possano andare ad agire e quali possano essere i fattori di rischio da modificare. L'insieme delle differenze presenti pone il dubbio se incidano sulla prevenzione. Da tutto ciò ci si aspetta che i programmi possono avere un'efficacia maggiore sul sesso femminile che su quello maschile. In parte risulta così, ma il dato sembra essere meno ampio di quanto ci potesse aspettare, dato che vi sono 3 studi a supporto della riduzione del numero di infortuni negli uomini. Nel genere femminile i valori di riduzione variano tra 37% e 70% mentre nella popolazione maschile tra

37% e 58%. La parte degli infortuni femminili prevenuti si ipotizza siano stati da non contatto, lasciando presenti gli infortuni da contatto più difficilmente prevenibili. Si può anche asserire che una buona fetta degli infortuni maschili sia stata da contatto. Un'altra spiegazione può essere che gli interventi preventivi, inserendo esercizi simili tra loro, abbiano agito su fattori di rischio comuni(es. infortuni precedenti o scarso controllo propriocettivo). Questo dato per le donne va a confermare un'efficacia già nota.^{30,31} Myer et al nella loro metanalisi andando ad analizzare l'efficacia degli interventi preventivi solo sulle donne hanno trovato un valore del *Rate Ratio*(RR)=0.54, ossia una riduzione del 46%.³¹ Dello stesso avviso è Hewitt et al che riporta una riduzione del 60% nella popolazione femminile degli infortuni al ginocchio e addirittura una riduzione del 72% di quelli da non contatto.³⁰ Le evidenze sugli uomini tendono a scarseggiare e come ci riporta Alertorn-Geli et al gli studi a riguardo sono pochi e i risultati tendono ad essere contrastanti.³² Questo ci spinge a dare importanza a nuovi studi per comprendere ancora meglio come differenziare la differenza di genere influenzi l'efficacia della prevenzione.

Negli articoli presi in considerazione l'incidenza presente nel gruppo di controllo risulta del 5% per le donne e del 13% per gli uomini. Per capire meglio il dato possiamo dire che, durante una stagione, una ragazza ogni 20 e un ragazzo ogni 8 si fa male al ginocchio. È risaputo invece che negli sport ad alto rischio il dato sia più alto(da 4 a 6 volte) nella popolazione femminile. Il dato risulta in controtendenza e apre alcuni interrogativi. Difficile darne un'interpretazione, visto che ci sono tante variabili che influiscono sugli infortuni(superficie di gioco, fatica, condizioni climatiche,...). Si può ipotizzare che, visto gli sport maschili presi in considerazione(calcio e football australiano), un buon numero di infortuni sia da contatto. Dato che non viene specificato sarebbe interessante capire se gli stessi risultati si avrebbero considerando solo infortuni da non contatto. È comunque un dato interessante che andrà approfondito, per capire se sia frutto del caso o se sia dovuto a motivazioni a noi ancora sconosciute.

Il dato più importante comunque rimane la diminuzione del numero degli infortuni al ginocchio che apre interessanti scenari per il futuro. Possiamo giustificare e interpretare questo risultato con la grande importanza che possono avere alcuni esercizi per aumentare il controllo neuromuscolare del ginocchio. Infatti molti degli infortuni sono dovuti al cosiddetto valgo dinamico e gli esercizi di core stability uniti a quelli di rinforzo muscolare possono aiutare a ridurre il rischio. Gli esercizi di core stability possono andare a lavorare sul controllo dinamico del tronco e quindi un avere un miglior mantenimento del centro di massa

nella base d'appoggio. Il rinforzo muscolare (specialmente dei muscoli della coscia) potrebbe garantire un miglior controllo dell'anca evitando che ceda verso l'interno (adduzione e intrarotazione). Il tutto aiuterebbe a diminuire il carico che deve essere assorbito dal quadricipite in risposta all'impatto col terreno.³³ Gli esercizi pliometrici e di salto, definiti anche come esercizi di esplosività, possono portare ad un aumento della flessione di anca e di ginocchio durante la fase di ricaduta dal salto. Diminuiscono anche le forze in valgo sul ginocchio e di conseguenza lo stress sulle strutture legamentose.³⁴ Il tutto porterebbe quindi ad una correzione della tecnica di salto e ad una "rieducazione" su come assorbire meglio le forze di impatto col terreno. Altri effetti che potrebbero avere questi interventi preventivi sono la diminuzione del picco di forza in ricaduta da un salto, l'aumento della forza muscolare abducentoria e un miglior controllo in monopodalica.^{35,36} L'insieme di questi effetti potrebbe andare a migliorare il controllo neuromuscolare dell'arto inferiore, riducendo parte dei fattori di rischio. Purtroppo non è ancora chiara la lunghezza del periodo di allenamento affinché queste modificazioni si instaurino.³⁷ Per quanto riguarda l'allenamento propriocettivo, è stato trovato che il rischio di infortunio al ginocchio aumenta proporzionalmente al tempo di questo tipo di allenamento.³⁸ Tenere posizioni in equilibrio monopodalico senza l'adeguato apporto neuromuscolare può portare a favorire il valgismo di ginocchio. Questo aiuta a spiegare il motivo per cui lo studio con il solo allenamento propriocettivo non diminuisca il numero di infortuni, ma addirittura lo aumenti. Nel basket invece rispetto al calcio sono più frequenti i salti, quindi probabilmente lo studio preso in considerazione sul basket, ha mancato di efficacia perché occorre un allenamento più mirato su quel tipo di gesto.¹⁷ Per avere più efficacia in questo sport i programmi dovranno insistere molto su esercizi di pliometria ad alta intensità e "rieducazione al salto".³⁹ Ulteriori studi serviranno per valutare quanto.

Nel presente studio vi è anche da fare un'analisi riguardo all'età degli atleti/e studiati. Tra gli articoli presi in considerazione la differenza di efficacia tra gli over e gli under 18 non si presenta rilevante. La massima efficacia nella prevenzione però si trova in uno studio su ragazze under 18.²¹ L'età infatti ha sicuramente la sua influenza nel rischio di infortunio. Durante l'età post puberale i ragazzi e le ragazze subiscono modificazioni a livello corporeo dovute alla crescita. Il suddetto periodo è quindi associato a una minor preparazione neuromuscolare degli atleti/e ed è da prendere con un occhio di riguardo. Il rischio di infortunio al ginocchio è così aumentato e raggiunge il suo picco nelle ragazze tra i 14 e i 18 anni.⁴⁰ Per questo motivo Myer et al hanno studiato la prevenzione nella popolazione giovanile. È stato evidenziato come nella ragazze l'efficacia maggiore degli esercizi fosse

nella popolazione compresa tra i 14-18 anni rispetto a quella delle over18.³¹ Risulta quindi molto importante che l'intervento di prevenzione sia precoce.

Il risultato di questa analisi qualitativa ci dice come si riscontri un'efficacia degli esercizi di esplosività, forza, agilità, equilibrio e stretching negli articoli presi in considerazione. Altri dati si trovano in letteratura che confermano questa tendenza. Grimm et al, che hanno eseguito uno studio simile, ci dicono come dati statisticamente significati siano in pochi studi ma in generale si evidenzia una riduzione degli infortuni.⁴¹ Gagnier et al, che hanno preso in considerazione anche studi con popolazioni miste, riscontrano un dato di riduzione vicino al 50% degli infortuni al ginocchio.⁴² Donnell-Fink et al, considerando anche popolazioni miste, trovano una riduzione sia negli infortuni al ginocchio che per gli infortuni al LCA. L'effetto riportato è leggermente superiore per la prevenzione degli infortuni al LCA.⁴³ Nonostante l'efficacia a ridurre il rischio di infortuni, può capitare che negli interventi utilizzati non si abbiano i risultati sperati. Sia nei maschi che nelle femmine è fondamentale che vi sia una buona compliance agli esercizi proposti. Se ciò non fosse, anche il programma preparato nel migliore dei modi, stenterebbe a dare risultati sperati.^{44,45} Importante quindi sarà sempre stimolare gli atleti all'esercizio e seguirli durante la loro esecuzione.⁴⁶ Nei risultati trovati, due degli studi che riportano un'ottima compliance hanno entrambi efficacia nella prevenzione. Avere un'elevata compliance (>70%) è uno dei fattori principali in questo tipo di interventi.

Tra i vari programmi si possono trovare vari punti in comune, come il tipo di esercizi, il tempo di durata, la durata totale. Ognuno di essi ha i suoi pregi e i suoi difetti, ma è bene dare alcuni consigli generali per migliorare l'implementazione del proprio intervento:

- Il programma risulta più efficace quando inizia prima della stagione sportiva e prosegue a stagione in corso e viene fatto più volte durante la settimana.⁴⁷
- A ogni allenamento la sessione del programma dovrebbe durare più di venti minuti o almeno superare i 30min settimanali.
- Il programma dovrebbe avere più componenti(esplosività, stretching, forza, equilibrio e agilità) tra le quali grande importanza va data al controllo prossimale insieme ad esercizi di forza e pliometria.^{47,48}

- La durata e l'intensità di questi dovrebbe essere ponderata in base alle caratteristiche dello sport preso in questione(per esempio per il calcio esercizi di agilità ad alta velocità, nel basket esercizi pliometrici con salti ripetuti).⁴⁷

- Per avere una buona compliance all'esercizio si consiglia infine di inserire esercizi con livelli di difficoltà crescenti(fino a 5). È importante durante l'esecuzione dare agli atleti feedback visivi e seguirli con feedback verbali.^{46,47}

Limiti

Questa revisione sistematica della letteratura ha molti limiti. Innanzitutto per valutare l'affidabilità della ricerca bibliografica manca la valutazione intra-operatore e inter-operatore. A livello di rischio di *bias* nessun articolo presenta il cieco o doppio cieco. Si è trovata eterogeneità e a volte poca chiarezza su chi somministrava gli esercizi alle squadre, dato che a volte non veniva specificato mentre altre era somministrato da figure diverse. Vi era eterogeneità negli interventi, dato che non tutti comprendevano un programma multidisciplinare. Per superare questo limite sulla differenza di genere bisognerebbe trovare studi che somministrino lo stesso protocollo(es. FIFA11+). Un altro problema è che raramente veniva specificato il tipo di allenamento/riscaldamento che eseguiva il gruppo di controllo. Il che rende gli studi difficilmente comparabili da questo punto di vista. È importante che il gruppo di controllo svolga programmi di riscaldamento simili tra loro. Gli articoli trovati non si riferiscono tutti nello specifico alla prevenzione del ginocchio. Sarebbe stato più preciso trovare articoli mirati solo su questo tipo di intervento. Da questo punto di vista è stato limitante il fatto che alcuni articoli riportassero il dato degli infortuni al ginocchio senza specificare altro. Accostare questi dati a quelli di altri studi che riportavano solo infortuni ad una determinata struttura ha posto in essere un limite. Fare una ricerca solo su un determinato infortunio(LCA) o cercare articoli che specifichino dettagliatamente le strutture lesionate, porterebbe ad avere dei dati più precisi. Gli interventi presi in esame durano massimo una stagione di gioco(max 9 mesi), sarebbe stato interessante prendere in esame più stagioni. Lo sarebbe stato soprattutto per capire come sarebbero cambiati gli effetti e se vi era una differenza di efficacia. Gli articoli trovati anche se tutti su sport ad alto rischio si riferiscono a diversi sport. Prendere in esame un solo sport avrebbe aiutato a capire l'efficacia in quel determinato contesto. Un altro dei limiti è l'eterogeneità dell'età dei partecipanti(da 14 fino a 23 anni). Dato quanto detto prima sarebbe da scegliere di valutare l'efficacia nell'età adulta o in quella post-pubertà. Un limite è stato che come riportato nelle tabelle degli studi alcuni

partecipanti avevano pregressi infortuni al ginocchio e non viene specificato se avevano subito operazioni. Per rendersi conto della vera efficacia della prevenzione sarebbe importante prendere una popolazione non afflitta da precedenti infortuni al ginocchio.

Conclusioni

La mia ricerca mi ha portato a trovare che gli interventi preventivi hanno una buona efficacia e riducono il rischio di infortuni al ginocchio del 50%. Non si è notata una significativa differenza di genere nella loro efficacia, in entrambi i sessi il risultato è stato di una riduzione dell'incidenza di lesioni al ginocchio. La mancanza di effetti collaterali e la poca spesa richiesta, fanno capire quanto sia importante abituare gli atleti e le squadre a queste proposte di prevenzione. Si evince quanto l'esercizio debba essere precoce e si consiglia di iniziare già in età post-puberale. L'analisi di questi studi sottolinea l'importanza di agire in maniera preventiva, anche su popolazioni molto giovani di sportivi. Dato l'alto rischio che porta con sé questo infortunio di non poter più competere ad alto livello, sarà compito quindi del fisioterapista la somministrazione e l'educazione a protocolli di riscaldamento preventivo nel mondo sportivo. Inoltre il fisioterapista sarà chiamato nel genere femminile, soprattutto nelle ragazze in giovane età, a individuare, anche tramite appositi test di screening, le atlete con il rischio di infortunio più alto.⁴⁹ Con esse dovrebbe andare a lavorare su postura, allineamento e rinforzo per limitare i maggiori deficit neuromuscolari. Ulteriori ricerche serviranno per capire se l'efficacia rispetto al genere cambia solo negli infortuni da non contatto o prendendo in considerazione solo il LCA. Sarebbe importante implementare studi con interventi preventivi sulle donne che come gruppo di controllo abbiano la popolazione maschile che viene sottoposta allo stesso intervento. Inoltre studi futuri sui vari sport serviranno per ottenere degli interventi sport specifici.

Bibliografia

1 Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med.* 2006 Feb;34(2):299-311.

2 Moses B, Orchard J, Orchard J. Systematic review: Annual incidence of ACL injury and surgery in various populations. *Res Sports Med.* 2012 Jul;20(3-4):157-79.

- 3 Padua DA, DiStefano LJ, Hewett TE, Garrett WE, Marshall SW, Golden GM, Shultz SJ, Sigward SM. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Athl Train.* 2018 Jan;53(1):5-19.
- 4 Ekstrand J, Krutsch W, Spreco A, van Zoest W, Roberts C, Meyer T, Bengtsson H. Time before return to play for the most common injuries in professional football: a 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med.* 2019 Jun 10. pii: bjsports-2019-100666.
- 5 Neumann AD: *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundation for rehabilitation.* Third Edition. St. Louis, Missouri: Elsevier, Inc., 2017: 551-553
- 6 Lewis DA, Kirkbride B, Vertullo CJ, Gordon L, Comans TA. Comparison of four alternative national universal anterior cruciate ligament injury prevention programme implementation strategies to reduce secondary future medical costs. *Br J Sports Med.* 2018;52:277-282.
- 7 Wilk KE, Arrigo C, Andrews JR, Clancy WG. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction in the female athlete. *J Athl Train.* 1999 Apr;34(2):177-93.
- 8 Ekstrand J, Vouillamoz M, Earl M: UEFA ELITE CLUB INJURY STUDY Season 2012/2013 Report. Disponibile: <https://www.uefa.com/insideuefa/protecting-the-game/medical/news/newsid=2071539.html> (settembre 14, 2019)
- 9 Taylor JB, Waxman JP, Richter SJ, Shultz SJ. Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015 Jan;49(2):79-87.
- 10 Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train.* 2007 Apr-Jun;42(2):311-9.
- 11 Cahill BR, Griffith EH. Effect of preseason conditioning on the incidence and severity of high school football knee injuries. *Am J Sports Med.* 1978 Jul-Aug;6(4):180-4.
- 12 Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med.* 1999 Nov-Dec;27(6):699-706.

- 13 Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W Jr. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up.
- 14 Michaelidis M, Koumantakis GA. Effects of knee injury primary prevention programs on anterior cruciate ligament injury rates in female athletes in different sports: a systematic review. *Phys Ther Sport*. 2014 Aug;15(3):200-10.
- 15 Sugimoto D, Myer GD, McKeon JM, Hewett TE. Evaluation of the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a critical review of relative risk reduction and numbers-needed-to-treat analyses. *Br J Sports Med*. 2012 Nov;46(14):979-88.
- 16 Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Musahl V, Karlsson J, Cugat R, Myer GD. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in sports. Part II: systematic review of the effectiveness of prevention programmes in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014 Jan;22(1):16-25
- 17 Longo UG, Loppini M, Berton A, Marinozzi A, Maffulli N, Denaro V. The FIFA 11+ program is effective in preventing injuries in elite male basketball players: a cluster randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2012 May;40(5):996-1005.
- 18 Finch CF, Twomey DM, Fortington LV, Doyle TL, Elliott BC, Akram M, Lloyd DG. Preventing Australian football injuries with a targeted neuromuscular control exercise programme: comparative injury rates from a training intervention delivered in a clustered randomised controlled trial. *Inj Prev*. 2016 Apr;22(2):123-8.
- 19 van Beijsterveldt AM, van de Port IG, Krist MR, Schmikli SL, Stubbe JH, Frederiks JE, Backx FJ. Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. 2012 Dec;46(16):1114-8.
- 20 Silvers-Granelli HJ, Bizzini M, Arundale A, Mandelbaum BR, Snyder-Mackler L. Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players? *Clin Orthop Relat Res*. 2017 Oct;475(10):2447-2455.
- 21 Waldén M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hägglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2012 May 3;344:e3042.
- 22 Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, Watanabe DS, Dick RW, Dvorak J. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med*. 2008 Aug;36(8):1476-83.

- 23 LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim KY, Peng J, Christoffel KK. Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools: cluster randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2011 Nov;165(11):1033-40.
- 24 Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, Junge A, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2008 Dec 9;337:a2469.
- 25 Söderman K, Werner S, Pietilä T, Engström B, Alfredson H. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2000;8(6):356-63.
- 26 Foss KDB, Thomas S, Khoury JC, Myer GD, Hewett TE. A School-Based Neuromuscular Training Program and Sport-Related Injury Incidence: A Prospective Randomized Controlled Clinical Trial. *J Athl Train*. 2018 Jan;53(1):20-28.
- 27 Jones PA, Herrington LC, Munro AG, Graham-Smith P. Is there a relationship between landing, cutting, and pivoting tasks in terms of the characteristics of dynamic valgus? *Am J Sports Med*. 2014 Sep;42(9):2095-102.
- 28 Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010 Feb;40(2):42-51.
- 29 Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2001 Jun;16(5):438-45.
- 30 Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med*. 2006 Mar;34(3):490-8.
- 31 Myer GD, Sugimoto D, Thomas S, Hewett TE. The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2013 Jan;41(1):203-15.
- 32 Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Musahl V, Karlsson J, Cugat R, Myer GD. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in sports. Part II: systematic review of the effectiveness of prevention programmes in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014 Jan;22(1):16-25

- 33 Pfile KR, Hart JM, Herman DC, Hertel J, Kerrigan DC, Ingersoll CD. Different exercise training interventions and drop-landing biomechanics in high school female athletes. *J Athl Train*. 2013 Jul-Aug;48(4):450-62.
- 34 Lopes TJA, Simic M, Myer GD, Ford KR, Hewett TE, Pappas E. The Effects of Injury Prevention Programs on the Biomechanics of Landing Tasks: A Systematic Review With Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2018 May;46(6):1492-1499
- 35 Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. A pilot study to determine the effect of trunk and hip focused neuromuscular training on hip and knee isokinetic strength. *Br J Sports Med*. 2008 Jul;42(7):614-9.
- 36 Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004 Jun;34(6):305-16.
- 37 Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res*. 2016 Nov;34(11):1843-1855.
- 38 Taylor JB, Waxman JP, Richter SJ, Shultz SJ. Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2015 Jan;49(2):79-87
- 39 Michaelidis M, Koumantakis GA. Effects of knee injury primary prevention programs on anterior cruciate ligament injury rates in female athletes in different sports: a systematic review. *Phys Ther Sport*. 2014 Aug;15(3):200-10.
- 40 Granan LP, Bahr R, Steindal K, Furnes O, Engebretsen L. Development of a national cruciate ligament surgery registry: the Norwegian National Knee Ligament Registry. *Am J Sports Med*. 2008 Feb;36(2):308-15.
- 41 Grimm NL, Shea KG, Leaver RW, Aoki SK, Carey JL. Efficacy and degree of bias in knee injury prevention studies: a systematic review of RCTs. *Clin Orthop Relat Res*. 2013 Jan;471(1):308-16.
- 42 Gagnier JJ, Morgenstern H, Chess L. Interventions designed to prevent anterior cruciate ligament injuries in adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2013 Aug;41(8):1952-62.
- 43 Donnell-Fink LA, Klara K, Collins JE, Yang HY, Goczalk MG, Katz JN, Losina E (2015) Effectiveness of knee injury and anterior cruciate ligament tear prevention programs: a meta-analysis. *PLoS One* 10(12):e0144063
- 44 Slauterbeck JR, Choquette R, Tourville TW, Krug M, Mandelbaum BR, Vacek P, Beynon BD. Implementation of the FIFA 11+ Injury Prevention Program by High School

Athletic Teams Did Not Reduce Lower Extremity Injuries: A Cluster Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* 2019 Oct;47(12):2844-2852.

45 Sugimoto D, Myer GD, Bush HM, Klugman MF, Medina McKeon JM, Hewett TE. Compliance with neuromuscular training and anterior cruciate ligament injury risk reduction in female athletes: a meta-analysis. *J Athl Train.* 2012 Nov-Dec;47(6):714-23.

46 Benjaminse A, Gokeler A, Dowling AV, Faigenbaum A, Ford KR, Hewett TE, OnateJA, Otten B, Myer GD. Optimization of the anterior cruciate ligament injury prevention paradigm: novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015 Mar;45(3):170-82.

47 Arundale AJH, Bizzini M, Giordano A, Hewett TE, Logerstedt DS, Mandelbaum B, Scalzitti DA, Silvers-Granelli H, Snyder-Mackler L. Exercise-Based Knee and Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018 Sep;48(9):A1-A42.

48 Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, Petersen W, Achtnich A. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018 Jan;138(1):51-61.

49 Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, Petersen W, Achtnich A. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018 Jan;138(1):51-61.