

## L'allenamento della forza nell'età evolutiva. La specificità femminile esempio degli arti inferiori nelle donne

Renato Manno



L'attività fisica in età evolutiva rappresenta una esigenza determinante per un corretto sviluppo che crei i presupposti per una buona qualità della vita e pre-

venga l'obesità e le molte affezioni comuni nell'età adulta (40, 26). Per ottenere ciò si consiglia almeno un ora di attività fisica da moderata a vigorosa (40). In aggiunta alle attività fisiche di tipo aerobico è ormai universalmente accettato comprendere una importante quota di lavoro con sovraccarichi, comunque finalizzato allo sviluppo della forza ai fini, non solo di una crescita corretta e solida, ma anche per un miglioramento della caricabilità strutturale dei ragazzi per l'avvio ad una pratica dello sport agonistico e di prestazione (33). Molte rassegne hanno fatto il punto sui diversi aspetti della caricabilità teorica e pratica dei bambini e ragazzi nei due sessi in età evolutiva, sono note le analisi delle prestazioni di forza e la sua allenabilità (7,8), dagli 11 ai 14 anni (27) e di salto oltre che di sprint (Filin 1978). Molti elementi sono da approfondire altri da chiarire, un tema emerso recentemente riguarda gli aspetti generali della forza nelle donne e nelle ragazze; molti studi precedenti hanno affermato una sostanziale similitudine sul piano muscolare con il maschio, in particolare la forza per sezione trasversa fig. 1 (42, 19) e sembra confermato in tutti gli studi che analizzano la forza massima. Data comunque la differenza concreta di capacità di prestazione fra maschi e femmine, altri ricercatori hanno cercato di identificare alcune specificità che rendono la capacità di prestazione femminile più problematica ed in alcuni casi più ricca di infortuni. Uno studio di Komi (24), già nel 1980, aveva rilevato una differenza nel tempo di reclutamento della forza fra maschi e femmine sedentarie, a parità di percentuale di carico, quest'ultime avevano un tempo quasi doppio nel raggiungere la forza massima fig. 2. Tale dato non è stato per lungo tempo ripreso né motivato, salvo alcuni lavori di Bosco (3) che sembravano confermare la differenza di reclutamento della forza come collegata alle differenze di concentrazione di testosterone. E' evidente che la conferma del fatto che il reclutamento di forza nelle donne sia più lento comporta ripercussioni neuromeccaniche di vario tipo; del resto il dato è noto per gli arti inferiori e non esistono dati chiari per gli arti superiori che non hanno una applicazione così frequente nella deambulazione e nella prestazione. Alla fine degli anni novanta un lavoro molto importante, dopo diverse disamine di tipo anatomico strutturale (12, 20), propose (17) l'ipotesi che la maggiore frequenza di infortuni dipendesse da importanti differenze neuromuscolari.

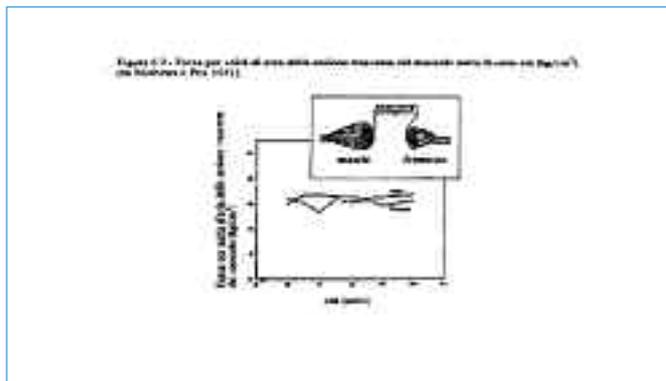


Fig. 1 Comparazione dei valori di forza per unità di superficie in maschi e femmine (in Mathews e Fox 1976)

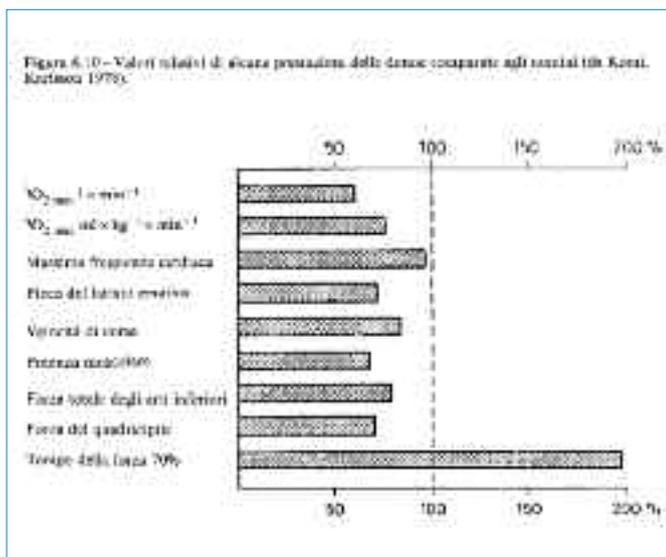


Fig. 2 Valori prestativi delle donne comparati con le prestazioni degli uomini. Si noti come il tempo di reclutamento del 70% della forza è pari al doppio di quello realizzato dai maschi (linea tratteggiata perpendicolare) (da Komi 1980)

### Caratteristiche neuromuscolari ed aspetti preventivi

Diversi lavori del gruppo collegato a Hewett (18) hanno evidenziato un fenomeno che appare molto legato alle prime osservazioni di Komi, infatti dalla letteratura medico ortopedica si è progressivamente evidenziato che le atlete di discipline in cui sono presenti frequenti azioni di salto e contatto fisico, insieme a variazioni di direzione, hanno una probabilità da 4 a 6 volte superiore di incorrere in incidenti del ginocchio rispetto ai maschi. Inoltre la maggioranza di tali infortuni avviene senza contatto fisico, in particolare atterrando dopo un

salto o facendo veloci cambi di direzione (16).

La frequenza del problema per la verità non è molto elevata nelle discipline dell'atletica leggera. Forse ciò è dovuto al fatto che le ragazze abbandonano l'attività prima e continuano solo le atlete che hanno acquisito un equilibrio neuromuscolare notevole o che hanno svolto una buona preparazione. Comunque in tale sport si svolgono attività tecniche più prevedibili, cicliche e acicliche, che abbassano la soglia di rischio, anche se di grande intensità.

Del resto la frequenza degli infortuni si riduce di molto nelle atlete (2 volte maggiore che nei maschi) e si riduce ulteriormente salendo di livello agonistico e di preparazione, rimanendo però nella frequenza di infortuni una differenza significativa.

Il problema è importante e si ripresenta in frequenza altissima nelle età collegate alla maturazione (fig. 3) come emerge dallo specifico approfondimento degli esperti per conto del CIO (38) e nella fase di rapida crescita staturale ponderale.

Fra le diverse cause più specifiche alcune sono senza dubbio da identificare nella instabilità del ginocchio, attribuibile in primo luogo alle lassità articolare, di cui una parte rilevante è da attribuire alla carenza di forza, in particolare della velocità del suo reclutamento, altro fattore concomitante potrebbe essere la flessibilità articolare (23) e la coordinazione specifica.

Generalmente le ragioni di tale fenomeno sono attribuibile a tre componenti: anatomiche, neuromuscola-

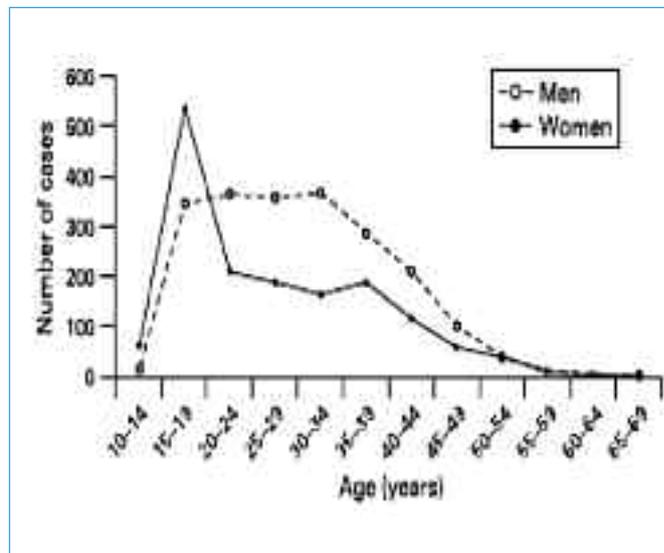


Fig. 3 Frequenza di lesioni del ginocchio in maschi e femmine norvegesi. Si noti come nell'età evolutiva gli incidenti nelle donne hanno una frequenza molto più elevata (da Renstrom 2008)

ri e ormonali. Acquisito che sugli aspetti anatomici antropometrici gli interventi di prevenzione e di allenamento non sono possibili, anche se sono state evidenziate relazioni fra l'incidenza degli infortuni e le caratteristiche delle distanze fra i condili.

Il citato studio di Gray (12), già nel 1985, ridimensionava il fattore anatomico-antropometrico nella eziopatogenesi degli infortuni, mentre appaiono tuttora rilevanti gli aspetti neuromuscolari ed ormonali. Sul piano pratico è evidente che sugli aspetti neuromuscolari sono possibili influenze mediante l'allenamento della forza nelle varie forme, sugli aspetti ormonali si possono identificare delle relazioni temporali nelle variazioni delle loro concentrazioni che possono così creare una concreta prevenzione nella probabilità degli infortuni.

Già Haycock e Gillette nel 1976 (13), sulla rivista dei medici americani generalisti ipotizzarono che fosse la carenza di forza con la relativa carenza prontezza neuromuscolare la causa principale della maggiore frequenza di infortuni, anche se non supportarono tale ipotesi con prove evidenti; Hewett (17) evidenziò come un allenamento adeguato di forza diminuisce la frequenza di incidenti al ginocchio. Tali fenomeni hanno diverse aspetti, la prima è la constatazione che l'80% degli infortuni al ginocchio avviene in incidenti senza contatto fisico, la seconda è che la maggioranza di incidenti avviene dopo un salto e l'atterraggio con perdita di equilibrio (9), in particolare in condizioni di ginocchio varo o valgo.

Sul piano degli interventi operativi diverse evidenze mostrano che, ad esempio, l'allenamento pliometrico può specificamente migliorare le condizioni di prevenzione diminuendo la frequenza degli infortuni (9) come vedremo in seguito.

Una delle ragioni della frequenza di infortuni è di tipo neuromuscolare ed è stata identificata nella diversa attivazione del quadricipite rispetto al bicipite femorale e dei muscoli sinergici nelle donne rispetto ai maschi, attivando il quadricipite ad un angolo del ginocchio maggiore, in netto ritardo rispetto a ciò che avviene nei maschi. In collegamento con tale fenomeno studi di Hewett (18) hanno identificato nelle donne un livello di forza nettamente inferiore nella muscolatura posteriore della coscia (hamstring) insieme ad un netto ritardo di attivazione rispetto agli uomini. Ciò è molto importante perché l'hamstring è un sinergico del ruolo di contenzione operato dal legamento crociato anteriore superiore, infatti esso contrasta le forze che agiscono sul legamento riducendole

mentre la contrazione del quadricipite, ad angoli inferiori a 45° (135°) del ginocchio, agisce come un antagonista aumentando in modo determinante lo stress dello stesso legamento crociato.

In tale fenomeno opera in sinergia anche il gastrocnemio, che è notevolmente attivo nell'uomo ma lo è in modo non sufficiente nelle donne, ciò evidenzia una strategia di controllo motorio-articolare fondata maggiormente sulla contenzione dei legamenti rispetto agli uomini che invece ottengono gli stessi effetti mediante il prevalente uso muscolare, probabilmente per una maggiore ammortizzazione, una maggiore stiffness articolare e quindi maggiore forza (29). Le donne sedentarie evidenziano un momento di forza in atterraggio tre volte superiore alle donne allenate e un rapporto della forza dei muscoli estensori e flessori nettamente superiore alle atlete in cui l'allenamento ha degli effetti molto evidenti sul rapporto di forza quadricipite-muscoli posteriori della coscia e parallelamente mostrano un notevole contenimento degli infortuni.

### Cosa avviene nell'età evolutiva

Molte di queste caratteristiche si strutturano e si specificano proprio nel corso della crescita e della maturazione, provocando tali variazioni di eventuali punti di accentuata debolezza che si possono manifestare nell'età evolutiva. È importante conoscere le caratteristiche e creare delle contromisure collegate all'allenamento della forza nelle sue diverse espressioni e nella flessibilità che, per certi versi, antagonizza la forza muscolare insieme ad altri presupposti strutturali che sono coinvolti.

Dall'analisi della frequenza di infortuni è emersa la specificità delle fase della maturazione sessuale e alcuni autori (37) hanno studiato l'effetto della crescita e della maturazione sulla lassità articolare in soggetti di età evolutiva, precisamente dai 10 ai 18 anni in entrambi i sessi, analizzando il comportamento delle caratteristiche indagate prima e dopo la maturazione sessuale. La lassità articolare agisce sulla stabilità delle articolazioni, quindi sulla stiffness generale e può ritardare l'attivazione neuromuscolare che è alla base delle contrazioni protettive. Tali coattivazioni sono alla base sia della velocità che della potenza del rimbalzo, ma agiscono anche a protezione delle articolazioni. I risultati evidenziano che le ragazze dopo la maturazione sessuale hanno una maggiore lassità articolare rispetto alle ragazze in età prepuberale e nettamente maggiore

rispetto ai maschi sia maturi che immaturi, Un importante indice delle condizioni di forza degli arti inferiori è costituito dal rapporto di forza estensori-flessori della gamba; dopo la maturazione si ha un aumento del rapporto (ratio) e cioè i flessori (Hamstring) sono più deboli degli estensori.

Nelle giovani donne sia prepuberi che postpuberi si evidenzia una ratio quadricipite-hamstring elevata cioè maggiormente sbilanciata rispetto ai maschi che in entrambi le fasi di età evidenziano un rapporto inferiore (fig. 4).

È intuitivo oltre che dimostrato che la coattivazione dei due gruppi muscolari è la base della protezione del ginocchio, e che soprattutto lo squilibrio a sfavore dell'hamstring è stato dimostrato (41) come un punto debole nella donna, anche questo dato appare degno di nota per una preparazione della forza preventiva. Una differenza della ratio flessori-estensori inferiore del 50-60% è un fattore di rischio in quanto appare una condizione che predispone agli infortuni (1). Nella fase della maturazione il frutto di una tale dinamica è la crescita di forza nel quadricipite del 50% e del 27% dell'hamstring delle donne, mentre nei maschi avviene l'inverso (148% versus 176%) (1), l'accelerazione di questo squilibrio avviene nei momenti immediatamente prima all'apparizione del menarca o immediatamente dopo.

Molte delle differenze scheletriche fra maschi e femmine si sviluppano dopo la rapida crescita associata alla pubertà. Ciò perché nelle diverse fasi della maturazione si modificano le forze trasmesse al corpo a causa delle modificazioni delle dimensioni cor-

poree e della forza, ovviamente anche in funzione dello sport praticato. Fra i 13 ed i 25 anni gli incidenti al ginocchio, i dolori patellari, gli squilibri interni al ginocchio aumentano progressivamente in parallelo con l'età. Fra i fattori più importanti sono stati identificati: le strategie di controllo motorio, i pattern di coordinazione motoria delle singole tecniche sportive ed il livello di preparazione fisica e di forza muscolare.

In diversi lavori è emerso che le strategie di atterraggio dal salto nelle donne sono alterate sul piano frontale, mostrando differenze fra i sessi nell'allineamento degli arti inferiori al ginocchio che facilitano gli infortuni. In particolare fra le bambine prepuberi e postpuberi, si ha una differenza nel livello della flessione nel ginocchio dove nel secondo caso vi è un minor piegamento ed una maggior adduzione.

Nello studio di Hass e al (14) le forze di reazione al suolo furono circa dell'11% inferiori nei postpubescenti, secondo alcuni autori il tempo di attivazione riflessa degli arti inferiori nell'atterraggio richiede approssimativamente 100 ms (43) mentre nell'attivazione volontaria non meno di 200 ms, quindi la forza di impatto nell'atterraggio si produce troppo precocemente per essere attivata volontariamente, perciò non è probabile una modificazione di strategie di atterraggio volontario volta per volta, ma questo deve essere appreso ed automatizzato, quindi allenato altrimenti sarebbe comunque in ritardo rispetto alle esigenze motorie del contesto.

L'allenamento sia delle donne prepuberi che postpuberi modifica le strategie di atterraggio, in particolare aumenta la flessione del ginocchio e diminuisce le forze di reazione al suolo (18): Le forze al suolo misurate dai diversi autori (43) osservate nei drop jump, normalizzate per il peso del corpo furono circa di 4.0 il peso del corpo (BW), altri fino a 4.5, le forze orizzontali fino a 0.79 BW.

### L'allenamento specifico per la prevenzione degli infortuni al ginocchio

È stato dimostrato anche che il ginocchio valgo aumenta il rischio di infortunio in funzione dell'angolo stesso di valgismo (15). Un allenamento fondato sull'adozione di esercizi di allenamento neuromuscolare (propriocezione, lavoro con i sovraccarichi, pliometria), ha avuto come effetto la riduzione del numero di incidenti di 3-4 volte nelle donne sedentarie e da 1 o 2 volte in quelle allenate (17). Uno de-

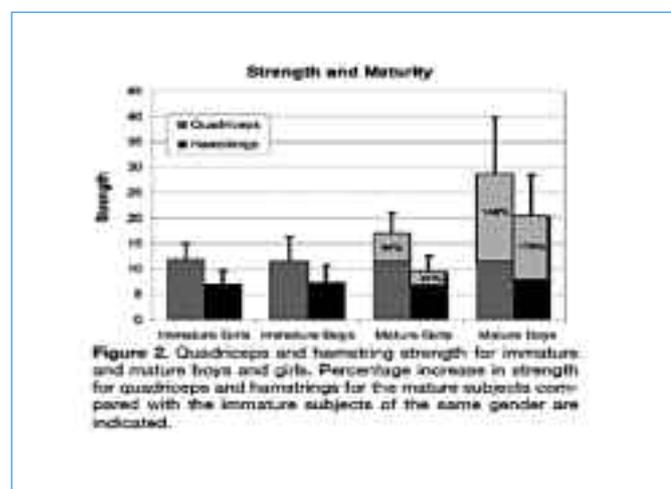
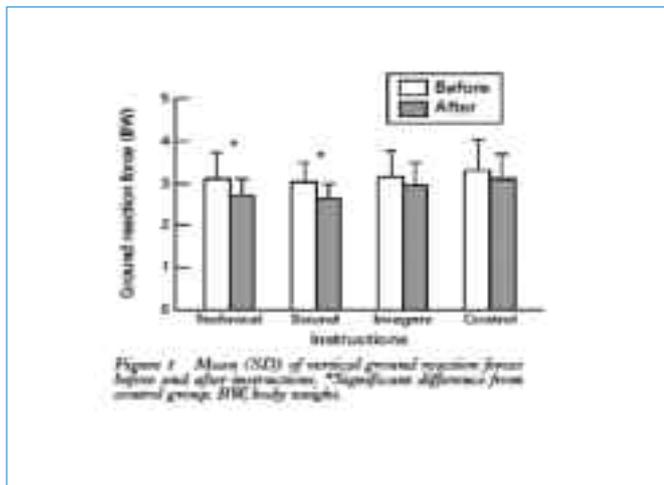
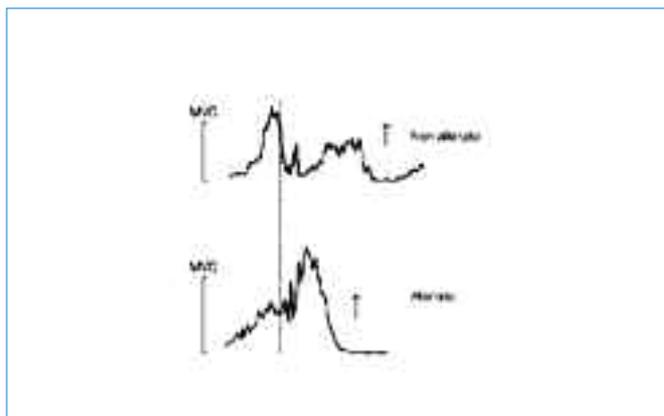


Fig. 4 Rapporto fra forza del quadricipite e muscoli posteriori della coscia in donne prepuberi e postpuberi. Incremento in percentuale (Ahmad 2005)



**Fig. 5** Valori della media e della DS nel picco di forza di impatto al suolo prima e dopo l'istruzione con feed back sull'esecuzione

gli obiettivi della preparazione è ridurre il rapporto flessori estensori, che come già descritto in precedenza è uno degli indicatori più efficaci ai fini della prevenzione e dell'equilibrio della preparazione della forza cioè la ratio quadricipite-hamstrings. L'elemento di stabilizzazione della forza dell'hamstring, fa sì che una sua carenza produce squilibri che causano sollecitazioni anomale sul crociato che si espone perciò ad una probabilità di trauma molto più alta. Le conseguenze di questi squilibri sono la produzione di infortuni e traumi durante atterraggi da salti, cambi di direzione o decelerazioni. La prima misura da perseguire è il potenziamento della muscolatura posteriore della coscia, insieme ad un apprendimento di ammortizzazione graduale che è frutto di uno specifico insegnamento. L'allenamento mediante i salti infatti ha



**Fig. 6** Attività elettrica in soggetti addestrati al rimbalzo, con potenziamento della risposta, e non addestrati, in cui si ha una brusca caduta dell'attività muscolare

come effetto di ridurre il picco di forza di impatto sul terreno e di conseguenza riduce il picco di forza sul ginocchio e ciò migliora anche la forza e la potenza dell'hamstring.

Elementi di ulteriore conforto sono stati evidenziati in un recentissimo studio (4) che aggiungeva venti minuti a settimana di potenziamento per 10 settimane al gruppo sperimentale, nello studio si comparava con un gruppo che non aggiungeva quest'attività. Tale gruppo ha fatto registrare una forte riduzione dell'angolo di valgismo e cambiato la cinematica dell'atterraggio, inoltre i soggetti più deboli (che hanno un maggiore angolo di valgismo) hanno beneficiato di più. Un altro studio, precedente all'ultimo, ha analizzato gli effetti di un allenamento di salti sulla meccanica degli atterraggi in ragazze che praticavano sport in cui sono richiesti molti salti. In tale studio si sviluppava l'acquisizione della tecnica di modulazione del frenaggio nell'atterraggio, procedura di allenamento e di apprendimento attraverso la quale ottenevano importanti progressi (32) che hanno portato ad una riduzione del picco di forza del 22% e del 50% sulle forze al ginocchio (fig.5).

Emerge quindi che un'altro obiettivo dell'allenamento è quello di diminuire le forze di impatto mediante l'apprendimento di tecniche specifiche anche al fine di incrementare il seguente salto come già descritto da Schmidtbleicher e Gollhofer (39) (fig. 6). In effetti in pallavoliste si è potuto ottenere una diminuzione della forza di picco del 22% nell'impatto al suolo e quasi il dimezzamento dell'adduzione (15). La ratio delle forze fra estensori e flessori si ridusse del 26% nell'arto non dominante, cioè nell'arto che essendo meno adattato aveva maggiori margini di progresso e del 13% nel lato dominante, il salto verticale aumentò in media del 10%, da cui si possono facilmente dedurre gli effetti positivi sia sulla stabilizzazione dell'articolazione del ginocchio sia sulla relativa frequenza di infortuni.

### Conclusioni applicative

Dalla descrizione precedente si evidenzia come le differenze fra maschi e femmine nella forza sono rilevanti e nel caso delle caratteristiche descritte nell'arto inferiore possono essere sia causa di rischio di infortuni sia elementi di non riuscita nelle prestazioni sportive. Al tempo stesso però tale rischio può essere più che sufficientemente bilanciato da una preparazione adeguata che tiene in conto tutte le potenzialità dell'allenamento della forza, in primo luogo l'uso dei sovraccarichi che rispondono alla necessità di irrobu-

stire sia i legamenti che le ossa. E' stato dimostrato l'effetto dell'uso dei sovraccarichi sulla densità ossea, e lavori recenti ne hanno specificato aspetti molto pratici e analitici sulla natura degli effetti (1). In particolare si è notato un aumento della densità ossea in maschi e femmine che avevano praticato lavoro con i sovraccarichi rispetto ai sedentari di pari età (13-16 anni), addirittura maggiore nei maschi che nelle femmine.

L'età prepuberale è considerata l'età sensibile dove applicare l'attività fisica, e particolarmente con sovraccarichi, per avere il massimo della risposta di densità ossea nelle femmine come descritto nella fig. 7. In secondo luogo un apprendimento delle tecniche di atterraggio, che sono molto simili alle esercitazioni pliometriche, ha evidenziato una rapida riduzione dell'impatto al suolo, diminuendo velocemente i fattori di rischio di infortunio. L'allenamento pliometrico è una specifica tecnica molto efficace che deve essere modulata soprattutto nelle intensità perché può oscillare da rimbalzi di piccola entità fino ad intensità notevoli come nelle forme di drop jump con cadute da altezze uguali o superiori a quelle del salto verticale, e quindi la non perfetta applicazione e preparazione può essere causa di seri rischi. Inoltre bisogna rispettare l'incremento delle fragilità che le donne evidenziano immediatamente dopo la maturazione sessuale che accentua le caratteristiche di maggior rischio già presente nelle prepuberi. Bisogna agire con un mix armonico che può includere i sovraccarichi tradizionali con valore formativo strutturale e le attività di rimbalzo, al tempo stesso la gradualità deve garantire un sufficiente adattamento sia neuromotorio che osteotendineo, che come noto è 4-6 volte più lento. Tenendo conto che l'adattamento tendineo è molto più lento rispetto all'adattamento neuromotorio e viste le ricerche citate, il secondo è preventivo per l'assorbimento dei carichi, utilizzando al meglio le qualità di ammortizzazione della muscolatura che si ottimizzano praticando il primo che nella fase evoluta perfezionerà l'adattamento strutturale.

Pertanto l'uso della pliometria deve rispettare le gradualità convenute ed evitare che l'allieva sia stanca e deconcentrata. Un recentissimo lavoro ha riassunto le principali ricerche sulla pliometria praticata da bambini e ragazzi arrivando a queste sintesi sulle metodologie da adottare (22): allenamento per la pliometria.

- Si consiglia 2 volte a settimana, si hanno effetti significativi a partire da 8-10 settimane. Il minimo sembra essere un volta a settimana per 14 settimane.

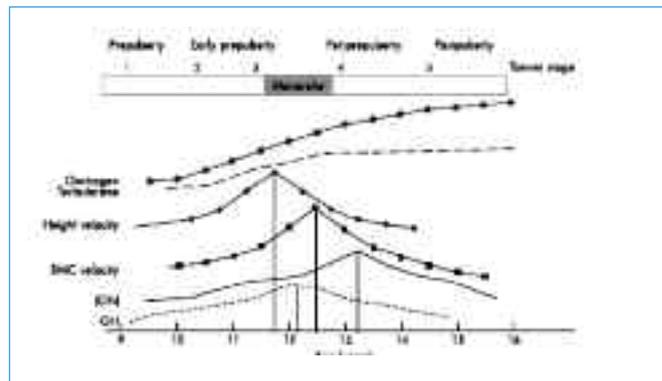


Fig. 7

- L'incremento può essere realizzato aumentando le ripetizioni o le difficoltà della singola ripetizione.
  - Si può iniziare da 50-60 ripetizioni fino a 90-100 per seduta da raggiungere nelle ultime delle 10 settimane. Nel caso di una esercitazione a settimana si può partire da 16 esecuzioni fino a 60 nelle ultime delle 14 settimane.
  - L'esercitazione può durare da 10 a 25 minuti.
  - Attenzione alle calzature ed al suolo. L'esercizio può durare circa 10 secondi con 90 di recupero.
  - Gli istruttori devono essere dedicati a gruppi di 4-5 allievi e supervisionare strettamente su una esecuzione corretta, cosa che tutela il carico articolare.
- In conclusione vi sono molte indicazioni perché le ragazze applichino l'allenamento della forza includendo l'uso dei sovraccarichi e la pliometria, non vi è ancora una indicazione precisa delle età ma diversi studi indicano già i sei anni come un momento relativamente sensibile all'allenamento della forza in entrambi i sessi (34, 8).

## Bibliografia

1. Ahmad CS, Clark M, Heilmann N, Schoeb S S, Gardner TR, Levine WN, Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *Am. J. Sports Med.* vol 34, n° 3, 2006
2. Alvarez-San Emeterio C, Palacios Gil-Antunano N, Lopez Sobaler AM, Gonzales Badillo JJ. Effects of strength training and the practice of alpine skiing on bone mass density, Growth, body composition, and the strength and power, of the legs of adolescent skiers. *J. Strength and Cond. Res.*, 25(10) 2011:2879-90
3. Bosco C, Viru A. *Biologia dello Sport*, Societa Stampa Sportiva Roma 1996
4. Barendrecht M, Lezeman HCA, Duysen J, Smith-Engelsmann BCM. Neuromuscular training improve knee kinematics, in particular valgus aligned adolescent team handball players of both sex, *J. Strength Cond. Res.* 25(3) 575-84, 2011
5. Cardinale M, Stone MH, Is testosterone influencing explosive performance? *J. Strength Cond. Res.* 2006, (1) 103-107
6. Faigenbaum AD, Myer GD, Naclerio F, Casas AA Injury Trends and Prevention in Youth Resistance Training, *SCJ* 33(3) 2011
7. Faigenbaum AD, Westcott WL, Laroa R, Cyndy L & c- The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children, *Pediatrics* 104- 1999
8. Faigenbaum AV, Kraemer WJ, Blimkie C, et al Youth resistance training: Updated position statement paper from the National strength and conditioning association. *J. Strength Cond. Res.* 23(5) 60-79, 2009
9. Ferretti A, Papandrea P, Conteduca F et al Knee ligamentous injuries in volleyball players; *Am. J. Sports Med.* 1992, 20, 20(2) 203-7, 1992
10. Filin VP *La preparazione dei giovani sportivi*, Atti convegno, ed. Scuola dello Sport. Roma, 1978
11. Ford KR, Shapiro R, Myer GD, Van den Bogert A, Hewett TE. Longitudinal sex differences during landing in abduction in young athletes. *Med Sci Sports exerc*, 42-(10) 1923- 1931, 2010
12. Gray J, Taunton JE, McKenzie DC, et al. A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players. *Int. J. of Sports Med.* 1985, 6, 314-6
13. Haycock CE, Gillette JV Susceptibility of women athletes to injury. Myths vs reality. *Jama* 12, 236 (2)183, 1976
14. Hass CJ, Schick EA, Tillman MD, et al. Knee biomechanics during landing: comparison of pre and post pubescent Females, *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol 37, n° 1, 11-107, 2005
15. Herrington L. Knee valgus during landing tasks in Female Volleyball and Basketball players. *J. of Strength and Cond. Res.* 25(11)262-266 2011
16. Hewett TE Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. *Sports Med.* 29, 313-327, 2000
17. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular Training on the incidence of knee injuries in female Athletes, *Am. J. Sports Med.* vol 27, n°6, 699-706, 1999
18. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am. J. Sports Med.* Nov-Dec;24(6):765-73, 1996
19. Holloway J., Baechle H.T. – Strength training for female athlete. *Sport Med.* 9, 216–228, 1990
20. Hutchinson MR, Ireland ML. Knee injuries in female athletes. *Sports Med.* 19(4) 288-302 1995
21. Indrani Sinha-Hikim,1 Stephen M. Roth,2 Martin I. Lee,1 and Shalender Bhasin1, Testosterone-induced muscle hypertrophy is associated with an increase in satellite cell number in healthy, young men. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 285: E197–E205, 2003.
22. Johnson BA, Slzberg CL, Stevenson DA. A systematic review: Plyometric training programs for young children. *J. Strength Cond. Res.* 25(9)26-33, 2011
23. Knapik JJ, Jones BH, Bauman C et al. Strength, flexibility and athletic injuries, *Sport Med.*, 14,277-78 1992
24. Komi PV. Women and sport: an introduction to the physiological aspect, *Medicine and Science*, Karger Basel 1980
25. Lephart S M, Abt, C M Ferris, T C Sell, T Nagai, J B Myers, J J Irgang Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program *Br J Sports Med* 2005;39:932–938. doi: 10.1136/bjism.2005.019083
26. MacKelvie KJ, Khan KM, McKay HA. Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescent? A systematic review, *Br. J. Sports Med.*; 36:250-257, 2002

27. Manno R, Carbonaro G, Madella A. La valutazione delle capacità motorie nello sport, *SdS riv. di Cultura Sportiva* 1985
28. Manno R. Rapporto fra forza, elasticità e stiffness in età evolutiva. *Atletica Studi*, 4, 17-29, 2008
29. Manno R. La forza muscolare in età evolutiva: suo allenamento nelle attività motorie e sportive. *Med. Sport* 61,273-97, 2008
30. Manno R., Mirri G, Morandini C. e al *Gender difference in explosive strength, in top level athletes*. 7th International conference on strength training, Bratislava, 2010
31. McNair PJ, Prapavessis . Normative data of vertical ground reaction forces during landing from a jump. *J. Sci. Med Sport* 2(1)86-8, 1999
32. Mc Nair PJ, Prapavessis H, Callender K. Decreasing landing forces : effect of instruction. *Br. J. Sports Med.* 34, 293-96, 2000
33. Mountjoi M, Armstrong n, Bizzini e al. IOC consensus statement, Training the elite young athlete, *Clin. J. sport. Med.*, 18, 122-123, 2008
34. Myer GD, Faigenbaum AD, Ford KR e al . When to initiate integrative neuromuscular training to reduce-sport related injuries and enhance health in youth. *Curr Sports Med Rep* may-june 10(3) 155.66 2011
35. Myer GD, Faigenbaum AD Chu D e al. Integrative training for children and adolescent: techniques and practices for reducing sports related injuries and enhancing athletic performance. *Phys. Sportsmed.* feb 39(1)74-84 2011
36. Quatman CE, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance: a longitudinal study. *Am J Sports Med.* May;34(5):806-13. 2006
37. Quatman CE, Ford KR, Myer GD, Peterno MV, Hewett CE, . The effect of gender end maturation status on generalized joint laxity in young athletes. *J. Sci. Med. Sports* 11(3) 257-6, 2008
38. Renstrom P, Liungqvist A, Arendt E e al. Non contact incurie in female atlete: an internazional OIYmpic Committee current concepts statement, *Br. J. Sports Med.*, 42: 394-412, 2008
39. Schimidtbleicher D, Gollhofer A. Neuromunsculare Untersuchungen zur Bestimmung individueller Belastungssgroessenfuer ein Teifsprungen. *Leistungssport*,12, 298-307, 1982
40. Strong W, Malina R, Blimkie C e al. Evidence based physical activity for school age youth. *J Pediatr.* 146, 732-737, 2005
41. Withdraw T, Huston L, Wojtys ME, Asthon-Miller J. Effect of vahamstring tensionon anterior cruciate ligaments strein during in vitro impulsive knee flexion and compressive loading, *J Bone Joint Surg Am* 90, 815-23, 2008
42. Wilmore J. Alteration in strength, body composition and anthropometric measurement consequent to 10 week weight training program. *Med Sci Sports Exerc.* 6, 133-138 1974
43. Zhou SD, Lawson DL, Morrison WE, Fairwether. Electromechanical delay of knee extensor: the normal range and the effects on age and gender. *J Hum Mov Studies*, 28: 127-146, 1995