

Dopo avere illustrato le differenze tra i generi nella capacità di forza, si pone l'accento sulla necessità che questa capacità sia sviluppata già nella prepubertà e nella pubertà anche attraverso un allenamento integrativo neuromuscolare. Si trattano poi le differenze muscolari e di forza tra i due generi sia in soggetti non allenati sia in soggetti allenati, in particolare per quanto riguarda sia gli arti superiori sia gli arti inferiori. Prendendo le mosse da osservazioni sulla specificità ormonali, in particolare, del testosterone, si trattano gli effetti dell'allenamento della forza nella donna, soprattutto nelle adolescenti, le loro caratteristiche neuromuscolari e gli aspetti preventivi, in particolare l'allenamento specifico per la prevenzione dei traumi del legamento crociato anteriore, molto frequente nelle atlete e in particolare nelle giovani atlete. Si espongono infine alcune conclusioni applicative e considerazioni sulla necessità di allenare la forza nelle donne già in età precoci considerata l'elevata allenabilità di questa capacità sia sul piano trofico sia su quello neuromuscolare.

Renato Manno *Istituto di Medicina e di Scienza dello sport, ConiServizi, Roma*

## DONNA e ALLENAMENTO della FORZA: ALCUNE CONSIDERAZIONI

19

La specificità femminile nell'allenamento della forza con particolare riferimento all'età evolutiva

Foto Archivio FIE

S&amp;S Scuola dello Sport Anno XXXIII n.96



## Le differenze tra i generi nella capacità di forza

L'attività fisica in età evolutiva rappresenta una esigenza indispensabile per un corretto sviluppo che crei i presupposti per una buona qualità della vita, prevenga l'obesità e tutte le affezioni ad essa collegate che si concludono nell'età adulta, ma le cui basi si creano già nell'età evolutiva (Strong et al. 2005; MacKelvie 2002). Per ottenere ciò si consiglia almeno un'ora di *attività fisica quotidiana* da moderata a vigorosa (Strong et al. 2005). È ormai accettato universalmente che, oltre ad attività fisiche di tipo aerobico, occorre prevedere una importante quota di lavoro anaerobico, incluso quello con sovraccarichi, ma comunque finalizzato allo sviluppo della forza, non solo per uno sviluppo corretto, ma anche per un miglioramento della capacità di carico dell'apparato locomotore che crea i presupposti per un avvio dei ragazzi e delle ragazze a una pratica sportiva agonistica e di alta prestazione (Mountjoi et al. 2008).

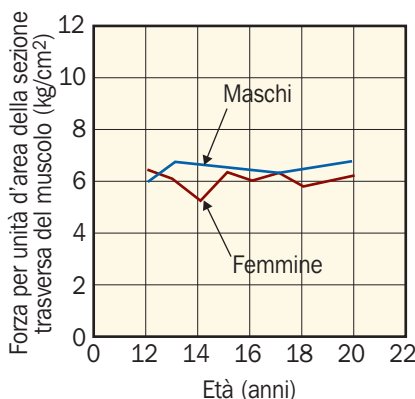
Conoscere quale è la capacità di carico teorica e pratica dei bambini e ragazzi nei due sessi in età evolutiva è molto importante. A tale proposito vanno citate le analisi delle prestazioni di forza e dell'allenabilità di questa capacità, come anche della capacità di salto e di sprint dagli 11 ai 14 anni di vari Autori (Faigenbaum 2000, 2011; Manno et al. 1985; Filin 1978).

Le caratteristiche della forza e il suo ruolo nella capacità di carico sono particolarmente importanti nelle ragazze. Infatti, anche se secondo molti studi esiste una sostanziale similitudine sul piano della qualità muscolare con i ragazzi, alcune differenze sono evidenti - in particolare nella forza prodotta per cm<sup>2</sup> di sezione trasversa (Wilmore 1976; Holloway, Baechle 1990) (figura 1), come è confermato in tutti gli studi che analizzano la forza massima - svolgendo un ruolo centrale sia nel minore livello di prestazione sia nelle differenze nella produzione di infortuni. Già nel 1980, uno studio di Komi (Komi 1980) aveva rilevato una differenza nel tempo di reclutamento della forza fra uomini e donne sedentari. A parità di percentuale di carico quest'ultime impiegavano un tempo quasi doppio nel raggiungere la forza massima (figura 2).

Altre osservazioni, in qualche misura indirettamente, hanno confermato questo fenomeno. Nel salto verticale, ad esempio, le donne, immediatamente dopo la pubertà, presentano un livello nettamente inferiore rispetto agli uomini malgrado la loro evidente minore massa corporea che dovrebbe favorire. Ciò non consente di recuperare le differenze di forza, anche a causa delle differenze di qualche punto percentuale in più di massa grassa rispetto agli uomini. Il salto



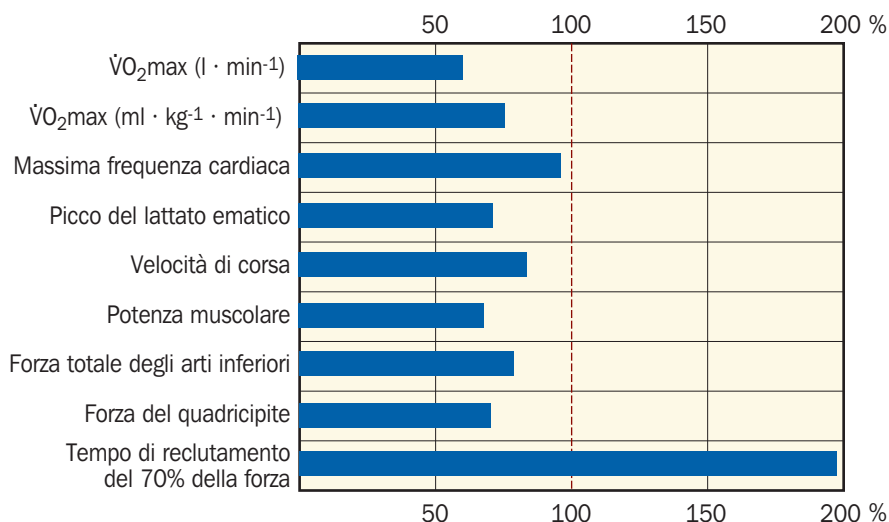
Foto Archivio FIE



**Figura 1 – Forza per unità d'area della sezione trasversa del muscolo (kg/cm<sup>2</sup>) (da Matthews, Fox 1981).**

verticale è considerato un tipica espressione delle forza esplosiva e il suo livello inferiore non compensato dalla forza relativa, rende conto delle differenze in questa capacità. Diversi studiosi statunitensi, dopo aver realizzati molti studi sull'allenabilità della forza in età evolutiva e studiato alcuni specifici problemi della carenza della forza nelle ragazze, hanno proposto alcune linee di indirizzo per un allenamento integrativo che tenga conto delle specifiche necessità dello sviluppo. In una ampia *review* Myer, Faigenbaum (2011), hanno proposto forme complete e complesse di un allenamento neuromuscolare integrativo che rappresenta un allenamento supplementare che incorpora diverse attività quali: le abilità motorie di base, le abilità specifiche di diversi sport e esercizi propedeutici a questi, l'allenamento della forza con sovraccarichi, esercizi per lo sviluppo dell'equilibrio, esercizi di forza finalizzati al potenziamento del "core", pliometria, esercizi di agilità (variazioni di direzione, accelerazioni e arresti), tutti diretti a compensare queste caratteristiche delle capacità di forza che sono proprie delle donne e delle ragazze in particolare.

Non si può escludere che tali differenze di reclutamento della forza siano collegate alle diversità nella concentrazione di testosterone tra i due generi, come suggerito da Bosco (1996). È evidente che la conferma del fatto che il reclutamento della forza nelle donne è più lento comporta ripercussioni neuromecchaniche di vario tipo, che sembrerebbero confermate per gli arti inferiori, mentre non esistono dati chiari per gli arti superiori, che, dalle donne non sono utilizzati in modo così massiccio e potenzialmente traumatico come avviene per gli arti inferiori nella deambulazione, nella corsa e in tutte le forme di salto nella varie situazioni in cui sono necessarie. Alla fine degli anni '90,



**Figura 2 – Valori relativi di alcune prestazioni delle donne comparate agli uomini (da Komi 1980).**

dopo diverse analisi di tipo anatomico strutturale, lavori molto importanti (Gray e al. 1985; Hutchinson e al. 1995) avvalorarono l'ipotesi che la maggiore frequenza di infortuni che si rilevava nelle atlete dipendesse da importanti differenze neuromuscolari che andavano colmate in modo specifico, in particolare con esercizi e tecniche di allenamento generali non finalizzate al potenziamento metabolico, ma all'acquisizione di abilità di base e pre-sportive propedeutiche alla maggior parte delle future abilità sportive e al loro perfezionamento (allenamento integrativo neuromuscolare, figura 3). L'attività fisica, meglio ancora, l'allenamento come prima definito, deve essere caratterizzato da un programma che sia fondato sulla crescita progressiva del carico sia nella intensità, sia nella quantità sia nella difficoltà e complessità degli esercizi.

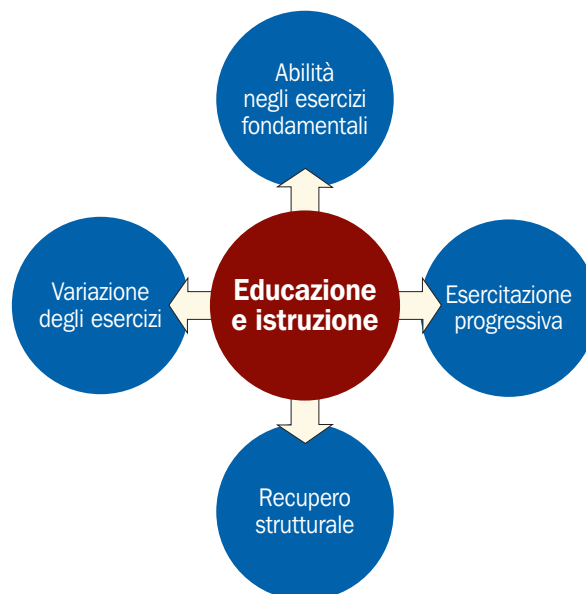
È sempre maggiore la consapevolezza che non sono solo i geni a determinare le caratteristiche fisiche. Essi interagiscono in modo decisivo con l'ambiente in un processo dinamico che definisce un talento nella sua specificità e che, comunque, ne determina in modo importante il valore definitivo. In questo senso la prevenzione va vista con occhi nuovi, non solo come una generica protezione dagli infortuni, ma come un presupposto importante per sviluppare un eventuale talento e conservarlo.

Il rischio sarebbe quello di essere portatore di carenze, dovute a frequenti eccessi relativi di sovraccarico che si possono sommare e a insufficienze di sviluppo delle qualità fisiche che limitano la realizzazione del proprio potenziale di prestazione.

Ciò riguarda in particolare le ragazze molto giovani che presentano una serie specifica di fragilità. In ragazze che si trovavano nella prima fase puberale che partecipavano a un programma di potenziamento con sovraccarichi, si verificò da un anno all'altro un incremento del controllo del movimento del 13%, mentre un gruppo di pari età che non aveva seguito lo stesso programma, accusava una perdita del 21,7%. Nel primo gruppo, fra l'altro, si registrò un incremento di forza della muscolatura posteriore della coscia e in generale un maggior equilibrio bilaterale della muscolatura.

Il monitoraggio e la preparazione fisica durante la crescita muscolo scheletrica nella pubertà sono decisivi per permettere percorsi virtuosi. Infatti, la crescita può creare squilibri che, se non monitorati e corretti, possono assecondare un meccanismo adattativo anormale che si rinforza nelle pratiche occasionali e si stabilizza diventando origine di patologie ed infortuni.

La fase preadolescenziale nelle ragazze è un momento ottimale per iniziare a ridurre i deficit di forza che altrimenti si accelererebbero. L'età evolutiva è un periodo ottimale



**Figura 3 – Istruzione ed educazione sono le componenti per una efficace realizzazione dell'allenamento integrativo neuromuscolare (da Myer, Faigenbaum, Chu 2011).**

per favorire ed equilibrare la crescita, lo sviluppo e la maturazione e in questo modo collegare potenziamento della salute, accrescimento delle competenze motorie, e creazione di solide basi per la futura prestazione sportiva.

### **Differenze muscolari e di forza tra i due generi in soggetti allenati e non allenati**

Una caratteristica muscolare degli uomini e delle donne, che motiva una qualche differenza nella forza, è la distribuzione delle fibre lente e delle fibre rapide. In generale, le donne appaiono avere minore variabilità nella qualità delle fibre rispetto agli uomini, mostrano una tendenza ad avere una minore percentuale di fibre bianche. In linea di massima il numero di fibre tende ad essere eguale, anche se MacDougall (1983) ha trovato un numero inferiore di fibre nelle donne allenate rispetto a uomini allenati. Alway et coll. (1989) invece ha ritrovato lo stesso numero di fibre in soggetti molto allenati come culturisti d'alto livello dei due generi; in entrambi gli studi però, la superficie delle fibre bianche era superiore negli uomini.

Infatti gli uomini presentano maggiori prestazioni di potenza; nella forza massima il valore degli uomini è superiore, anche se le differenze si annullano quando i valori della forza sono espressi per kg di peso corporeo e soprattutto in forza per cm<sup>2</sup> di superficie di muscolo.

Anche all'interno delle unità motorie non sono state rilevate significative differenze nel numero di fibre (Miller 1993); esiste però una differenza di superficie trasversa dell'intero muscolo fra uomini e donne in tutti i muscoli studiati: nella sezione del

bicipite, in tutti flessori del braccio, nel vasto laterale e negli estensori della gamba, rispettivamente del 45%, del 41%, del 30%, e del 25% (Miller 1993). Nella distribuzione della superficie dei principali tipi di fibre (Tipo I, II A, II B) Simoneau, Bouchard (1998) hanno trovato che vi erano differenze tra i due generi. Nelle fibre del tipo I (lente) gli uomini avevano una superficie del 14%, nel tipo II A (veloci resistenti) del 38% e nel tipo IIB del 56% maggiore che nelle donne.

Percentuali leggermente diverse sono state trovate da Staron e al. (2000), però con tendenze ancora più evidenti, e cioè 19% nelle fibre del tipo I, 59% nel tipo IIA e 66% nel tipo IIB, confermando che negli uomini prevale il volume delle fibre veloci con conseguente maggiore forza massima ed esplosiva.

In sintesi non sono emerse differenze molto elevate fra le percentuali di tipi di fibre, ma, nella loro area. Tali differenze, però, sono decisive sul piano funzionale. Non è chiaro se tale condizione esista già alla nascita. Non si può escludere, infatti, che le differenze si sviluppino nel tempo, sulla base di spinte epigenetiche. Oertel (1988) nei neonati ha trovato una minore percentuale di fibre veloci rispetto alle fibre lente e nessuna differenza fra maschi e femmine.

In alcune ricerche biotiche in soggetti dei due generi praticanti la stessa specialità sportiva si è notato che le donne del campione esaminato presentavano distribuzioni di fibre molto simili agli uomini (Esbjornsson-Lidjedahl 1993, 1999). Fino a 12 anni di età maschi e femmine non presentano differenze significative né di misure somatiche né di forza: la massa magra (in gran parte massa muscolare) è simile fino

ai 12-13 anni d'età. Da questa età in poi le donne mostrano un rallentamento della crescita della forza che, verso i 16 anni, si stabilizza, mentre nei maschi la forza continua ad aumentare fino a raggiungere una differenza con le donne del 35-40%. Dalla pubertà in poi nelle donne avviene una caratteristica e molto rilevante differenziazione della composizione corporea (aumento della massa grassa), tale da far parte dei caratteri sessuali secondari.

A partire da queste età la produzione di ormoni da parte delle ghiandole sessuali, che sono in pieno sviluppo, porta a una differenza di trofismo, di funzionalità e di metabolismo che influenza in modo significativo i livelli prestativi.

Secondo Hettinger (1964) la differenza nella forza isometrica fra uomini e donne è circa il 40% in meno nelle donne. La forza statica massima delle donne (Laubach 1976) sarebbe pari al 63% di quella dell'uomo. Tale dato rappresenta la media della forza dei diversi distretti corporei: infatti la percentuale della forza degli arti superiori è pari al 55,9%, quella degli arti inferiori è pari al 71,9% di quella degli uomini.

Dagli studi di Wilmore (1974) appaiono differenze ancora maggiori, soprattutto in relazione alla forza arti inferiori-arti superiori. In tali studi gli arti superiori degli uomini risultano il 63% più forti delle donne mentre negli arti inferiori tale differenza è molto inferiore, circa il 35%.

Nella sostanza risultati simili sono stati confermati da Hofmann e coll (1979) e da Kaneisha e coll. (1994). In tutti i casi evidenziati le differenze si riducevano drasticamente se il dato era espresso in termini di forza relativa e ancora di più in termini di massa magra.

La differenza fra arti superiori e inferiori può esser attribuita al fatto che gli arti inferiori sono sempre attivi nella postura e nella deambulazione, rispetto agli arti superiori che le donne in genere utilizzano di meno.

Si potrebbe presumere che, secondo le attività fisiche svolte, tale differenza di forza con l'uomo, possa variare: i lavori di Morrow (1991) però hanno confermato questa differenza in atlete praticanti pallavolo e pallacanestro e maschi non allenati.

A conferma che le differenze sono influenzate dalle abitudini di vita, uno studio finlandese (Rantanen e al. 1992), ha trovato nelle donne una relazione positiva fra il livello di formazione scolastica e il livello di prestazione fisica in donne di età avanzata. Che fattori socioeconomici influenzino l'attività fisica è confermato da altre ricerche (Federico e al. 2012). Si può presumere che le persone più colte diano maggiore importanza all'attività fisica e, quindi, la praticino nel tempo libero.

Secondo alcuni autori, vi sono alcune differenze antropometriche specifiche delle donne rispetto agli uomini, che sembrano essere la causa delle differenze di forza. Ad esempio, la larghezza delle spalle, che essendo maggiore nell'uomo sarebbe favorevole ad una migliore disposizione dei muscoli, rispetto alla donna nella quale la minore larghezza sarebbe sfavorevole a tale disposizione. Secondo Stobbe (1982), nelle donne il maggiore angolo dell'anca rispetto al ginocchio e il conseguente valgismo avrebbero conseguenze sull'allenabilità della forza e aumenterebbero il numero degli infortuni al ginocchio. Holloway Baechle (1990) vedono nella debolezza dei muscoli e dei legamenti la causa prevalente di infortuni nelle donne, per cui consigliano il potenziamento muscolare, in particolare lo *squat* realizzato in modo progressivo. Secondo Wells (1985) la minore lunghezza delle gambe favorirebbe le donne in questo e in altri esercizi compensando i limiti legati alla morfologia delle anche e degli arti inferiori.

In sport di forza come la pesistica, nelle donne il carico massimo sollevato nelle diverse alzate è il doppio, mentre negli uomini è il triplo del peso del corpo. Tale differenza, circa il 33%, nella forza relativa, è superiore a quella delle popolazioni di sedentari, però è giustificabile con le differenze nell'allenamento o con la minore diffusione della pratica femminile della pesistica che rende meno probabile un processo selettivo di efficacia comparabile. Non è facile, infatti, reperire donne che, come avviene tra gli uomini, abbiano svolto una pratica intensa, prolungata ed avanzata in discipline di potenza, per cui è probabile che le donne, in questo settore, non abbiano dato fondo alla loro potenzialità genetiche. Come già visto, Komi e coll. (1980), in uno studio sulle differenze di prestazione fra maschi e femmine, hanno notato, oltre alla tradizionale differenza nel livello di forza massima, una forte differenza nel tempo di reclutamento del 70% della forza massima. Nella donna la differenza di tempo in più necessaria al raggiungimento di tale percentuale di forza toccava il 100%.

### **Osservazioni sulle specificità ormonali nella prestazione di forza nella donna**

Il testosterone agisce sul trofismo di entrambe i tipi delle fibre, aumentando la sintesi proteica ed anche il numero delle cellule satelliti. Se ciò è sicuro nell'uomo, nella donna, la cui concentrazione di testosterone (T) è intorno al 10% rispetto alla quantità prodotta dall'uomo, tale meccanismo però ha una efficienza superiore in quanto, con una minore concentrazione di questo ormone si ottiene una percentuale maggiore di ipertrofia relativa prodotta dall'allenamento.

Anche se vi sono differenze rilevanti per quanto riguarda la forza prodotta per unità di superficie, Bosco e al. (1996) hanno evidenziato una correlazione positiva nel rapporto fra capacità di salto e livello di T ematico rapportando le differenze di capacità di salto fra maschi e femmine con le diverse concentrazioni di T fra i due generi. Uno studio più recente (Cardinale et al. 2006) conferma le differenze (la prestazione delle donne è circa l'86,3% della prestazione dell'uomo) nella capacità di salto fra maschi e femmine di livello agonistico comparabile e una correlazione fra CMJ e T di 0,61. In tale studio il livello di T era superiore nelle *sprinter* rispetto alle specialiste di handball e calcio, in modo molto evidente. I valori medi di T fra *sprinter* donne e giocatrici di handball erano circa il doppio nelle prime rispetto alle seconde; negli uomini, nelle stesse discipline, la differenza era molto simile, pur confermando che la differenza di concentrazione media di T negli atleti era 10 volte superiore. Negli uomini, la correlazione fra concentrazione di T e capacità di salto era superiore (0,62 rispetto a 0,48 delle donne).

Tra donne *sprinter* e *sprinter* maschi non sono state rilevate differenze nei livelli di forza della curva forza-velocità degli arti inferiori quando i dati della forza furono normalizzati per il peso corporeo (Bosco 2002). Nello stesso studio, come in quello sulla capacità di salto, nella parte alta della curva forza-velocità e della curva potenza-velocità la differenza fra i due sessi è apparsa evidente confermando che il T potrebbe avere un ruolo nei movimenti rapidi, come sostenuto da Bosco, che ha anche evidenziato una relazione fra le capacità di salto e la concentrazione di T in calciatori maschi.

Studi recentissimi di Hagmar et al. (2009) hanno rilevato che in atlete di alto livello che soffrono di dismenorrea si ha una elevata frequenza della sindrome di ovaio policistico. Nelle stesse atlete non si evidenzia alcun segno di sofferenza da carenza di energia disponibile, a cui tale disturbo era tradizionalmente attribuito, valutata attraverso la massa grassa e attraverso l'assenza di osteopenia o osteoporosi (ACSM 2007). Tale condizione era più frequente in specialiste di specialità di potenza e meno in specialiste di *endurance* di discipline tecniche.

Gli aspetti ormonali nelle donne possono influenzare anche la capacità di carico delle articolazioni influenzando la capacità tensile dei legamenti, tendini e fasce. L'aumento degli estrogeni e della relaxina incrementa la deformabilità dei tendini causando, transitoriamente, lassità legamentosa a cui è attribuita una maggiore incidenza di infortuni. Gli ormoni sessuali femminili hanno un effetto importante sulla stabilità attiva e

passiva del ginocchio delle atlete, aumentando il rischio d'incidenti. Le ragioni di tali effetti sono, in primis l'influenza ormonale sulla *stiffness* dei tendini (Hewett 2000) che può essere spiegata dalla presenza di recettori dei tali ormoni nei legamenti. Nella ovulazione, nella fase di calo di estrogeni, la forza può aumentare e diminuire la capacità di rilassamento muscolare.

### Effetti dell'allenamento della forza nella donna

La forza nella donna ha, come nell'uomo, diverse espressioni che sono allenabili e che si modificano con l'età in funzione delle trasformazioni muscolari, ormonali e metaboliche. Häkkinen, Häkkinen (1991) hanno misurato gruppi di donne dell'età di 30, 50 e 70 anni. In tali gruppi differenze di forza significative si evidenziavano, soprattutto fra i gruppi di 30 e 70 anni, nella forza espressa in valori assoluti, mentre non si rilevarono differenze significative nella forza espressa in funzione della sezione trasversa del muscolo. Differenze importanti furono rilevate nelle capacità di forza esplosiva, le trentenni mostravano un livello nettamente più elevato delle settantenni (Häkkinen 1991), il tempo di rilassamento muscolare non mostrò particolari differenze.

Poiché il rapporto forza massima-sezione-trasversa non evidenzia particolari differenze nelle età considerate, il calo di forza esplosiva si può attribuire a una riduzione, dovuta all'età, del trofismo e, in parte, del numero delle fibre bianche, come avviene anche negli uomini. Ciò è, molto probabilmente, dovuto anche alla mancanza di sollecitazione delle unità motorie veloci per mancanza di attività fisica.

L'ipertrofia nell'allenamento della forza femminile è rilevante. Nonostante il livello ematico del testosterone sia molto basso, in uno studio condotto su uomini e donne che si sono allenati per 16 settimane, 3 volte a settimana con il 70-90% di 1RM, Cureton e al. (1988) hanno rilevato un incremento di forza ragguardevole in entrambi i sessi, leggermente superiore nelle donne (flessori del braccio), rispettivamente del 32,6 e del 59,3%. L'ipertrofia muscolare era sostanzialmente simile nei due generi, le differenze, espresse in percentuale, erano molto ridotte; anche Wilmore (1974) ha rilevato una buona tendenza all'ipertrofia nella donna, in qualche caso maggiore che negli uomini, forse perché meno allenate in assoluto, come negli arti superiori.

La pratica del sollevamento pesi e di esercitazioni di forza modificano la composizione corporea; ad esempio, negli uomini, la massa grassa può variare dal 7% prima di un periodo di allenamento al 3% dopo

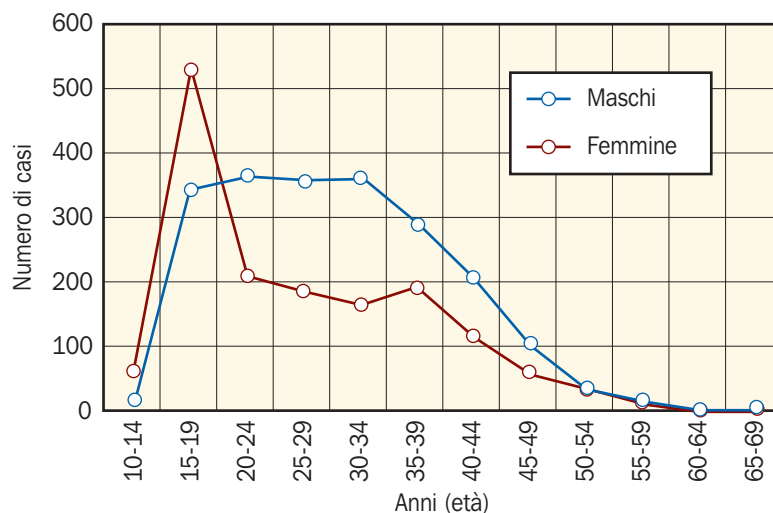


Figura 4 – Frequenza degli infortuni nelle donne in rapporto all'età (da Ahmad et al. 2006).

l'allenamento, senza modificazioni del peso corporeo (Bosco 1995). Nonostante gli sport di forza siano stati considerati poco adatti alle donne, le donne che li praticano presentano una autostima elevata (anche ottima), addirittura migliore rispetto alle praticanti di altri sport. Una lieve minore ipertrofia che, si registra in qualche studio, come si è visto, può essere attribuita al calo della massa grassa. La diminuzione della massa grassa a favore della massa muscolare ha fatto diventare questa pratica molto diffusa (soprattutto a livelli di intensità moderata) anche nella popolazione femminile.

In un gruppo di donne, seguito per sedici settimane da Häkkinen et al. (1990) si è notato che il tempo di reclutamento della forza, nonché la curva forza-tempo migliorava in modo proporzionale alla concentrazione individuale di testosterone libero e totale nel sangue, che pertanto potrebbe essere considerato un *marker* di allenabilità nelle donne. Anche in questo caso, i miglioramenti della prestazione forza-tempo sono avvenuti nella prima parte delle 16 settimane di allenamento.

A differenza di alcuni sport di resistenza (corsa e nuoto) e della ginnastica, nello stesso studio non sono state riferite irregolarità del ciclo nelle praticanti discipline di forza.

Sono stati riportati effetti positivi sulla calcificazione in donne esposte a perdita di calcio in periodi particolari come nella menopausa, che con l'uso dei sovraccarichi trovano una buona compensazione. In donne praticanti culturismo si evidenziano ossa più spesse rispetto ad altre praticanti sport che non usano sovraccarichi (nuotatrici, mezzofondiste).

Secondo Staron (2000) l'aumento della densità ossea nella donna è proporzionale ai carichi cui si sottopone l'organismo.

### Caratteristiche neuromuscolari e aspetti preventivi

Vista l'importanza del periodo evolutivo è necessario approfondire le caratteristiche che in età evolutiva presenta la donna rispetto all'uomo. Diversi lavori del gruppo collegato a Hewett (1996) hanno evidenziato un fenomeno che appare molto legato alle prime osservazioni di Komi (1981). In base alla 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 traumi al ginocchio rispetto ai maschi. Inoltre, la maggioranza di tali traumi si produce senza contatto fisico, in particolare atterrando dopo un salto o eseguendo veloci cambi di direzione (Hewett 2000).

La frequenza degli infortuni si riduce di molto nelle atlete evolute (da 4-6 a 2 volte maggiore rispetto ai maschi) e si riduce ulteriormente salendo di livello agonistico e di preparazione, però la frequenza di infortuni rimane ad un livello rilevante.

Il problema è molto frequente nel periodo d'età associato alla maturazione (figura 4) e nella fase di rapida crescita staturale-ponderale come emerge dallo specifico approfondimento realizzato da esperti per conto del Cio (Renstrom et al. 2008).

Fra le cause, alcune sono senza dubbio da identificare nella instabilità del ginocchio, dovuta in primo luogo alle lassità articolare, altre sono da attribuire alla carenza di forza, in particolare della velocità del suo reclutamento. Altri fattori concomitanti potrebbe essere la flessibilità articolare (Knapik 1992) e la coordinazione specifica.

Generalmente le ragioni di tale fenomeno sono attribuibili a tre componenti: anato-

miche, neuromuscolari e ormonali. Gli aspetti anatomico-antropometrici ovviamente non sono modificabili. Mentre è evidente che, sul piano pratico, sugli aspetti neuromuscolari sono possibili modificazioni indotte dalla varie forme di allenamento della forza. Sugli aspetti ormonali si possono, invece, identificare relazioni temporali nelle variazioni delle loro concentrazioni che possono così creare una concreta possibilità di prevenzione della probabilità degli infortuni.

Hewett (1999) ha evidenziato come un allenamento adeguato di forza diminuisca la frequenza di incidenti al ginocchio, considerato anche che l'80% degli infortuni al ginocchio avviene in incidenti senza contatto fisico, e la maggioranza degli incidenti avviene dopo un salto e l'atterraggio con perdita di equilibrio (Ferretti et al. 1992), 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 (Hewett et al. 1999) come vedremo in seguito. La causa degli infortuni è di tipo neuromuscolare cioè la diversa attivazione del quadricipite rispetto al bicipite femorale e dei muscoli sinergici, nelle donne.

Rispetto a tale fenomeno, gli studi di Hewett (1996) hanno identificato nelle donne un livello di forza nettamente inferiore nei muscoli ischiocrurali, insieme ad un netto ritardo di attivazione, rispetto agli uomini.

Se si considera che i muscoli ischiocrurali rappresentano un sinergico del ruolo di contenzione operato dal legamento crociato anteriore superiore, l'attivazione anticipata del quadricipite rispetto ad essi agisce come un antagonista aumentando lo stress sul legamento crociato, non sufficientemente compensato dalla carenza di forza e dal ritardo di attivazione dei muscoli ischiocrurali.

Anche il gastrocnemio agisce in sinergia sulla contenzione dei legamenti, ma in ritardo di attivazione rispetto agli uomini che producono una maggiore ammortizzazione, una maggiore *stiffness* articolare e quindi maggiore forza (Manno 2008).

Dall'analisi della frequenza di infortuni è emersa la specificità delle fasi della maturazione sessuale (Quatman et al. 2008). La lassità articolare che si produce in questa fase agisce sulla stabilità delle articolazioni, quindi sulla *stiffness* generale e può ritardare l'attivazione neuromuscolare che è alla base delle co-contrazioni protettive. I risultati evidenziano che le ragazze, dopo la maturazione sessuale, presentano una lassità articolare maggiore rispetto alle ragazze in età prepuberale e nettamente maggiore rispetto ai maschi sia prepuberi che puberi.

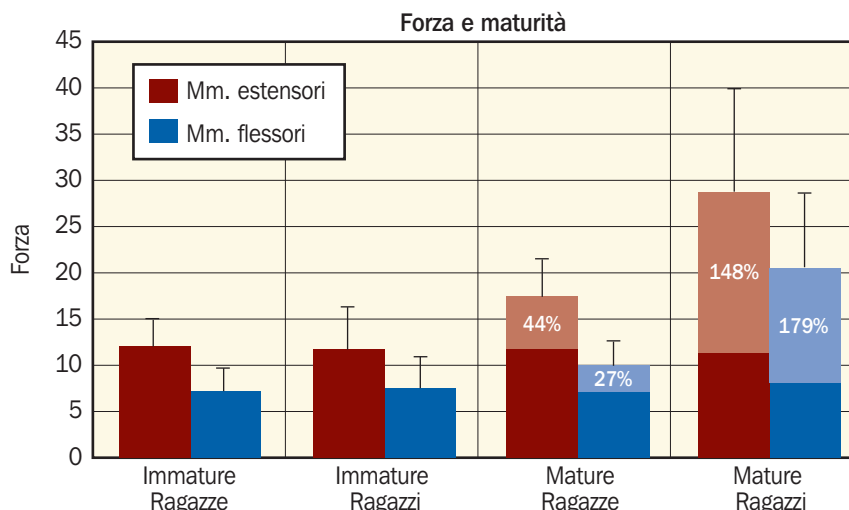


Figura 5 – Rapporto tra flessori ed estensori in soggetti di ambo i generi in età pre- e post-puberale (Ahmad 2006).

Un importante indice delle condizioni di forza degli arti inferiori è costituito dal rapporto di forza tra i muscoli estensori e flessori della gamba. Dopo la maturazione si ha un aumento di questo rapporto cioè i flessori (muscoli ischiocrurali) sono più deboli degli estensori.

Nelle giovani donne sia prepuberi che postpuberi si evidenzia un rapporto muscoli anteriori-muscoli posteriori della coscia elevato, cioè maggiormente sbilanciato rispetto ai maschi che, in entrambi le fasi di età, evidenziano un rapporto inferiore (figura 5). Una differenza nel rapporto flessori-estensori inferiore al 50-60% è un fattore di rischio (Ahmad et al. 2006). Nella fase della maturazione nelle donne si produce un incremento della forza del 50% nel quadricipite e del 27% nei muscoli ischiocrurali, mentre nei maschi avviene l'inverso (148% vs 176%) (Ahmad 2006).

L'accelerazione di questo squilibrio avviene nei momenti immediatamente precedenti e immediatamente successivi all'apparizione del menarca.

Le strategie di atterraggio nel salto nelle donne sul piano frontale, mostrano differenze fra i sessi nell'allineamento degli arti inferiori del ginocchio che facilitano gli infortuni. In particolare fra le bambine prepuberi e postpuberi, si ha una differenza nel livello della flessione nel ginocchio, nella quale vi è un minore piegamento e una maggiore adduzione.

Sia nelle ragazze prepuberi, sia in quelle puberi l'allenamento modifica le strategie di atterraggio. In particolare aumenta la flessione del ginocchio e diminuiscono le forze di reazione al suolo (Hewett 1996). Le forze al suolo misurate dai diversi autori (Zhou et al. 1995) osservate nei *drop jump*, normalizzate per il peso del corpo sono di circa 4,0 volte il peso del corpo (BW), in alcuni Autori fino a 4,5, le forze orizzontali fino a 0,79 BW.

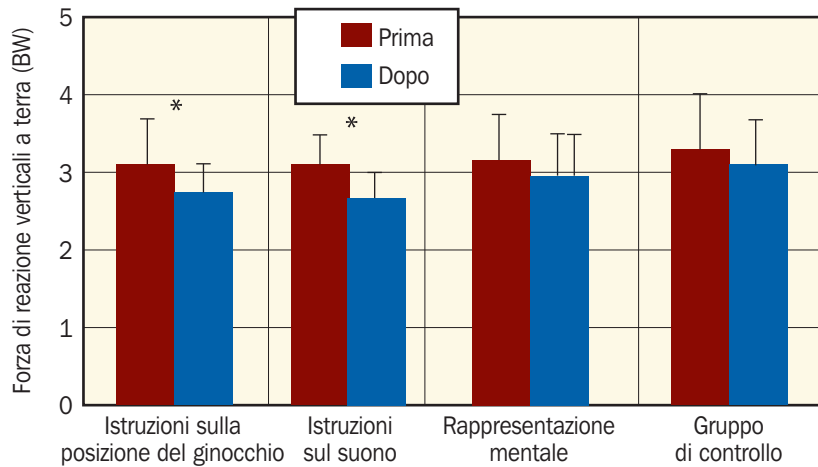
### L'allenamento specifico per la prevenzione degli infortuni al ginocchio

Il ginocchio valgo aumenta il rischio di infortunio in funzione dell'angolo di valgismo (Herrington 2011). Un allenamento fondato sull'adozione di esercizi di allenamento neuromuscolare (propriocezione, lavoro con i sovraccarichi, pliometria) ha come effetto la riduzione del numero di incidenti di 3-4 volte in donne sedentarie e da 1 o 2 volte nelle donne allenate (Hewett 1999). La funzione di stabilizzazione della forza dei muscoli posteriori della coscia, fa sì che una sua carenza produca squilibri che hanno come conseguenza 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 una ammortizzazione graduale che è frutto di uno specifico insegnamento.

L'allenamento mediante salti graduali e rimbalzi produce un effetto di riduzione del picco di forza dell'impatto sul terreno e di conseguenza anche del picco di forza sul ginocchio, con effetti positivi sulla forza e la potenza dei muscoli posteriori della coscia.

Elementi di ulteriore conferma di ciò sono stati evidenziati in un recentissimo studio (Barendrecht et al. 2011) che, per dieci settimane, ha aggiunto all'allenamento normale venti minuti alla settimana di allenamento neuromuscolare in un gruppo sperimentale, confrontato con un gruppo nel quale questa attività non veniva aggiunta. Nel gruppo sperimentale si otteneva un forte riduzione dell'angolo di valgismo e una modificazione della cinematica dell'atterraggio. Inoltre i soggetti più deboli (che presenta-



**Figura 6 – Media (+DS) delle forze di reazione verticali a terra prima e dopo l'apprendimento della tecnica di atterraggio. \* Differenza significativa rispetto a gruppo di controllo.**



**Figura 7 – Registrazione elettromiografia del gastrocnemio durante un salto pliometrico cadendo a 1 m di altezza in un soggetto allenato (sotto) e non allenato (sopra) L'attività elettromiografia del soggetto allenato al momento del contatto sale per tutto il tempo, mentre il non allenato mostra una depressione iniziale dovuta a inibizione (da Schmidtbleicher, Gollhofer 1982).**

vano un maggiore angolo di valgismo) beneficiavano maggiormente di tale allenamento aggiuntivo. In uno studio precedente (McNair et al. 2000), sono stati studiati gli effetti sulla meccanica degli atterraggi di un allenamento di salti in ragazze che praticavano sport nei quali sono richiesti molti salti e atterraggi. In tale studio si sviluppava l'acquisizione delle tecniche di modulazione della frenata nell'atterraggio, una procedura di allenamento e di apprendimento attraverso la quale si ottenevano importanti progressi che portavano a una riduzione del 22% della forza d'impatto e del 50% delle forze al ginocchio (McNair et al. 2000) (figura 6).

Emerge, quindi, che un'altro obiettivo dell'allenamento nelle ragazze è quello di diminuire le forze di impatto mediante l'apprendimento di tecniche specifiche, anche al fine di incrementare il successivo salto come già descritto da Bosco (1997) (figura 7).

In effetti, in una recente ricerca su giocatrici di pallavolo si è potuto ottenere una diminuzione della forza di picco del 22% nell'impatto al suolo e quasi il dimezzamento dell'adduzione (Herrington 2011). Il rapporto di forza fra estensori e flessori si è riduceva 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 in media aumentava del 10%. Da ciò si possono facilmente dedurre gli effetti positivi sia sulla stabilizzazione dell'articolazione del ginocchio sia sulla relativa frequenza di infortuni (figura 7 e 8).

### Conclusioni applicative

Dalla descrizione precedente si evidenzia come le differenze fra maschi e femmine nella forza siano scarse, ma rilevanti e possano influenzare, se non pregiudicare, come nel

caso delle caratteristiche descritte negli arti inferiori, la riuscita nelle prestazioni sportive. Tutto ciò, però, può essere più che sufficientemente bilanciato da una preparazione adeguata che tenga conto di tutte le potenzialità dell'allenamento della forza, in primo luogo, l'uso dei sovraccarichi e dei salti nelle forme complete che rispondono anche alla necessità di irrobustire ossa, legamenti e tendini. L'uso dei sovraccarichi è un lavoro preventivo che influenza la densità ossea e probabilmente la robustezza dei legamenti, come dimostrato da lavori recenti che hanno specificato aspetti sia analitici sia molto pratici sulla natura dei suoi effetti (Alvarez-San Emeterio et al., 2011). In particolare si è notato un aumento della densità ossea in ragazzi e ragazze che avevano svolto un lavoro con i sovraccarichi rispetto ai sedentari di pari età (13-16 anni). Tale aumento era addirittura maggiore nei ragazzi che nelle ragazze.

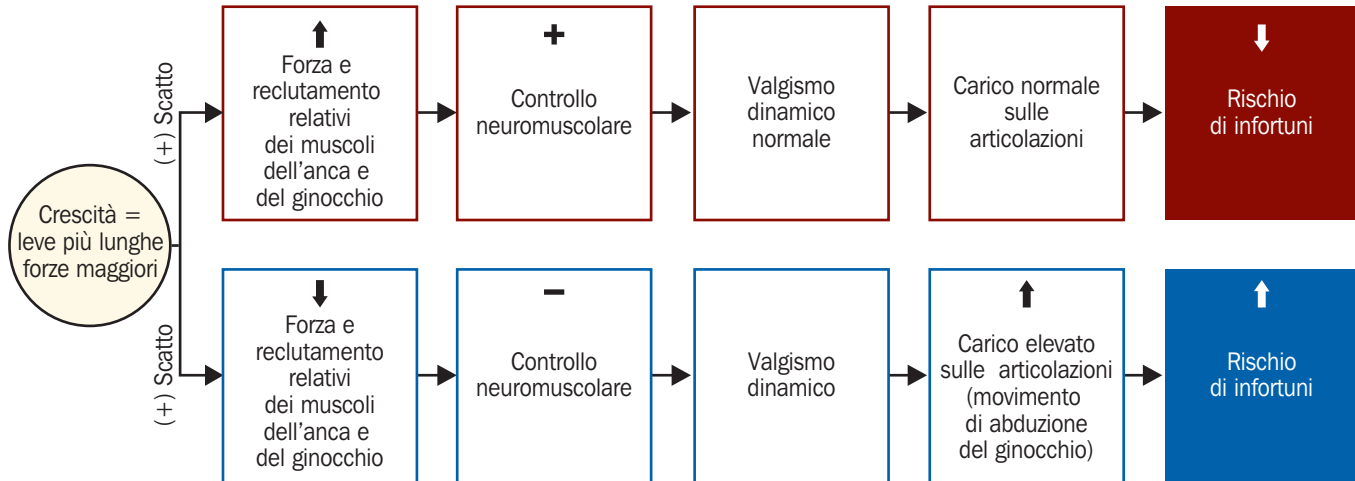
L'età prepuberale è considerata l'età sensibile in cui applicare l'attività fisica, particolarmente con sovraccarichi, per avere il massimo della risposta di densità ossea nelle femmine come descritto nella figura 9.

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 del rischio di infortuni.

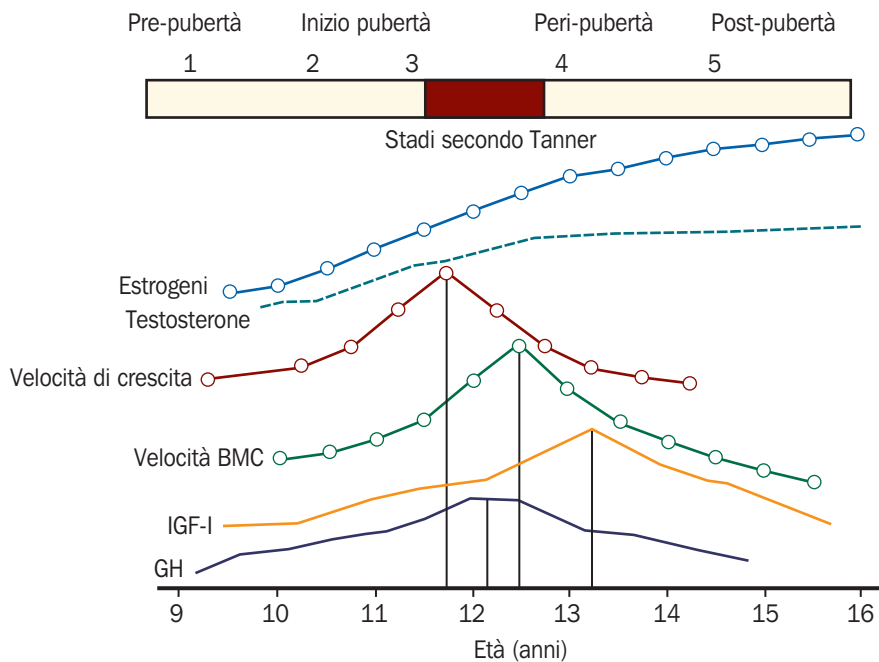
L'allenamento pliometrico è una tecnica specifica di allenamento, molto efficace, che deve essere modulata soprattutto nelle intensità, perché può oscillare da rimbaldi di piccola entità fino ad intensità notevoli, come nelle forme di *drop jump* con cadute da altezze uguali o superiori a quelle del salto verticale, che, se non sono precedute da una adeguata preparazione può essere causa di seri rischi.

L'incremento delle fragilità che le donne evidenziano immediatamente dopo la maturazione sessuale, che accentua le caratteristiche di maggior rischio già presenti nelle prepuberi va gestita con un mix armonico che può includere i sovraccarichi tradizionali, con valore formativo strutturale, l'attività propriocettiva, le attività di salto e rimbaldi, con una gradualità paziente che deve garantire un sufficiente adattamento, sia neuromotorio sia osteotendineo che, come noto è 4-6 volte più lento di quello muscolare.

Pertanto l'uso della pliometria deve rispettare le gradualità convenute ed evitare che l'allieva sia stanca e deconcentrata. Un recentissimo lavoro (Johnson e al. 2011) ha riassunto le principali ricerche sulla pliometria praticata dai bambini e ragazzi arrivando alla sintesi sulle metodologie da adottare, riportata nel riquadro "Allenamento di pliometria".



**Figura 8 – Teoria che associa crescita, adattamento neuromuscolare, controllo neuromuscolare, valgismo dinamico e carico sulle articolazioni al rischio di lesioni del legamento crociato anteriore (da Myer et al. 2008).**



**Picco della velocità di crescita, velocità del contenuto minerale osseo (BMC, Bone Mineral Contents), dell'ampiezza dell'ormone della crescita (GH, Growth Hormone) e del fattore di crescita insulino simile (IGF, insulin-like growth factor) e tendenze dei livelli di estrogeni e testosterone nelle ragazze in rapporto all'età media e agli stadi di Tanner. I loro picchi (collegati all'età da linee continue) mostrano l'età media o gli stadi di Tanner nei quali si hanno i massimi aumenti di statura e di BMC e si producono i massimi livelli di GH e IGF-1. Nei ragazzi picco di crescita e picco della velocità di BMC si producono a 14,0 anni (stadio 4 di Tanner) con un ritardo di circa 1,5 anni rispetto alle ragazze (a 13,4 anni – stadio 3 di Tanner). Le relazioni tra i picchi sono simili tra i due generi (da McKelvie 2002).**

**ALLENAMENTO DI PLIOMETRIA**

- È consigliabile 2 volte a settimana.
- Si ottengono effetti significativi a partire da 8-10 settimane. Il minimo sembra essere una volta alla settimana per 14 settimane.
- 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 e al suolo.
- L'esercizio può durare circa 10 s con 90 s di recupero.
- Gli istruttori si debbono dedicare a gruppi di 4-5 allievi e supervisionare l'esecuzione corretta in modo tale da ottenere un carico che tuteli le articolazioni.

Se si considera la notevole capacità di recupero delle donne, si deve ricordare, poi, che i carichi per l'allenamento sia della forza sia della forza esplosiva sono ben sopportati sul piano metabolico muscolare (Hunter 2009).

La bibliografia del presente articolo può essere consultata e scaricata dal sito [www.calzetti-mariucci.it](http://www.calzetti-mariucci.it)

L'Autore: dott. Renato Manno segue i problemi della formazione e della programmazione dell'allenamento presso l'Istituto di medicina e Scienza dello sport "Antonio Venerando" della Coni Servizi s.p.a, Roma  
 Indirizzo dell'Autore:  
 Dott. Renato Manno, Istituto di medicina e scienza dello sport "Antonio Venerando", P. Gabrielli 1, 00197 Roma.  
 e-mail: [renato.manno@coni.it](mailto:renato.manno@coni.it)

In conclusione vi sono molte indicazioni perché le ragazze applichino l'allenamento della forza, compreso l'uso dei sovraccarichi e la pliometria. Non esiste 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 (Myers et al 2011;

Faigenbaum et al. 2009). Le donne, oltre alla loro fragilità transitoria, devono allenare le componenti esplosive della forza anche perché esiste una notevole allenabilità sia sul piano trofico sia sul piano neuromuscolare, però senza bruciare le tappe, che esporrebbe al rischio di infortuni del quale abbiamo parlato precedentemente.