

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**STRENGTH FIRST: ALLENARE LA FORZA
PER PREVENIRE GLI INFORTUNI NEI GIOVANI ATLETI**

Relatore: Dott. Federico Gennaro

Laureando: Gabriele Sartore

N° di matricola: 2018249

Anno Accademico 2022/2023

Indice

Introduzione	3
Capitolo 1: LA FORZA NEI BAMBINI E ADOLESCENTI	7
Capitolo 2: LA FORZA A SCUOLA	15
Capitolo 3: FORZA, SPORT E PREVENZIONE INFORTUNI	21
Discussione	29
Bibliografia	33

Introduzione

L'American College of Sports Medicine (ACSM), ente di riferimento per le scienze motorie e sportive nonché per la medicina sportiva e la fisiologia dell'esercizio, redige dal 1975 delle linee guida sull'analisi e prescrizione dell'esercizio fisico. Nell'ultima edizione dell' "ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription" viene consigliata una dose minima di 30 minuti per cinque giorni alla settimana di attività aerobica d'intensità moderata in tutti i soggetti sani di età compresa tra i 18 e i 65 anni, oppure in alternativa 150 minuti settimanali della medesima attività cumulando diverse sessioni di allenamento. Inoltre consiglia di svolgere attività che mantengano o aumentino i livelli di forza e resistenza muscolare almeno per due giorni alla settimana. Da diversi anni l'ACSM include in questo documento una sezione unicamente dedicata a bambini e adolescenti; ad oggi viene raccomandata, ai soggetti di età compresa tra i 6 e i 17 anni, una dose di 60 minuti al giorno di attività aerobica d'intensità vigorosa o moderata, oppure in alternativa 300 minuti settimanali della medesima attività cumulando diverse sessioni di allenamento, oltre ad attività mirate di rinforzo muscolare e della struttura ossea per tre volte alla settimana.

L'allenamento della forza risulta versatile e usufruibile lungo quasi tutto il corso della vita di un individuo, offrendo un continuum di opportunità e benefici, come ad esempio l'aumento della funzione cardiorespiratoria (89), il miglioramento del senso di benessere psicofisico (33) e anche adattamenti a livello del sistema neuromuscolare (2).

Ad oggi, i sopracitati valori dell'allenamento per migliorare la forza muscolare sembrano non essere totalmente valorizzati all'interno dell'ambiente scolastico italiano. Infatti, le indicazioni riguardanti gli insegnamenti delle scienze motorie all'interno dei cicli d'istruzione primaria e secondaria di primo grado, si prefiggono obiettivi di natura perlopiù educativa e sociale, utilizzando invece le attività motorie e sportive più in senso lato, con un focus maggiormente orientato sulla "conoscenza

del sé” e “delle relazioni con l’ambiente, gli altri, gli oggetti” (59). In Italia, quindi, l’allenamento specifico di capacità condizionali, come suggerito dall’ACSM ad esempio nel caso della forza, rimane un argomento di competenza prevalentemente extrascolastica.

In ambito professionale, spesso si usa il termine anglosassone “Strength Training”, in riferimento alla metodica di allenamento fisico che mira ad aumentare le capacità condizionali della forza in generale. Una revisione approfondita in merito allo Strength Training non è l’obiettivo di questo lavoro, tuttavia ne verranno riassunti qui di seguito, brevemente, i concetti maggiormente rilevanti.

La forza muscolare viene generalmente descritta sia in ambito fisiologico, sia in ambito anatomico-funzionale. Nel primo caso, le unità motorie, caratterizzate da un motoneurone e dalle fibre muscolari da esso innervate, generano forza in seguito al fenomeno dell’Excitation-Contraction Coupling (ECC), definito dalla successione di eventi che permettono al potenziale d’azione generatosi sulle membrane cellulari di tradursi in tensione muscolare. Da un iniziale impulso nervoso si ottiene un potenziale d’azione, il quale si propaga lungo la membrana cellulare delle fibre muscolari, provocando l’aumento della concentrazione del calcio intracellulare. Gli ioni Ca^{2+} , una volta rilasciati dal reticolo sarcoplasmatico nel mioplasma, innescano delle reazioni che conducono alla transitoria attivazione dell’unità contrattile.

Invece, dal punto di vista funzionale, la forza viene associata alla capacità di uno specifico muscolo di vincere la resistenza di un carico esterno contro la forza di gravità, sviluppando una tensione muscolare.

La forza muscolare può manifestarsi, e pertanto caratterizzarsi, in diversi modi:

- Forza massimale, caratterizzata dal livello massimo di forza esprimibile contro una resistenza fissa o mobile attraverso una contrazione muscolare volontaria. Nella misurazione della forza massimale contro una resistenza mobile è più importante la quantità di forza espressa, a scapito della velocità di esecuzione del gesto;
- Forza esplosiva, caratterizzata dal rapporto tra l’espressione massimale di forza e l’intervallo di tempo impiegato per eseguire il gesto. Il prodotto tra la forza espressa e la velocità sviluppata determina la potenza meccanica massima che si può esprimere con quel determinato carico;
- Forza resistente, caratterizzata dalla capacità di mantenere un’espressione di forza submassimale per un tempo relativamente lungo, resistendo alla fatica

e evitando cali della performance. Questa espressione di forza si caratterizza per diversi fattori metabolici, e per diverse componenti relative alla fatica (sia centrale sia periferica);

- Forza rapida, caratterizzata dalla capacità di generare una forza submassimale nel più breve intervallo di tempo possibile. Durante l'esecuzione del movimento, è più importante la velocità del gesto, a scapito della resistenza superata.

Questo elaborato si prefigge di passare in rassegna la letteratura scientifica sull'utilizzo dell'allenamento della forza nei bambini ed il potenziale ruolo nella prevenzione degli infortuni nei giovani atleti. Verranno trattati argomenti relativi all'evoluzione della programmazione dell'attività motoria in ambito scolastico ed il ruolo rivestito (o no) dall'allenamento della forza. Verranno prese in esame, brevemente, anche le linee guida ministeriali sulla programmazione delle scienze motorie nella scuola italiana e verranno discussi i potenziali benefici dell'allenamento della forza nel contesto dello sport agonistico ed in ambito della prevenzione degli infortuni nei giovani atleti.

Questo lavoro può quindi rappresentare un prezioso contributo ed arricchimento della conoscenza esistente in ambito delle scienze motorie ed eventualmente fornire un ulteriore strumento di supporto per i professionisti ed educatori in ambito sportivo agonistico e in ambito scolastico.

Capitolo 1

LA FORZA NEI BAMBINI E ADOLESCENTI

L'allenamento di forza può avvenire con molteplici strumenti (come ad esempio corpo libero, pliometrie, esercizi sport-specifici, sovraccarichi etc.).

Di questi, i sovraccarichi sono spesso i più utilizzati o comunque maggiormente e comunemente associati all'allenamento della forza. Questo ha portato, nel corso degli anni, al consolidamento dell'accezione negativa dell'utilizzo dei sovraccarichi come strumento di allenamento, soprattutto quando utilizzati in età evolutiva.

Tale concezione si è evoluta a partire dagli anni '70, quando dei dati raccolti e analizzati dal National Electronic Injury Surveillance System (NEISS), ente subordinato alla Commissione per la Sicurezza dei Prodotti di Consumo degli Stati Uniti d'America, evidenziarono l'alto numero di infortuni durante l'allenamento con i sovraccarichi in palestra, soprattutto nel range di età tra i 10 e i 19 anni (29); altri studi che hanno alimentato questa teoria hanno rilevato il verificarsi di episodi di fratture epifisarie in giovani frequentatori della palestra, associandole alla potenziale compromissione della crescita (77).

All'interno degli studi sopracitati, le cause e le modalità degli infortuni riportati dai ragazzi sono state fornite dai loro genitori, i quali affermarono che la causa dei sinistri fosse riconducibile alla natura stessa degli esercizi proposti durante l'allenamento di forza (29). Questo fatto introduce la presenza di un "bias" nei risultati degli studi condotti, in quanto mancherebbero di oggettività nel definire il rapporto causa-effetto degli episodi d'infortunio.

Capitolo 1.1: Sintesi dell'articolo scientifico "Faigenbaum AD. Strength training for children and adolescents. Clin Sports Med. 2000"

Nelle ultime due decadi, sono state svolte diverse investigazioni relative a questo specifico contesto scientifico, al fine di approfondire la tematica dell'allenamento della forza nei bambini e negli adolescenti. Faigenbaum A.D. e colleghi (29) hanno raccolto risultati di molteplici studi per cercare di rispondere alla domanda riguardante la possibilità di allenare la forza muscolare nei giovani, elencandone gli eventuali vantaggi e svantaggi, oltre a stilare delle linee guida per l'allenamento con i pesi nell'età evolutiva. Gli autori di questo studio hanno fornito una panoramica dettagliata sull'utilizzo dello Strength Training in soggetti in età evolutiva, e si sono focalizzati, in particolare, sulla strutturazione della seduta di allenamento. Pertanto, hanno considerato la calibrazione dell'intensità e dei volumi di allenamento, per riesaminare l'affermazione secondo cui lo sviluppo di forza fosse strettamente legato alla maturazione sessuale e, di conseguenza, fosse possibile solamente una volta superata la pubertà (88). Uno studio pubblicato nel 1990 (73) ha documentato i risultati delle sedute di allenamento della forza in soggetti preadolescenti, evidenziando che, in venti settimane, i valori di forza espressi nelle distensioni con bilanciere su panca piana e nella pressa erano aumentati rispettivamente del 35% e del 22%. Nel 1993 lo stesso Faigenbaum ha valutato l'efficacia di diversi protocolli d'allenamento, utilizzando delle macchine di grandezza adattata all'altezza dei giovani utilizzatori, ottenendo aumenti nei valori di forza fino al 74%, sia in soggetti maschili che femminili (28). Questi risultati sembrerebbero suggerire che sia la metodologia di allenamento utilizzata, sia l'utilizzo di attrezzi di grandezza adatta all'utenza, permetterebbero degli adattamenti di forza quantificabili nei bambini e adolescenti; i potenziali guadagni di forza, inoltre, sembrerebbero poter essere relativamente maggiori se ottenuti durante il periodo dell'età evolutiva, rispetto ai guadagni di forza ottenuti nell'età adulta (71).

Nell'ambito giovanile, l'autore pone l'attenzione sui periodi di "detraining", una situazione di temporanea o permanente rinuncia agli allenamenti, dovuta a cause di infortunio, di viaggio o di scarsa motivazione. Nel 1999 Faigenbaum sottopone un gruppo di bambini e bambine ad un programma di allenamento della forza, della

durata di otto settimane, alle quali fa seguire un periodo forzato di detraining. I dati raccolti nelle settimane seguenti il detraining evidenziano valori di forza in diminuzione, con una velocità del 3% a settimana; inoltre è stato riscontrato che, durante lo stesso periodo di detraining, nemmeno il coinvolgimento in attività sportive, come calcio e pallacanestro, ha contribuito a mantenere i valori di forza iniziali (19).

Durante il periodo successivo ad un infortunio, i cambiamenti delle funzioni neuromuscolari sembrerebbero essere co-responsabili dello stato di detraining osservato nei bambini (29). Infatti l'aumento della forza nei bambini, in seguito ad un allenamento mirato, avviene prevalentemente grazie ad adattamenti del sistema nervoso centrale e periferico, come la maggiore attivazione, la coordinazione e il reclutamento delle unità motorie (73), senza generare adattamenti ipertrofici, a causa dei bassi livelli di androgeni circolanti nell'organismo (69).

Inoltre lo sviluppo della muscolatura dei bambini si delinea anche attraverso dei cambiamenti nella densità miofibrillare all'interno delle fibre muscolari e nell'efficienza dell'ECC che concorrono a spiegare gli adattamenti di forza osservati. L'autore promuove in seguito l'utilità dello Strength Training nel:

- **Migliorare l'architettura delle ossa** nei giovani (9), favorendone la mineralizzazione e il fisiologico rimodellamento¹ causato dallo stress meccanico esercitato sulle ossa durante gli esercizi.
- **Migliorare la composizione corporea**, combattendo il fenomeno dell'obesità infantile e riducendo i rischi di problemi cardiovascolari e l'insorgenza del diabete (68); uno studio del 1993 evidenzia la notevole riduzione dello spessore di pliche di grasso sottocutaneo in un gruppo di bambini, dopo aver completato un programma di otto settimane di allenamento della forza (28).
- **Curare aspetti psicosociali come l'autostima**, la concezione di sé stessi e del

¹ Dalla **legge di Wolff** si deduce che “cicli di tensione e compressione provocano piccoli potenziali elettrici che stimolano il deposito di matrice ossea e ne aumentano la densità in corrispondenza del punto di applicazione dello stress”; la **legge di Roux** afferma che “l'aumento delle forze pressorie porta alla formazione di un nuovo tessuto osseo, mentre la diminuzione e la mancanza di stimoli pressori porta alla formazione di tessuto osteoide”.

proprio corpo (23). L'autore precisa, tuttavia, che miglioramenti significativi nei parametri di fiducia personale si possono ottenere su lunghi periodi e per soggetti con bassi livelli di autostima in partenza (30).

Successivamente, viene trattato il tema del collegamento tra allenamento della forza e aumento della performance sportiva: l'ipotesi che un giovane atleta potesse ottenere risultati sportivi quantitativamente maggiori attraverso l'allenamento della forza non era supportata al tempo da sufficienti studi, a causa della complessità nel valutare la natura delle diverse abilità atletico-sportive (29).

L'autore evidenzia quindi il bisogno di ricerche più approfondite, supponendo che un programma di allenamento della forza ben strutturato non possa comunque avere risultati negativi, in quanto strumento di miglioramento della potenza, della resistenza e del benessere generale del giovane atleta.

Uno dei maggiori vantaggi di un allenamento della forza nella preparazione atletica risulta essere l'effetto preventivo sugli infortuni sportivi. L'autore rileva che in quel periodo si tendeva a strutturare programmi di allenamento volti prevalentemente allo sviluppo di abilità specifiche di uno sport piuttosto che al consolidamento di competenze neuromuscolari e motorie fondamentali, utili nel ridurre il rischio di infortunio (29). Questo fenomeno di "specializzazione sportiva" precoce, definito dalla pratica ripetitiva di una sola attività per lunghi periodi di tempo, potrebbe aumentare il rischio di infortuni nei giovani atleti: da piccoli e ripetuti microtraumi ad infortuni da sovraccarico, come ad esempio fratture da stress, tendiniti, borsiti (67). Uno studio pubblicato nel 1999 (56) suggeriva di evitare un'eccessiva specializzazione nello sport praticato fino ai 10 anni di età; questa affermazione fu supportata dai dati pubblicati dall'ACSM (78), che stimarono evitabile il 50% del numero degli infortuni da sovraccarico nei giovani, a patto di utilizzare allenamenti con maggiore enfasi sullo sviluppo di abilità motorie fondamentali.

Sembrerebbe essere infatti in linea con questa raccomandazione il punto di vista dell'autore, che tende ad incoraggiare gli allenatori a prendere in considerazione allenamenti di prevenzione infortuni nei giovani atleti, ponendo un accento sul miglioramento della forza, capacità aerobica e flessibilità, con il presupposto di ridurre la scarsa stabilità muscolare e la limitata mobilità articolare (38), ma anche accorciare le tempistiche di riabilitazione post-infortunio (39).

L'autore infine analizza le preoccupazioni legate all'allenamento della forza nei

giovani, allacciandosi all'indagine del NEISS, citata nella parte iniziale di questo capitolo. I dati raccolti e pubblicati in tale report rilevarono tra gli infortuni più frequenti episodi di distorsioni e stiramenti; nel catalogare tali infortuni, però, non furono specificati gli ambienti in cui avvennero, risultando pertanto assente la distinzione tra allenamenti ben calibrati e supervisionati, allenamenti con carichi eccessivi e allenamenti con supervisione assente o non qualificata (29). Inoltre, il rapporto sulle dinamiche di questi episodi venne compilato basandosi sulle testimonianze dei genitori, i quali supponevano che le cause degli infortuni dei figli fossero correlate agli esercizi di forza. Come riportato nell'introduzione del capitolo, questo punto introduceva un possibile "bias" nell'outcome dei questionari, limitando pertanto l'oggettività della relazione causa-effetto tra gli infortuni e tali esercizi.

Secondo Faigenbaum, risulterebbe più efficace avvalersi della letteratura scientifica per chiarire il tema sull'allenamento della forza nei bambini e negli adolescenti, valutandone i potenziali rischi e confrontandoli con quelli presenti negli sport praticati regolarmente dai giovani atleti (36). Una valutazione degli infortuni intercorsi durante allenamenti di forza, in un campione di giovani di età compresa tra i 13 e i 16 anni, evidenziò che quelle sedute risultavano all'apparenza più sicure rispetto ad allenamenti di sport comuni, come il calcio, la pallacanestro o il football (36). Inoltre, nonostante siano stati rilevati episodi di fratture epifisarie in soggetti adolescenti durante allenamenti di forza, le cause degli infortuni furono riconducibili principalmente a tecniche improprie di sollevamento dei sovraccarichi e mancanza di adeguata supervisione durante gli esercizi (12). Infatti, anche Micheli e colleghi, evidenziarono un minore rischio di frattura epifisaria nei bambini rispetto agli adolescenti, a causa di una maggiore resistenza delle articolazioni alle forze di taglio (57) e gli stessi autori affermarono che "... non ci sono ragioni di sicurezza giustificabili per precludere la partecipazione di bambini e adolescenti ad un programma di allenamento della forza ben strutturato (29)".

Faigenbaum, al termine del report analizzato in questo capitolo, stila delle linee guida sull'allenamento della forza nei giovani, avvalendosi anche delle raccomandazioni di autorità istituzionali del settore, come l'ACSM (20), l'American Academy of Pediatrics (1), l'American Orthopaedic Society of Sports Medicine (13) e la National Strength and Conditioning Association (27).

In generale, viene affermato che un bambino, a partire dai 6 anni (87), potrebbe già

seguire allenamenti di forza appositamente strutturati. Viene consigliato agli istruttori di porre l'attenzione dapprima sullo sviluppo della forma e della tecnica di una varietà di esercizi, usando carichi sottomassimali (29), e in seguito sull'importanza del divertimento, per stimolare un approccio positivo all'allenamento della forza e ad altre tipologie di esercizio fisico (11). Nella progressione degli allenamenti, si raccomanda ad allenatori e insegnanti di monitorare la capacità di ogni individuo di tollerare l'intensità degli esercizi proposti, soprattutto negli adolescenti in fase di rapida crescita fisica, in quanto soggetti maggiormente propensi a contrarre un infortunio da sovrautilizzo (58).

Secondo Faigenbaum, le aree di interesse fondamentali da considerare per strutturare un programma di allenamento della forza in bambini e adolescenti sono:

- 1. Qualità dell'istruzione.** I professionisti nel campo delle scienze motorie devono possedere le qualifiche per comprendere le linee guida e le misure di sicurezza dell'allenamento di forza in ambito giovanile. Lavorando con bambini e adolescenti, risulta importante stimolare il divertimento tra i partecipanti; spiegare e dimostrare chiaramente l'esecuzione degli esercizi; fornire feedback costruttivi riguardanti l'esecuzione degli esercizi. Inoltre è consigliato un rapporto di supervisione di un istruttore ogni dieci partecipanti (23).
- 2. Modalità di allenamento.** L'allenamento della forza nei giovani può avvalersi di diverse modalità, utilizzando per esempio esercizi con il peso corporeo, fasce elastiche, palle mediche, manubri, kettlebells, macchine isotoniche, etc. Il professionista dovrebbe valutare prima della programmazione degli allenamenti quale attrezzatura adottare, considerando fattori come i costi necessari e l'adattabilità degli attrezzi all'utenza. Pesi liberi (per esempio, manubri o kettlebells), fasce elastiche e palle mediche sono comunque delle tipologie di attrezzatura relativamente economica e utilizzabile da bambini e adolescenti con diversi livelli di abilità; in caso l'attrezzatura non fosse disponibile, può essere strutturato un programma di esercizi utilizzando il peso corporeo (29).
- 3. Scelta degli esercizi.** L'istruttore può far eseguire semplici esercizi monoarticolari, per dare un focus su uno specifico distretto muscolare; oppure può sottoporre esercizi multiarticolari, che richiedono l'azione coordinata di

diversi gruppi muscolari e compiti di equilibrio e stabilizzazione del corpo. Le alzate olimpiche², come lo “strappo” e il “sollevamento da terra con slancio”, possono essere inserite all’interno di un programma di allenamento della forza, a patto che un focus importante sulla tecnica e sull’utilizzo di carichi appropriati permetta agli atleti di beneficiare di questi esercizi (23). Un’ulteriore opzione è rappresentata dagli esercizi pliometrici, tra cui esercizi di salto, balzo e lancio, che associano, per definizione (14), la forza alla velocità di esecuzione del movimento, al fine di generare potenza. Un programma di preparazione fisica, finalizzato ad aumentare i livelli di performance di un giovane atleta e la sua resistenza all’infortunio, dovrebbe incorporare anche esercizi pliometrici, con adeguati volumi e intensità. (14). Inoltre, all’interno di un programma di allenamento dovrebbero essere integrati esercizi di rinforzo dei muscoli del tronco che supportano e stabilizzano la parte superiore e inferiore del corpo (il cosiddetto “core”), al fine di prevenire l’insorgenza di infortuni nella zona lombare: è importante per questo distretto corporeo allenare la forza dei muscoli con esercizi multidirezionali (ad esempio sit-up, estensioni del tronco, rotazioni del tronco), per rinforzare il tronco in ogni piano del movimento (29).

4. **Progressione.** La progressione e il “sovraccarico progressivo” sono principi fondamentali nell’allenamento della forza: per ottenere gli adattamenti di forza desiderati e dei cambiamenti nell’architettura anatomica del muscolo, l’intensità dello sforzo compiuto durante l’allenamento deve aumentare gradualmente nel tempo (29). Tuttavia, è necessario porre la precedenza allo sviluppo di una corretta tecnica di esecuzione degli esercizi prima di aumentare il carico, particolarmente se si tratta di bambini e adolescenti. Di norma, un aumento tra il 5% e il 10% del carico è ragionevole per la maggior parte degli esercizi (29).
5. **Valutazione.** Una modalità di valutazione della forza del giovane atleta è il metodo delle ripetizioni massimali (RM); una ripetizione massimale (1RM) è per definizione il carico che permette di eseguire, con una tecnica corretta, una

² Esercizi multiarticolari di difficoltà avanzata, che richiedono adeguati livelli di forza esplosiva, tecnica d’esecuzione e coordinazione motoria.

e una sola ripetizione di un certo esercizio. Valutare i cambiamenti della forza nei giovani utilizzando il test 1RM sembrerebbe essere sicuro, a patto che ci sia un supervisore competente e qualificato, dato che molti dei movimenti che i giovani effettuano durante attività sportive e ludiche sembrerebbero sottoporre i muscoli e le articolazioni a forze maggiori di quelle espresse un test massimale ben eseguito (29).

- 6. Strutturazione.** Secondo i dati raccolti (27) il miglior metodo per iniziare a programmare un allenamento di forza sarebbe quello di sottoporre esercizi con un carico moderato, tale da permettere l'esecuzione di un numero tra 10 e 15 ripetizioni, favorendo cambiamenti muscolari positivi e consentendo all'atleta e all'istruttore di apportare correzioni tecniche durante l'esecuzione della serie.

Capitolo 2

LA FORZA A SCUOLA

In Italia, la Legge di Bilancio L.234 del 30 dicembre 2021 ha introdotto l'insegnamento curricolare obbligatorio dell' "Educazione motoria" nella scuola primaria, inizialmente nelle sole classi quinte e successivamente nelle classi quarte, ad opera di docenti specialisti forniti di idoneo titolo di studio. Nel rispetto delle normative regionali e degli accordi tra le istituzioni educative locali e le autorità scolastiche, l'insegnamento delle scienze motorie nella scuola primaria è stato, fino ad oggi, spesso affidato alle competenze di un insegnante generalista, una figura specializzata nella didattica in grado di insegnare più materie ad un livello minimo richiesto.

Secondo le linee tracciate dal MIUR nelle "Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione" (59), l'insegnante di scuola elementare può agire nelle sue ore come ritiene opportuno, a patto che vengano raggiunti degli obiettivi formativi comuni con il resto degli insegnanti della stessa materia.

Estrapolando questo concetto e valutandolo nel contesto dell'allenamento della forza, questa strategia di condizionamento fisico potrebbe quindi essere introdotta sin dai primi anni di scuola, ad esempio adattandola al gioco ed inserendola in contesti di socialità e diversità, per contribuire inoltre a somministrare una dose sufficiente di attività fisica nei giovani, come riportato nelle indicazioni fornite dall'ACSM; questo, oltre a fornire un'alternativa all'interno della programmazione delle lezioni, potrebbe anche permettere nel tempo di rilevare dei miglioramenti in parametri quantitativi rispetto alla salute e la condizione fisica dei bambini, portando dei benefici che si possono riflettere anche fuori dal contesto scolastico.

Secondo l'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) nel biennio 2017/2018 sono circa

5 milioni e 30 mila i ragazzi tra i 3 e 17 anni che praticano nel tempo libero uno o più sport, ovvero il 59,4% della popolazione di riferimento e, nonostante l'afflusso alle società sportive sia lievemente calato a causa delle misure di sicurezza adottate nel periodo della pandemia COVID-19, in Italia il numero di ragazzi che praticano sport rimane in graduale aumento (45).

Capitolo 2.1: Sintesi dell'articolo scientifico "Foss, Kim D Barber et al. A School-Based Neuromuscular Training Program and Sport-Related Injury Incidence: A Prospective Randomized Controlled Clinical Trial. Journal of athletic training vol. 53,1 (2018)"

Uno studio del 2018 (33) svolto negli Stati Uniti si è posto l'obiettivo di indagare gli effetti di un programma di allenamento neuromuscolare, svolto in contesto scolastico, sull'incidenza degli infortuni in ambito sportivo agonistico. I dati raccolti prima dell'inizio dello studio pongono l'attenzione all'allenamento come mezzo per prevenire l'infortunio, al fine di minimizzare le noie fisiche dei ragazzi ma anche di alleggerire il peso economico delle spese mediche necessarie alla riabilitazione (34).

Le attività sportive agonistiche che sono state prese in considerazione sono state la pallacanestro, il calcio e la pallavolo, ovvero discipline in cui è possibile rilevare infortuni con un focus particolare su ginocchia e caviglie (42, 32); questo ha permesso di svolgere delle analisi statistiche speciali per infortuni che colpiscono queste due giunture, oltre alla rilevazione di infortuni generali definiti da parametri prescelti dalla commissione operativa.

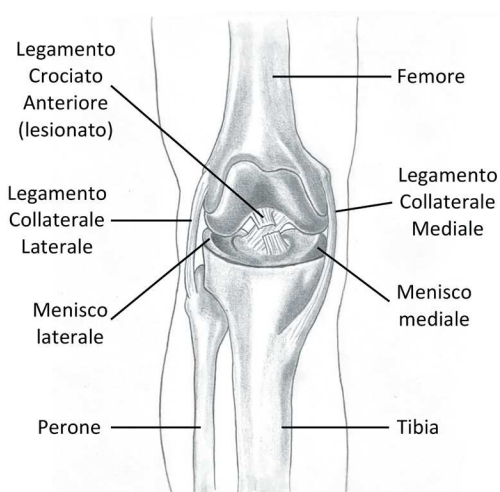
I partecipanti allo studio sono stati sottoposti ad esercizi che puntavano ad aumentare la forza muscolare, scegliendo come finestra temporale sperimentale i periodi della "pre-season" e della "in-season", ovvero le settimane che precedono l'avvento della competizione o stagione sportiva del rispettivo sport praticato e le sessioni di allenamento presenti tra una gara sportiva e l'altra, fino alla fine della stagione sportiva. I partecipanti allo studio sono stati continuamente monitorati da personale esperto, che ha verificato l'adesione dei soggetti al programma di allenamento assegnato.

Nonostante il rischio di infortunio sia presente sia per gli atleti, sia per le atlete, in questo studio sono stati reclutati solo ed esclusivamente soggetti femminili. Questa scelta è stata basata sul fatto che il rischio di avere una lesione al legamento crociato anteriore del ginocchio, come illustrato nella Figura 1, risulta essere 10 volte maggiore nelle atlete donne rispetto agli atleti uomini (42), e pertanto un gruppo sperimentale misto sarebbe stato disomogeneo. Successivamente, i partecipanti sono stati randomizzati e divisi in due gruppi con protocolli di allenamento differenti: il gruppo CORE ha seguito un programma di allenamento di forza neuromuscolare, consistente in esercizi con balzi, movimenti del tronco, dell'anca, affondi e pliometrie, con target specifico quindi sugli arti inferiori e sul tronco, mentre il gruppo SHAM ha seguito un protocollo di allenamento centrato sulla corsa contro resistenza servendosi di bande elastiche. Entrambi i gruppi hanno svolto sessioni

di allenamento della durata di 20-25 minuti per tre volte alla settimana, nel periodo della pre-season, riducendo successivamente il volume dell'allenamento a 10-15 minuti per due volte alla settimana nel periodo in-season. I dati sugli infortuni sono stati rilevati solamente in sessioni che, per essere ritenute valide, dovevano includere la compresenza dell'atleta e di un allenatore specializzato durante un allenamento o gara sportiva. Questo anche per sottolineare l'importanza della supervisione di un preparatore atletico competente, anche in termini di sicurezza.

I risultati hanno dimostrato come il gruppo CORE abbia beneficiato del programma di allenamento neuromuscolare nel ridurre l'incidenza di infortuni rispetto al gruppo SHAM, registrando la presenza di un infortunio nel 31% delle atlete CORE contro il 45% del gruppo SHAM. In totale, il gruppo CORE ha registrato 107 infortuni mentre il gruppo SHAM ne ha registrati 134, evidenziando una riduzione nel tasso di infortuni di 1.6 volte maggiore nel gruppo CORE, con un'assoluta riduzione fino

Figura 1: lesione del legamento crociato anteriore, visione anteriore del ginocchio destro (una volta rimossa la capsula articolare).



al 0,0032% per ogni seduta d'allenamento.

Gli infortuni al ginocchio inoltre hanno beneficiato maggiormente dell'effetto protettivo del programma CORE, soprattutto nei soggetti delle scuole medie, con un tasso di incidenza nettamente inferiore rispetto al protocollo SHAM; mentre, per i casi di infortuni alle caviglie non sono state evidenziate particolari differenze tra le due strategie di allenamento.

Nelle analisi statistiche sulla pallacanestro, è stata rilevata una riduzione degli infortuni più pronunciata nei soggetti CORE delle scuole superiori, con una percentuale d'infortunio del 26% rispetto al 57% del gruppo SHAM ($p = 0.006$); infine, tra i soggetti delle scuole medie l'incidenza non è risultata significativamente diversa ($p = 0.33$).

Nella pallavolo è stato invece osservato il contrario, ovvero una maggiore riduzione degli infortuni tra i soggetti delle scuole medie, con percentuali d'infortunio del 20% nel gruppo CORE e del 65% nel gruppo SHAM ($p = 0.002$); i dati raccolti tra i soggetti delle scuole superiori che praticavano pallavolo ipotizzarono comunque un effetto preventivo positivo del protocollo CORE.

Per quanto concerne invece gli infortuni nel calcio è risultata doverosa una particolare considerazione. Infatti, dal momento che il calcio non faceva parte del programma scolastico proposto agli studenti e giovani atleti reclutati per questo studio, questo specifico campione non è risultato abbastanza numeroso per l'analisi statistica. Seppur questa motivazione non abbia permesso di effettuare test statistici inferenziali che si possano considerare completamente affidabili, è stato comunque osservato come non sia presente nessuna differenza statisticamente significativa nell'occorrenza degli infortuni in ambito calcistico tra le giovani reclutate per questo studio, essendo stata riportata un'incidenza nel gruppo CORE del 30% e nel gruppo SHAM del 34% ($p = 0.49$).

In conclusione, dai dati raccolti si può notare come un programma di allenamento neuromuscolare vada potenzialmente a colmare deficit di forza nelle giovani atlete con un ridotto controllo del tronco e dell'anca, rendendolo un intervento consigliabile per soggetti ad alto rischio di infortunio al legamento crociato anteriore del ginocchio (62). Il programma è stato strutturato infatti in seguito alla revisione di una video analisi sulle lesioni al legamento crociato anteriore (41), che individuava le più frequenti modalità d'infortunio in episodi di incontrollate flessioni laterali del tronco e in cedimenti mediali della posizione del ginocchio.

Per minimizzare il numero degli infortuni, i dati suggeriscono di somministrare un programma di allenamento neuromuscolare già in giovane età (66), per avere la possibilità di sfruttare il potenziale ricettivo dei bambini e adolescenti nel sviluppare adattamenti neuromotori in un periodo antecedente al periodo di picco degli infortuni (64).

Capitolo 3

FORZA, SPORT E PREVENZIONE INFORTUNI

Nei capitoli precedenti sono stati esaminati i motivi che portano a consigliare l'allenamento della forza durante l'età evolutiva, anche all'interno del contesto scolastico. L'educazione motoria oggi rappresenta uno dei mezzi a disposizione della persona per imparare a conoscere il corpo nelle sue funzioni e potenzialità; nelle ore dedicate alle scienze motorie, gli alunni possono spaziare tra attività libere di gioco ed esercizi fisici e mentali più strutturati, atti a sviluppare competenze e adattamenti neuromuscolari diversificati.

Oltre a fruire di un programma di apprendimento motorio in contesto scolastico, sembra importante per i giovani coltivare e consolidare conoscenze neuromotorie anche al di fuori della scuola, al fine di ricevere stimoli sufficienti in termini di volume e intensità per mantenere e migliorare adattamenti di forza, così come consigliato anche dall'ACSM. La pratica di uno sport in modo continuativo nei giovani, così come riportato dalle indagini sugli "*Aspetti della vita quotidiana*"³ svolte dall'ISTAT e aggiornate al 2022, si manifesta con una percentuale che non scende sotto il 50,1% per i soggetti di età compresa tra i 6 e i 18 anni, con valori maggiori nei maschi. In Italia, quindi, lo sport contribuirebbe potenzialmente a svolgere la dose di attività fisica consigliata dall'ACSM.

³ ISTAT (2021), Indagini Multiscopo sulle famiglie.

Capitolo 3.1: Sintesi dell'articolo scientifico "Zwolski, Christin et al., Resistance Training in Youth: Laying the Foundation for Injury Prevention and Physical Literacy. Sports health vol. 9,5 (2017)"

Zwolski e colleghi (91), tenendo conto delle posizioni dell'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) (90), del Comitato Olimpico Internazionale (CIO) (8) e della National Strength and Conditioning Association (NSCA) statunitense (50), raccolgono informazioni rilevanti e delincono lo spettro delle situazioni di attività fisica nei giovani, il quale risulta essere delimitato dalle seguenti condizioni: da un lato vi sono giovani che svolgono una vita sedentaria, spesso impossibilitati ad avere un'educazione motoria e con alto rischio di sviluppare patologie come obesità o diabete (31); dall'altro vi sono giovani che svolgono molta attività fisica, praticando uno sport specifico e specializzandosi prematuramente in questo, con il rischio di incorrere in infortuni da sovraccarico o sindrome da "burnout" (46).

I dati evidenziano delle crescenti preoccupazioni rispetto al numero di infortuni da sovraccarico, con percentuali di casi che oscillano dal 45,9% al 54,0% tra bambini e adolescenti (17); questo proprio a causa di un programma di allenamento sport-specifico eccessivo in volume e intensità, senza che venga data possibilità di recupero funzionale (46).

Non ci sono invece dati consistenti sull'incidenza di infortuni nello sport dovuti ad un insufficiente livello di attività fisica o ad un'inadeguata preparazione atletico-sportiva, chiamati infortuni da "underuse" (17); i soggetti che incorrono in questa tipologia di infortunio possono risultare spesso affetti da "Exercise Deficit Disorder", un disturbo definito da bassi livelli di attività fisica, in assenza di cure o trattamenti medicinali.

Meritano delle considerazioni più approfondite, invece, le giovani ragazze in fase di sviluppo: a prescindere dal livello di attività fisica posseduto, le ragazze sono soggette a meccanismi di infortunio diversi rispetto ai coetanei maschi, a causa di fattori biomeccanici, anatomici e ormonali propri del genere femminile (44). Dati provenienti da un centro medico pediatrico mostrano come gli infortuni da sovraccarico siano maggiori nelle ragazze (63%) rispetto ai ragazzi (40%) (82); lo stesso discorso è valido per le lesioni del legamento crociato anteriore del ginocchio, che si presentano con maggiori percentuali nelle adolescenti (85). L'aumento di

massa muscolare e lo spostamento del centro di massa, durante il periodo puberale femminile, sembrano non essere accompagnati da adattamenti di forza e potenza, come invece avviene nei soggetti maschili (65): questo squilibrio sembrerebbe causare deficit di forza negli arti inferiori, predisponendo le ragazze ad un minore controllo neuromuscolare dei gesti motori ed atletico-sportivi, oltre che ad un maggior rischio d'infortunio a livello delle estremità inferiori del corpo (72).

L'allenamento della forza potrebbe quindi rappresentare una potenziale strategia di promozione dell' "alfabetizzazione fisica" (3) in bambini e adolescenti, sollecitandoli a svolgere regolarmente attività motorie ad intensità medio-alta, con il conseguenziale potenziale aumento dei livelli di forza muscolare (6), potenza (37), resistenza (35), equilibrio dinamico (18) e flessibilità (61). Questi adattamenti potrebbero inoltre avere un effetto preventivo sugli infortuni sportivi (24). Infatti, i dati raccolti da una meta-analisi sugli infortuni di bambini e adolescenti confermano che lo Strength Training riduce la percentuale degli infortuni sportivi acuti (come ad esempio distorsioni, strappi muscolari, contusioni etc.) e da sovrautilizzo (48).

Le attività relative alla partecipazione ad uno sport, con i suoi allenamenti specifici, sembrano non essere sufficienti a colmare la dose di attività fisica ad alta intensità nei giovani consigliata dall'ACSM, alla luce anche del dato che vede gli atleti inattivi per il 55% del tempo delle sessioni di allenamento, per ricevere istruzioni verbali dall'allenatore (49). Inoltre, una limitazione alla pratica dello sport esercitato ha fatto decadere l'interesse e il coinvolgimento in attività fisiche alternative e giochi liberi (21), importanti invece in ambito sportivo per acquisire abilità motorie diverse e sviluppare una mentalità creativa (24).

Per questo, un programma di allenamento multidisciplinare della forza potrebbe garantire l'apprendimento di diverse abilità motorie prima della pubertà (49), oltre a rimediare potenzialmente a deficit di forza muscolare in soggetti sedentari (22) e promuovere l'alfabetizzazione fisica di atleti prematuramente specializzati in un solo sport (51).

In accordo quindi con le opinioni del Comitato Olimpico Internazionale, che sottolinea il bisogno urgente di allenamenti che curino la fitness muscolare e il benessere generale dei giovani atleti per mantenere alti livelli di performance durante l'adolescenza e l'età adulta (8), l'allenamento della forza andrebbe visto come una parte complementare e non aggiuntiva del programma di allenamento sport-specifico (51).

Nella prescrizione degli esercizi durante una seduta di allenamento, è stata dimostrata una correlazione positiva tra lo sviluppo di specifiche abilità motorio-sportive e l'intensità degli esercizi sottoposti, individuando nel range tra il 60% e l'80% dell'1RM i maggiori miglioramenti nella performance di salto, di corsa e di lancio (6). Lo schema standard di una seduta di allenamento, con il potenziale più alto di adattamenti muscolari nei giovani, consiste in 6-8 esercizi, da eseguire per 2-3 serie di 8-15 ripetizioni, con carichi oscillanti tra il 60% e l'80% di 1RM (7). Gli autori concludono le discussioni con uno sguardo alle attività neuromuscolari proposte all'interno dell'ambiente scolastico: il potenziale di un programma scolastico di allenamento della forza risiederebbe nella possibilità di poter promuovere uno stile di vita attivo in tutti gli studenti, e contrastare, durante gli anni scolastici, il declino dei livelli di fitness rilevati tra i giovani (21). Degli studi olandesi (16) hanno riportato un declino degli infortuni sportivi nei bambini, a seguito di allenamenti sulla forza eseguiti in contesto scolastico. Questo rafforza l'idea che integrare programmi di aumento della forza muscolare all'interno delle ore scolastiche dedicate alle scienze motorie possa aiutare a garantire a bambini e adolescenti gli effetti benefici di una sufficiente dose di attività fisica, con la supervisione di insegnanti competenti e qualificati (63).

Capitolo 3.2: Sintesi dell'articolo scientifico "Read, Paul J., Jon L. Oliver, and Rhodri S. Lloyd. "Seven pillars of prevention: Effective strategies for strength and conditioning coaches to reduce injury risk and improve performance in young athletes." *Strength & Conditioning Journal* 42.6 (2020)"

Tra i compiti che i preparatori atletici si trovano a dover eseguire, con la gestione delle sessioni di allenamento, vi sono il miglioramento della performance atletico-sportiva degli atleti e la contestuale preservazione della loro salute fisica. Con soggetti in età di sviluppo, questo compito diventa ancora più delicato, in quanto una rapida crescita muscolare e scheletrica può tradursi in cali dei livelli di performance ed incremento del rischio d'infortunio.

Nonostante sia stata scientificamente verificata l'efficacia dei programmi di prevenzione infortuni, una mancanza di adesione agli stessi potrebbe compromettere

l'effetto desiderato (80). In un articolo pubblicato dalla NSCA (75) vengono stilate delle linee guida atte a massimizzare la partecipazione agli allenamenti da un lato e minimizzarne gli impedimenti logistici dall'altro, col fine ultimo di ridurre il rischio infortuni e migliorare la performance sportiva nei giovani atleti.

In tale articolo, la NSCA struttura "i sette pilastri" (come rappresentato nella Figura 2) della prevenzione degli infortuni sportivi:

- 1. Analizzare i bisogni.** Un programma di allenamento ben disegnato deve tenere in considerazione la natura dello sport praticato, ovvero le caratteristiche biomeccaniche dei movimenti, i metabolismi fisiologici prevalenti, l'epidemiologia e i meccanismi più frequenti d'infortunio (4). Inoltre deve valutare le caratteristiche intrinseche degli atleti, come il loro stato di maturazione, i fattori dipendenti dal sesso e le competenze tecniche di partenza (52).
- 2. Monitorare la rapidità della crescita.** Rilevamenti periodici di misure antropometriche degli atleti, come statura e indice di massa corporea (BMI), risultano efficaci nel predire occasioni d'infortunio (47), permettendo di ricalibrare i volumi d'allenamento ed individuare i soggetti più fragili. Importante ricordare che il picco di crescita in altezza si manifesta generalmente 6-12 mesi prima del picco di crescita del peso (54) e 1.2-1.6 anni prima del picco di maturazione ossea (55). Questo permette di capire facilmente come gli scompensi muscolo-scheletrici possano destabilizzare temporaneamente le capacità motorie dell'atleta. Viene consigliato dunque ai preparatori di sottoporre un programma che eviti pattern inadeguati di movimenti ripetitivi e promuova uno sviluppo generale del movimento e della forza.
- 3. Ottimizzare il rapporto dose-risposta.** Programmare allenamenti di forza con adeguata frequenza, intensità, volume ed inclusione di allenamenti sport-specifici risulterebbe essere utile al fine di combattere l'insorgenza di infortuni nei giovani atleti, con una riduzione totale del rischio infortuni del 42% (81). Viene valorizzata la tecnica del "microdosing", che garantisce adattamenti efficaci con brevi allenamenti ad alta intensità e ridotto volume, da svolgere con frequenza maggiore possibile in base ai periodi della competizione; in pre-

season, tuttavia, sono consigliati maggiori volumi d'allenamento e maggiore differenziazione nella selezione degli esercizi, per evitare allenamenti monotoni e per utilizzare sovraccarichi progressivi. Viene raccomandato inoltre di integrare esercizi che aumentino sia la performance, sia la resistenza agli infortuni anche in fasi della pratica sportiva non esclusivamente dedicate alla prevenzione, come ad esempio nel riscaldamento pre-gara (76).

4. **Usare modalità di allenamento efficaci.** Somministrare programmi di allenamento della forza sia pre-season che in-season è fondamentale per mantenere gli adattamenti neuromotori ottenuti, in quanto quest'ultimi sono transitori e la repentina assenza di stimoli sufficienti di attivazione muscolare può portare a stati di detraining, soprattutto per sport che non prevedono lo sviluppo di vari schemi motori (63). Le tecniche che hanno dimostrato una minore incidenza di infortuni gravi o da sovraccarico (79) comprendono allenamenti di forza, equilibrio e salto; in particolare l'uso di esercizi pliometrici (76) e l'allenamento con i sovraccarichi (84) sembrano essere le metodiche più utili nella prevenzione infortuni.
5. **Iniziare durante l'infanzia.** Sembra doveroso massimizzare le possibilità di fornire insegnamenti neuromotori a partire dall'infanzia, periodo di maggiore plasticità neurale e di sviluppo fisiologico del sistema neuromuscolare (10), allo scopo di prevenire il rischio dell'insorgenza di infortuni e ridurre le possibilità di sviluppare deficit neuromuscolari (24). Un preparatore atletico specialista nel campo delle attività motorie adattate all'età evolutiva dovrebbe prendere in considerazione la possibilità di strutturare un programma di allenamento che abbia come focus lo sviluppo delle competenze atletico-motorie e la loro traslazione in gesti motori sport-specifici (75).
6. **Stratificare i rischi.** La prescrizione di esercizi personalizzati sembra avere ottimi risultati in termini di riduzione del rischio infortuni, anche quando applicati in un contesto di allenamento di un gruppo di atleti, e quindi non solo in un contesto di sport individuali (43). Uno studio del 2016 ha proposto l'uso di un modello gerarchico per monitorare sistematicamente il profilo di rischio di un atleta oppure di un gruppo di giovani atleti, integrando fattori di rischio,

selezione di specifici test di controllo e lo sviluppo di strategie d'allenamento personalizzate (74).

- 7. Migliorare l'adesione.** Uno studio pubblicato dalla British Association of Sport and Exercise Medicine (80) ha evidenziato come una maggiore adesione ai programmi di prevenzione degli infortuni, congiuntamente all'impiego di preparatori fisici specializzati ed esperti, possa contribuire a ridurre notevolmente l'incidenza di infortuni nei giovani atleti. Tuttavia, è importante saper riadattare i programmi consigliati per la prevenzione degli infortuni per renderli più piacevoli e favorire l'adesione agli stessi. Sta al preparatore atletico saper essere creativo, motivare gli atleti e coinvolgerli maggiormente nei programmi di prevenzione degli infortuni, mantenendo l'efficacia dell'allenamento al fine di ridurre gli stessi e migliorare la performance sportiva degli atleti (75).



Figura 2: i sette pilastri della prevenzione degli infortuni, secondo la National Strength and Conditioning Association.

Discussione

Da oltre vent'anni gli studiosi e le organizzazioni di settore, come l'ACSM, hanno affermato che i giovani possono affrontare in sicurezza allenamenti strutturati che aumentino i livelli di forza muscolare.

Le perplessità e le preoccupazioni nate nella seconda metà del XX secolo sulla possibilità di utilizzare questa tipologia di allenamento anche nei più giovani sono state opportunamente considerate e valutate; i dati hanno evidenziato come i rischi per la salute nell'età evolutiva non derivino dalla modalità di allenamento in oggetto, incluso lo Strength Training, ma piuttosto dalla specializzazione dei professionisti del settore e dalla strutturazione dei programmi di allenamento che tengano in considerazione le evidenze scientifiche più recenti.

L'allenamento della forza viene considerato come un mezzo per svolgere specifiche tipologie di attività fisica, con il potenziale di offrire una vasta gamma di benefici se utilizzato con criterio e di condurre all'insorgenza di infortuni se utilizzato senza consapevolezza.

Le linee guida stipulate da Faigenbaum nel 2000 rappresentano un valido ausilio per permettere ai professionisti del settore di poter allenare i giovani in maniera consapevole, fornendo alla comunità scientifica un'ampia visione dei punti di forza e dei punti di debolezza della costituzione anatomico-funzionale dei ragazzi che si accingono ad affrontare un percorso di miglioramento della forza muscolare.

Nel 2020, viene pubblicato un report dall'American Academy of Pediatrics firmato anche dallo stesso Faigenbaum (83). Molti dei concetti trattati all'interno dell'articolo di Faigenbaum del 2000 (29) vengono confermati e rielaborati all'interno di questo report ed è interessante notare come, a distanza di vent'anni, le iniziali preoccupazioni riguardanti lo Strength Training nell'età evolutiva siano cambiate radicalmente. I timori degli studiosi nel 2020 si sono concentrati sull'andamento negativo dei valori di fitness muscolare nei giovani di popolazioni provenienti da diverse parti del mondo (dagli Stati Uniti all'Europa), portando la comunità

scientifico ad interrogarsi sulla pericolosità che l'assenza dell'allenamento della forza potrebbe avere sulla crescita dei bambini del futuro. Infatti, in uno degli studi esaminati in tale report è stato mostrato come i livelli di forza muscolare di bambini di 10-11 anni, rilevati attraverso test specifici quali Handgrip Test, Standing Long Jump (SLJ) e Bent-Arm Hang, e misurati in un arco temporale di 10 anni, siano significativamente diminuiti (15). Simili risultati sono stati osservati in ulteriori studi svolti in paesi diversi, come Canada (86) e Spagna (60). Nonostante i dati dello studio inglese non fossero giustificati da rilevamenti dei valori di statura, peso e metabolismo basale, il trend negativo della forza nei bambini sembra essere evidente e apparentemente collegato a cambiamenti socio-economici, alla quantità di attività fisica svolta e al crescente tasso di sedentarietà (70).

Tra i punti chiave del report del 2020 (83), spicca una raccomandazione in particolare: "È importante incorporare allenamenti della forza all'interno delle ore scolastiche di educazione fisica e dei programmi di preparazione sportiva giovanile, per migliorare la forza muscolare, ridurre il rischio di infortuni da sovraccarico e stimolare un maggiore interesse verso questa tipologia di esercizio." In aggiunta agli argomenti trattati nel 2000 da Faigenbaum, viene considerata importante la necessità di applicare le competenze sugli allenamenti di forza all'interno dell'ambito scolastico, per insegnare, già ai bambini delle scuole elementari, una varietà di movimenti utili allo sviluppo neuromuscolare. I vantaggi che possono scaturire da un'integrazione dei programmi di forza all'interno delle ore di educazione motoria sono già stati trattati nei capitoli 2.1 e 3.1; in particolare, è stato evidenziato il potenziale dello Strength Training a scuola, per contribuire ad assicurare ai giovani la dose minima settimanale di attività fisica raccomandata dall'ACSM e, allo stesso tempo, a prevenire l'insorgenza di infortuni. Riguardo agli infortuni inoltre, la NSCA aggiunge agli strumenti a disposizione del professionista delle scienze motorie una lista di procedure base da seguire per migliorare la performance e ridurre gli infortuni dei giovani atleti, al fine di creare una guida versatile e facilmente adattabile a contesti sportivi diversi.

All'interno del contesto scolastico italiano, a fronte della numerosa partecipazione giovanile ad attività sportive rilevata dai dati ISTAT, non sembrano esserci prove concrete di provvedimenti riguardo l'incorporazione di insegnamenti legati allo sviluppo della forza in bambini e adolescenti.

Le direttive emanate e gli obiettivi prefissati all'interno delle indicazioni ministeriali

denotano un approccio neutro alla questione: lo sviluppo neuromotorio dell'alunno è inserito in un contesto in cui è fondamentale insegnare a "stare bene con sé stessi" e consolidare uno stile di vita sano; ad accettare la crescita e la maturazione del corpo; a relazionarsi con di un gruppo di pari, sviluppando i valori umani, civili e ambientali del futuro cittadino del mondo (59). Questo approccio giustifica forse il fatto che, anche dopo la legge di Bilancio 234/2021, si parli di "educazione" motoria e non di "scienze" motorie, in quanto il Ministero ritiene che, in qualità di educatore, l'insegnante debba puntare su insegnamenti finalizzati all'educazione socio-culturale ed inclusiva della persona piuttosto che su insegnamenti che permettano di aumentare nel tempo i livelli di fitness del bambino.

Alla luce dei dati che sottolineano il crescente numero di giovani coinvolti in attività sportive e allo stesso tempo il trend negativo dei valori di fitness muscolare, sono stati revisionati articoli scientifici che analizzano l'allenamento della forza e ne evidenziano il valore come strumento di prevenzione e cura della salute nei giovani: i bambini e gli adolescenti sembrerebbero poter essere in grado di seguire un programma di allenamento della forza con i relativi potenziali benefici dal punto di vista neuromuscolare ed imparare a padroneggiare già a scuola una varietà di gesti motori, utili anche a migliorare le prestazioni sportive ed evitare con maggiore probabilità gli infortuni intercorsi durante la partecipazione sportiva presente, e potenzialmente anche futura.

Tuttavia, sembrerebbero essere assenti anche in Italia, specifiche disposizioni che permettano ai professionisti delle scienze motorie di monitorare, con un approccio longitudinale, i miglioramenti dei valori di forza nel corso della carriera scolastica di un bambino e registrare, quindi, l'effettiva efficacia dell'utilizzo delle metodologie di allenamento di cui si è discusso nei capitoli precedenti.

Un esempio positivo di monitoraggio della fitness all'interno dell'ambiente scolastico è individuabile in Slovenia: il Laboratorio per la Diagnostica dello Sviluppo Somatico e Motorio della facoltà di Scienze Motorie dell'Università di Lubiana è a capo del progetto "SLOfit", un'iniziativa attiva dagli anni '80 all'interno delle scuole slovene. Esattamente dal 1982, questo progetto permette agli insegnanti di educazione fisica di monitorare i livelli di salute fisica degli studenti; il progetto si è poi allargato, estendendone l'utilizzo anche in soggetti adulti e anziani, e dal 2018, con l'integrazione dell'app "My SLOfit", gli insegnanti e gli istruttori di scienze motorie possono elaborare i dati raccolti in report personali e scolastici, che

vengono forniti in seguito a un team di ricercatori, per predire lo sviluppo fisico, i rischi per la salute e lo stato di forma della popolazione slovena. “SLOfit” diventa così il primo sistema di monitoraggio della fitness del cittadino presente in Europa. Gli utilizzatori di questo sistema ipotizzano che questo possa anche contribuire alle prestazioni atletiche future degli atleti sloveni. Infatti, dati specifici sulla salute e livello motorio-sportivo dell’atleta possono rappresentare un importante ausilio al preparatore atletico, che può quindi strutturare, anche in itinere, un programma di allenamento personalizzato, adattando le sessioni sulle esigenze dei singoli atleti e riducendo così il rischio di infortuni.

Bibliografia

1. American Academy of Pediatrics Committee on Sports Medicine: *Strength training, weight and power lifting, and body building by children and adolescents*. (1990). *Pediatrics*, 86(5), 801–803.
2. Arendt, E., & Dick, R. (1995). *Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature*. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(6), 694–701.
3. Aspen Institute (2015). *Physical Literacy in the United States: A Model, Strategic Plan, and Call to Action. Project Play*. Sports & Society Program. Washington, DC.
4. Bahr, R., Clarsen, B., & Ekstrand, J. (2018). *Why we should focus on the burden of injuries and illnesses, not just their incidence*. In *British journal of sports medicine* (Vol. 52, Issue 16, pp. 1018–1021).
5. Bayles, M. P. (2023). *ACSM's exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
6. Behringer, M., Vom Heede, A., Matthews, M., & Mester, J. (2011). *Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis*. *Pediatric Exercise Science*, 23(2), 186–206.
7. Behringer, M., Vom Heede, A., Yue, Z., & Mester, J. (2010). *Effects of resistance training in children and adolescents: a meta-analysis*. *Pediatrics*, 126(5), e1199-210.
8. Bergeron, M. F., Mountjoy, M., Armstrong, N., Chia, M., Côté, J., Emery, C. A., Faigenbaum, A., Hall, G. J., Kriemler, S., Léglise, M., Malina, R. M., Pensgaard, A. M., Sanchez, A., Soligard, T., Sundgot-Borgen, J., van Mechelen, W., Weissensteiner, J. R., & Engebretsen, L. (2015). *International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development*. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 843–851.
9. Blimkie, C. J. R., Rice, S., Webber, C. E., Martin, J., Levy, D., & Gordon, C. L. (1993). *266 effects of resistance training on bone mass and density in*

- adolescent females*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(5), S48.
10. Borms, J. (1986). *The child and exercise: an overview*. *Journal of Sports Sciences*, 4(1), 3–20.
 11. Borra, S. T., Schwartz, N. E., Spain, C. G., & Natchipolsky, M. M. (1995). *Food, physical activity, and fun: inspiring America's kids to more healthful lifestyles*. *Journal of the American Dietetic Association*, 95(7), 816–823.
 12. Brady, T. A., Cahill, B. R., & Bodnar, L. M. (1982). *Weight training-related injuries in the high school athlete*. *The American Journal of Sports Medicine*, 10(1), 1–5.
 13. Cahill, B. R. (1988). *Proceedings of the Conference on Strength Training and the Prepubescent*. The Society.
 14. Chu, D., & Jordan, P. (1996). *Plyo Play for Kids*. Ather Publishing Company. Castro Valley, CA.
 15. Cohen, D., Voss, C., Taylor, M., Delextrat, A., Ogunleye, A., & Sandercock, G. (2011). *Ten-year secular changes in muscular fitness in English children*. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, 100(10), 175–177.
 16. Collard, D. C. M., Verhagen, E. A. L. M., Chinapaw, M. J. M., Knol, D. L., & van Mechelen, W. (2010). *Effectiveness of a school-based physical activity injury prevention program: a cluster randomized controlled trial*. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 164(2), 145–150.
 17. DiFiori, J. P., Benjamin, H. J., Brenner, J. S., Gregory, A., Jayanthi, N., Landry, G. L., & Luke, A. (2014). *Overuse injuries and burnout in youth sports: a position statement from the American Medical Society for Sports Medicine*. *British Journal of Sports Medicine*, 48(4), 287–288.
 18. DiStefano, L. J., Padua, D. A., Blackburn, J. T., Garrett, W. E., Guskiewicz, K. M., & Marshall, S. W. (2010). *Integrated injury prevention program improves balance and vertical jump height in children*. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 332–342.
 19. Faigenbaum, A. D., Westcott, W. L., Loud, R. L., & Long, C. (1999). *The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children*. *Pediatrics*, 104(1), e5.
 20. Faigenbaum, A., & Micheli, L. (1998). *Current comment on youth strength training*. American College of Sports Medicine: Indianapolis, IN, USA.
 21. Faigenbaum, A. D., Farrell, A. C., Fabiano, M., Radler, T. A., Naclerio, F.,

- Ratamess, N. A., Kang, J., & Myer, G. D. (2013). *Effects of detraining on fitness performance in 7-year-old children*. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 323–330.
22. Faigenbaum, A. D., Gipson-Jones, T. L., & Myer, G. D. (2012). *Exercise deficit disorder in youth: an emergent health concern for school nurses*. *The Journal of School Nursing: The Official Publication of the National Association of School Nurses*, 28(4), 252–255.
23. Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Cahill, B., Chandler, J., Dziados, J., Elfrink, L. D., Forman, E., Gaudiose, M., Micheli, L., Nitka, M., & others. (1996). *Youth resistance training: position statement paper and literature review: position statement*. *Strength & Conditioning Journal*, 18(6), 62–76.
24. Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., MacDonald, J., & Myer, G. D. (2016). *Citius, Altius, Fortius: beneficial effects of resistance training for young athletes: Narrative review*. *British Journal of Sports Medicine*, 50(1), 3–7.
25. Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., & Myer, G. D. (2013). *Youth resistance training: past practices, new perspectives, and future directions*. *Pediatric Exercise Science*, 25(4), 591–604.
26. Faigenbaum, A. D., & Polakowski, C. (1999). *Olympic-style weightlifting, kid style*. *Strength & Conditioning Journal*, 21(3), 73.
27. Faigenbaum, A. D., Westcott, W. L., Micheli, L. J., Outerbridge, A. R., Long, C. J., LaRosa-Loud, R., & Zaichkowsky, L. D. (1996). *The effects of strength training and detraining on children*. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 109–114.
28. Faigenbaum, A. D., Zaichkowsky, L. D., Westcott, W. L., Micheli, L. J., & Fehlandt, A. F. (1993). *The effects of a twice-a-week strength training program on children*. *Pediatric Exercise Science*, 5(4), 339–346.
29. Faigenbaum, A. D. (2000). *Strength training for children and adolescents*. *Clinics in Sports Medicine*, 19(4), 593–619.
30. Faigenbaum, A., Zaichkowsky, L. D., Westcott, W. L., Long, C. L., & others. (1997). *Psychological effects of strength training on children*. *Journal of Sport Behavior*, 20(2), 164.
31. Feeley, B. T., Agel, J., & LaPrade, R. F. (2016). *When Is It Too Early for Single Sport Specialization?* *The American Journal of Sports Medicine*, 44(1), 234–241.

32. Fernandez, W. G., Yard, E. E., & Comstock, R. D. (2007). *Epidemiology of lower extremity injuries among U.S. high school athletes*. Official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine, 14(7), 641–645.
33. Foss, K. D. B., Thomas, S., Khoury, J. C., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2018). *A school-based neuromuscular training program and sport-related injury incidence: A prospective randomized controlled clinical trial*. Journal of Athletic Training, 53(1), 20–28.
34. Franklin, C. C., & Weiss, J. M. (2012). *Stopping sports injuries in kids: an overview of the last year in publications*. Current Opinion in Pediatrics, 24(1), 64–67.
35. Granacher, U., Lesinski, M., Büsch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., Gollhofer, A., & Behm, D. G. (2016). *Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development*. Frontiers in Physiology, 7, 164.
36. Hamill, B. P. (1994). *Relative safety of weightlifting and weight training*. J Strength Cond Res, 8(1), 53–57.
37. Harries, S. K., Lubans, D. R., & Callister, R. (2012). *Resistance training to improve power and sports performance in adolescent athletes: a systematic review and meta-analysis*. Journal of Science and Medicine in Sport, 15(6), 532–540.
38. Hartig, D. E., & Henderson, J. M. (1999). *Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees*. The American Journal of Sports Medicine, 27(2), 173–176.
39. Hejna, W. F., Rosenberg, A., Buturusis, D. J., & Krieger, A. (1982). *The prevention of sports injuries in high school students through strength training*. Strength & Conditioning Journal, 4(1), 28–31.
40. Helland, C., Hole, E., Iversen, E., Olsson, M. C., Seynnes, O., Solberg, P. A., & Paulsen, G. (2017). *Training strategies to improve muscle power: Is olympic-style weightlifting relevant?* Medicine and Science in Sports and Exercise, 49(4), 736–745.
41. Hewett, T. E., Torg, J. S., & Boden, B. P. (2009). *Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism*. British Journal of Sports Medicine, 43(6), 417–422.

42. Hewett, T. E., Ford, K. R., & Myer, G. D. (2006). *Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention*. The American Journal of Sports Medicine, 34(3), 490–498.
43. Hewett, T. E., Ford, K. R., Xu, Y. Y., Khoury, J., & Myer, G. D. (2017). *Effectiveness of Neuromuscular Training Based on the Neuromuscular Risk Profile*. The American Journal of Sports Medicine, 45(9), 2142–2147.
44. Hilibrand, M. J., Hammoud, S., Bishop, M., Woods, D., Fredrick, R. W., & Dodson, C. C. (2015). *Common injuries and ailments of the female athlete; pathophysiology, treatment and prevention*. The Physician and Sportsmedicine, 43(4), 403–411.
45. Istat - Istituto Nazionale di Statistica. (2021). *Sport, attività fisica, sedentarietà*.
46. Jayanthi, N. A., LaBella, C. R., Fischer, D., Pasulka, J., & Dugas, L. R. (2015). *Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: a clinical case-control study*. The American Journal of Sports Medicine, 43(4), 794–801.
47. Kemper, G. L. J., van der Sluis, A., Brink, M. S., Visscher, C., Frencken, W. G. P., & Elferink-Gemser, M. T. (2015). *Anthropometric Injury Risk Factors in Elite-standard Youth Soccer*. International Journal of Sports Medicine, 36(13), 1112–1117.
48. Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). *The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials*. British Journal of Sports Medicine, 48(11), 871–877.
49. Leek, D., Carlson, J. A., Cain, K. L., Henrichon, S., Rosenberg, D., Patrick, K., & Sallis, J. F. (2011). *Physical activity during youth sports practices*. Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 165(4), 294–299.
50. Lloyd, R. S., Cronin, J. B., Faigenbaum, A. D., Haff, G. G., Howard, R., Kraemer, W. J., Micheli, L. J., Myer, G. D., & Oliver, J. L. (2016). *National Strength and Conditioning Association Position Statement on Long-Term Athletic Development*. Journal of Strength and Conditioning Research, 30(6), 1491–1509.
51. Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., Brewer, C., Pierce, K. C., McCambridge, T. M., Howard, R., Herrington,

- L., Hainline, B., Micheli, L. J., Jaques, R., Kraemer, W. J., McBride, M. G., Best, T. M., Chu, D. A., Alvar, B. A., & Myer, G. D. (2014). *Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus*. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 498–505.
52. Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). *The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development*. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61–72.
53. Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., & De Ste Croix, M. B. A. (2014). *Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth*. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1454–1464.
54. Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human kinetics.
55. Martin, A. D., Bailey, D. A., McKay, H. A., & Whiting, S. (1997). *Bone mineral and calcium accretion during puberty*. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 66(3), 611–615.
56. Micheli, L. (1999). *Sports training and the young athlete: How much is enough*. *Sidelines*, 8, 1–4.
57. Micheli, L. (1988). *Strength training in the young athlete*. *Competitive Sports for Children and Youth*. Brown, E and Branta, C Eds. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 99–105.
58. Micheli L, In Cantu R, Micheli L (1991). *The child athlete: ACSMs Guidelines for the Team Physician*. Malvem, PA, Lea & Febiger, pp 228-241
59. Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca (2012). *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell’infanzia e del primo ciclo d’istruzione*.
60. Moliner-Urdiales, D., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Jiménez-Pavón, D., Vicente-Rodríguez, G., Rey-López, J. P., Martínez-Gómez, D., Casajús, J. A., Mesana, M. I., Marcos, A., Noriega-Borge, M. JM., Sjöström, Castillo, M. J., & Moreno, L. A. (2010). *Secular trends in health-related physical fitness in Spanish adolescents: the AVENA and HELENA studies*. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(6), 584–588.
61. Moraes, E., Fleck, S. J., Ricardo Dias, M., & Simão, R. (2013). *Effects on strength, power, and flexibility in adolescents of nonperiodized vs. daily nonlinear periodized weight training*. *Journal of Strength and Conditioning*

- Research, 27(12), 3310–3321.
62. Myer, G. D., Chu, D. A., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2008). *Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury*. *Clinics in Sports Medicine*, 27(3), 425–448, ix.
 63. Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Chu, D. A., Falkel, J., Ford, K. R., Best, T. M., & Hewett, T. E. (2011). *Integrative training for children and adolescents: techniques and practices for reducing sports-related injuries and enhancing athletic performance*. *The Physician and Sportsmedicine*, 39(1), 74–84.
 64. Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Ford, K. R., Best, T. M., Bergeron, M. F., & Hewett, T. E. (2011). *When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries and enhance health in youth?* *Current Sports Medicine Reports*, 10(3), 155–166.
 65. Myer, G. D., Ford, K. R., Divine, J. G., Wall, E. J., Kahanov, L., & Hewett, T. E. (2009). *Longitudinal assessment of noncontact anterior cruciate ligament injury risk factors during maturation in a female athlete: a case report*. *Journal of Athletic Training*, 44(1), 101–109.
 66. Myer, G. D., Sugimoto, D., Thomas, S., & Hewett, T. E. (2013). *The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis*. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(1), 203–215.
 67. Outerbridge, A. R., & Micheli, L. J. (1995). *Overuse injuries in the young athlete*. *Clinics in Sports Medicine*, 14(3), 503–516.
 68. Owens, S., Gutin, B., Allison, J., Riggs, S., Ferguson, M., Litaker, M., & Thompson, W. (1999). *Effect of physical training on total and visceral fat in obese children*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(1), 143–148.
 69. Ozmun, J. C., Mikesky, A. E., & Surburg, P. R. (1994). *Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(4), 510–514.
 70. Paalanne, N. P., Korpelainen, R. I., Taimela, S. P., Auvinen, J. P., Tammelin, T. H., Hietikko, T. M., Kaikkonen, H. S., Kaikkonen, K. M., & Karppinen, J. I. (2009). *Muscular fitness in relation to physical activity and television viewing among young adults*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(11), 1997–2002.
 71. Pfeiffer, R. D., & Francis, R. S. (1986). *Effects of Strength Training on Muscle*

- Development in Prepubescent, Pubescent, and Postpubescent Males*. The Physician and Sportsmedicine, 14(9), 134–143.
72. Quatman-Yates, C. C., Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2013). *A longitudinal evaluation of maturational effects on lower extremity strength in female adolescent athletes*. Pediatric Physical Therapy : The Official Publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association, 25(3), 271–276.
73. Ramsay, J. A., Blimkie, C. J., Smith, K., Garner, S., MacDougall, J. D., & Sale, D. G. (1990). *Strength training effects in prepubescent boys*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 22(5), 605–614.
74. Read, P. J., Oliver, J. L., De Ste Croix, M. B. A., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2016). *Neuromuscular Risk Factors for Knee and Ankle Ligament Injuries in Male Youth Soccer Players*. Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 46(8), 1059–1066.
75. Read, P. J., Oliver, J. L., & Lloyd, R. S. (2020). *Seven Pillars of Prevention: Effective Strategies for Strength and Conditioning Coaches to Reduce Injury Risk and Improve Performance in Young Athletes*. Strength and Conditioning Journal, 42(6), 120–128.
76. Rössler, R., Donath, L., Verhagen, E., Junge, A., Schweizer, T., & Faude, O. (2014). *Exercise-based injury prevention in child and adolescent sport: a systematic review and meta-analysis*. Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 44(12), 1733–1748.
77. Singer, K. (1984). *Injuries and disorders of the epiphyses in young athletes*. Sport for Children and Youths. Champaign, IL, Human Kinetics, 141–150.
78. Smith, AD. (1993). *The prevention of sport injuries of children and adolescents*. Curr Comment Med Sci Sports Exerc, 25, 1–7.
79. Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., Junge, A., Dvorak, J., Bahr, R., & Andersen, T. E. (2008). *Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomized controlled trial*. BMJ (Clinical Research Ed.), 337, a2469.
80. Soligard, T., Nilstad, A., Steffen, K., Myklebust, G., Holme, I., Dvorak, J., Bahr, R., & Andersen, T. E. (2010). *Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football*. British Journal of Sports Medicine, 44(11), 787–793.

81. Steib, S., Rahlf, A. L., Pfeifer, K., & Zech, A. (2017). *Dose-Response Relationship of Neuromuscular Training for Injury Prevention in Youth Athletes: A Meta-Analysis*. *Frontiers in Physiology*, 8, 920.
82. Stracciolini, A., Casciano, R., Friedman, H. L., Meehan, W. P. 3rd, & Micheli, L. J. (2015). *A closer look at overuse injuries in the pediatric athlete*. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 25(1), 30–35.
83. Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., & McCambridge, T. M. (2020). *Resistance training for children and adolescents*. *Pediatrics*, 145(6).
84. Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D. B., & Hewett, T. E. (2015). *Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis*. *British Journal of Sports Medicine*, 49(5), 282–289.
85. Sutton, K. M., & Bullock, J. M. (2013). *Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females*. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 21(1), 41–50.
86. Tremblay, M. S., Shields, M., Laviolette, M., Craig, C. L., Janssen, I., & Connor Gorber, S. (2010). *Fitness of Canadian children and youth: results from the 2007-2009 Canadian Health Measures Survey*. *Health Reports*, 21(1), 7–20.
87. U.S. Department of Health Services & others. (1996). *Physical activity and health: A report of the Surgeon General Atlanta*. GA: Centers for Disease Control and Prevention.
88. Vrijens, J. (1978). *Muscle strength development in the pre-and post-pubescent age*. In *Pediatric work physiology* (Vol. 11, pp. 152–158). Karger Publishers.
89. Weltman, A., Janney, C., Rians, C. B., Strand, K., Berg, B., Tippitt, S., Wise, J., Cahill, B. R., & Katch, F. I. (1986). *The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(6), 629–638.
90. World Health Organization, t, & others. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. World Health Organization.
91. Zwolski, C., Quatman-Yates, C., & Paterno, M. V. (2017). *Resistance Training in Youth: Laying the Foundation for Injury Prevention and Physical Literacy*. *Sports Health*, 9(5), 436–443.