

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/287365570>

Female strength training: Specific characteristics of gender, effect of age and types of training

Article in *Medicina Dello Sport; Rivista di Fisiopatologia Dello Sport* · March 2013

CITATION

1

READS

379

1 author:



[Renato Manno](#)

Università Telematica San Raffaele

24 PUBLICATIONS 458 CITATIONS

SEE PROFILE

Female strength training: specific characteristics of gender, effect of age and types of training



L'allenamento della forza nella donna: caratteristiche specifiche di genere, effetto dell'età e dei tipi di allenamento

R. MANNO

Institute of Medicine and Sport Sciences, Unit of Sport Sciences, Coni Servizi, Rome, Italy

SUMMARY

The features of female muscle strength were analyzed and compared to males. Relevant studies on female strength started in 1970, that since social habits and life expectancy have changed greatly. Women's muscle strength is 35-40% lower than men's. If strength is divided by body mass or by estimated lean body mass the differences within sex is quite null and there are no differences in muscle Cross Sectional Area (CSA). Females have a lower ability to recruit promptly muscle strength: for achieving the same percentage of maximum strength (Rate of Force Development - RFD) females take 80% more time than males. The slower RFD can facilitate knee's injuries during adolescent hood. In teenager female Anterior Cruciate Ligament ACL? injuries are 6-8 times more frequent than in males. The leg's flexors-extensor strength unbalance, that increase during female's adolescent hood is another risk factor leading to a temporary worse joint laxity caused by hormonal variations. A good protocol for knee injuries prevention has been developed trough improving landing and squat skills, strength training. The consequent reduction of flexors and extensor unbalance diminish the risk differences within sex. The hypertrophic effect of strength training in female is correlated with Testosterone levels during rest. The testosterone level in female is, in general, ten times lower than men's level, but muscle hypertrophy after long term strength training is quite similar at all ages. Strength training and vibration training can counteract menopause side effects as osteoporosis and improve bone density. Strength training combined with hormonal therapy, can improve muscle mass and reduce fat mass. In conclusion, strength training in female is a good method for improving performance, grow stronger, prevent injuries and aging healthier.

KEY WORDS: Muscle strength - Woman - Physical exercise.

RIASSUNTO

Le caratteristiche della forza nella donna sono studiate in comparazione con l'uomo, esse sono state approfondite al l'inizio degli anni 70. Da quegli anni i costumi e le abitudini sociali si sono modificate insieme alla speranza di vita e si sono anche approfondite le specifiche conoscenze. La forza muscolare della donna è inferiore di circa il 35-40% meno degli uomini, se la si esprime in funzione del peso corporeo o della stima della massa magra si abbassa fino ad annullarsi quando si calcola la forza per superficie di sezione trasversa. La forza sviluppata da una pari quantità di massa muscolare della donna è uguale a quella dell'uomo. Esiste una minore velocità di reclutamento della forza rispetto ai maschi; a parità di percentuale di forza usata nelle femmine non allenate, il tempo di reclutamento è circa 80% più lungo rispetto ai maschi, tale differenza si riduce molto nelle donne allenate. Tale minore prontezza può facilitare gli infortuni al ginocchio che nell'età prepuberale e puberale hanno una incidenza sul crociato anteriore di 6-8 volte superiore ai ragazzi. Ciò è rafforzato dallo squilibrio di forza fra flessori ed estensori della gamba che nelle ragazze si incrementa nell'età della maturazione sessuale insieme ad una maggiore lassità articolare provocata dalle modificazioni ormonali. È stata sviluppata una buona metodologia per la prevenzione basata su tecniche di atterraggio e miglioramento delle accosciate, aumento della forza e suo riequilibrio fra flessori ed estensori, ciò porta all'annullamento della differenze di incidenti fra maschi e femmine. La concentrazione di testosterone nelle donne rispetto agli uomini è circa un decimo, ma non vi sono rilevanti differenze nell'ipertrofia dopo allenamento con so-

vraccarichi con i maschi, comunque il risultato dell'allenamento della forza è correlato con la relativa concentrazione di testosterone a riposo. L'allenamento della forza anche con l'uso delle vibrazioni può combattere gli effetti della menopausa, con l'aumento della densità ossea, soprattutto con terapia ormonale sostitutiva, può aumentare la massa magra, ridurre la massa grassa. In conclusione l'allenamento della forza nelle donne è auspicabile in tutte le età sia per l'incremento della prestazione che per la prevenzione degli infortuni che per uso terapeutico.

PAROLE CHIAVE: *Forza muscolare - Donne - Esercizio fisico.*

Female strength training has evolved considerably, to increase performance, prevent disease and improve the efficiency and quality of life. Some years ago women themselves did not appear to enjoy training focused on strength development which led to an increase in muscular weight and its reflection on the female image. Trainers, and perhaps the female athletes themselves, wrongly saw similar activities as little feminine. Some ideas may persist, in terms of aesthetics and performance, but important data show that such ideas have evolved to become the protagonists of trends and practices based on scientific evidence, to the extent that preparation with overloading is now considered one of the most effective ways to improve aesthetic and functional aspects and, consequently, one of the most important physical preparation systems and ways to prevent different diseases.

Leading female personalities are often pictured beside muscle-building and fitness equipment; going to the gym is a natural part of the daily routine of many women, from managers to housewives; some delays exist in the less well-to-do and poorly educated ranks of society which still harbour cultural resistances. The vigour which many well-known and less well-known personalities flaunt, even at a mature age, can credibly be attributed to physical practices which include strength training and the use of overloading with different kinds of equipment which produce an increase in resistance to tone and activate muscular trophic adaptations.

One recent study¹ has positively connected strength training with body image, which can be defined as "the mental perception of one's figure". The body image, conceived in this way is an integral part of social development; its distortion, for example, contributes to pathologies connected with eating disorders, in both women and men. These can be partially attributed to a distorted perception of the body's image, so it is important that strength training increases this bond, with balance and in a healthy educational environment. Furthermore, women appear

L'allenamento della forza nella donna è una pratica che si è evoluta in modo notevole, sia come mezzo per l'incremento della prestazione, sia come mezzo per la prevenzione che come strumento per migliorare l'efficienza e la qualità della vita. Alcuni anni fa le donne stesse sembravano non gradire un allenamento incentrato sullo sviluppo della forza con il conseguente incremento della massa muscolare e il suo riflesso sull'immagine femminile. Da parte degli allenatori, nel senso comune, e forse da parte delle stesse atlete, simili attività erano ritenute, pregiudizialmente, poco femminili. Anche oggi qualche idea può resistere, sia sul piano delle ragioni estetiche che su quello prestativo, ma il dato principale è che tali idee si sono evolute e si sono fatte protagoniste di mode e di prassi sulla base di evidenze scientifiche, tanto da considerare la preparazione con i sovraccarichi fra le forme più efficaci di miglioramento dell'aspetto estetico, degli aspetti funzionali e, di conseguenza, come uno dei più importanti sistemi di preparazione fisica e di mezzo di prevenzione di diverse affezioni.

Personaggi femminili molto noti sono spesso affiancati ad attrezzi di muscolazione e di fitness; il passaggio in palestra scandisce i ritmi giornalieri di molte donne, da manager a casalinghe, qualche ritardo si ha nei ceti meno abbienti e meno formati che hanno ancora resistenze culturali. Il vigore che molti personaggi noti e meno noti ostentano anche in età matura, si può, credibilmente, attribuire a pratiche fisiche che comprendono l'allenamento della forza e l'uso di sovraccarichi con macchine di vario tipo che producono incremento delle resistenze per tonificare ed attivare adattamenti muscolari trofici.

Uno studio abbastanza recente¹ ha legato l'allenamento della forza, in modo positivo, con l'immagine corporea, quest'ultima definibile come "la percezione mentale della propria figura". L'immagine corporea così concepita è parte integrante dello sviluppo sociale; la sua distorsione, ad esempio, concorret al.le patologie legate ai disturbi alimentari, nelle donne come negli uomini; Essi possono essere parzialmente attribuiti ad una distorta percezione dell'immagine corporea, è quin-

to be more motivated to feel toned and efficient, instead of restricted to "ideal" data. Sports which were once practiced primarily by men have, over many years, extended to women at the most important competitive levels like the Olympics creating a new group of experiences and issues which have enriched the debate of those who deal with the preparation of sports-women.²

Over recent decades, female athletes, who were already traditionally present at the highest competitive levels in traditional disciplines, have also competed in weight lifting, wrestling, boxing, rugby, and athletics. Aside from the already existing throwing disciplines, they also participate in hammer throwing and jumping, the triple jump and pole vaulting. An important evolution had already been recorded on the long distance disciplines; up to 1972 the longest distance in female Olympic competitions was the 800 metres, the 1500 was added in 1972, the 3000 metres and the marathon in 1984 in Los Angeles, the ten thousand in 1988, the 3000 metres was replaced by the 5000 metres in 1996.

Some structural differences between men and women which affect their performance

To compare the abilities of strength of women and men is an effective method to characterize its specific features. This is facilitated by the existence of different comparative studies between males and females and by the fact that strength training in males has produced numerous studies on adult subjects and on the different developmental stages. The study of strength during the developmental stage makes it possible to understand the muscular differences in the best possible way, in order to observe the modifications connected to growth and maturation. Puberty, in fact, describes the divide between the growth trends in males and females which lead to the differences in adulthood, both in the average population and in highest performing athletes. A further differentiation occurs in old age; it is less evident than that during adolescence, above all at the level of the most macroscopic somatic differences between males and females, namely stature and weight, morphology, distribution of fat mass, its quantity and muscular mass. The differences change with age and determine the different performance abilities.

di importante che una pratica di allenamento di forza aumenti questo legame, con equilibrio ed in un sano ambiente educativo. Inoltre la donna appare più motivata a sentirsi tonica, efficiente, che non sentirsi vincolata a dati "ideali". Sport che un tempo erano praticati prevalentemente dagli uomini si sono, da molti anni, estesi alle donne sino ai livelli agonistici più importanti come le Olimpiadi creando un nuovo gruppo di esperienze e di domande che hanno arricchito il dibattito di chi si occupa della preparazione delle sportive².

Alle atlete, che già erano tradizionalmente presenti ai massimi livelli competitivi nelle discipline tradizionali, si sono aggiunte negli ultimi decenni il sollevamento pesi, la lotta, il pugilato, il rugby, e nell'atletica leggera, ai già esistenti lanci si è aggiunto il lancio del martello ed ai salti, il salto triplo ed il salto con l'asta. Una evoluzione importante si era già registrata sulle lunghe distanze; fino al 1972 la distanza più lunga nelle competizioni olimpiche femminili erano gli 800 metri, i 1500 furono aggiunti nel 1972, i 3000 metri e la maratona nel 1984 a Los Angeles, i diecimila nel 1988, nel 1996 i 3000 metri furono sostituiti dai 5000 metri.

Alcune differenze strutturali delle donne, rispetto agli uomini, che influenzano la prestazione

Comparare le capacità di forza della donna con i valori degli uomini, è un metodo efficace per poter caratterizzare le sue specificità. Ciò è agevolato dalla esistenza di diversi studi comparativi fra maschi e femmine e dal fatto che l'allenamento della forza nei maschi ha prodotto numerose ricerche sia su soggetti adulti che sulle diverse tappe evolutive. Lo studio della forza nelle età evolutive permette di comprenderet al. meglio le differenze muscolari consentendo di osservare le modifiche collegatet al.la crescita et al.la maturazione. La pubertà, infatti, descrive la fase di divaricazione dei trend di crescita in maschi e femmine che portano alle differenze dell'età adulta, sia nella popolazione media che negli atleti di massima prestazione. Una ulteriore differenziazione avviene poi nell'età dell'invecchiamento, essa è meno marcata di quella adolescenziale, soprattutto a livello delle più macroscopiche differenze somatiche fra maschi e femmine, quali la statura ed il peso, la morfologia, la distribuzione della massa grassa, la sua entità e la massa muscolare. Le differenze si modificano con le età e determinano in modo conseguente le diverse capacità di prestazione.

According to the records, until 2002, women ran the 100 metres at a speed of 7.2% less than men, jumped at a height of 14.7% less than men and at a length of 16% less than men and swam the 400 metre free-style at a speed of 10.8% slower than men.³

These differences, even if they show a tendency to decrease, can reflect both the real difference and the difference of social and personal habits between sexes, according to models which, however, over the past twenty years, that is after the majority of many historical studies,⁴⁻⁷ are changing.

However, the permanence of many of these differences shows a substantial diversity in performance ability. To get a closer look at the differences and the reasons why they occur is of fundamental importance for the efficacy of physical activity, athletic preparation, and even in preventive and therapeutic activities.

In recent years knowledge has increased, but uncertainties still remain on the real differences, on the biological reasons and on the consequent strategies of sports training methods.

During adolescence skeletal proportions change, the shoulders of boys widen more than their hips and in girls, on the contrary, the hips widen more than the shoulders.⁷ The widening of the shoulders appears to provide an advantage allowing more muscular mass and mechanical advantages contributing to a greater development of strength in the upper limbs of men.

The widening of the hips increases the internal angle of the knee joint which increases valgus compared with males; valgus has been at least partially attributed to the greater frequency of injuries and the difficulty women often encounter with squatting. A study by Gray *et al.*⁹ on female basketball players found that valgus plays a more modest role as an element which triggers knee injuries, which was later confirmed, and will be described here in the specific paragraph. In the slight difference in percentage of limb length compared with stature, in women compared with men (51.2% vs. 52%), Wells¹⁰ indicated a protective factor as it encourages the coordinative efficiency in the lower limbs.

Fry *et al.*^{11, 12} found that stature, femur and chest length, had an important effect on the level of coordination in both sexes (approximately 77%); in women, the proportionally shorter leg length compared with males improved the squatting exercises, encouraging a better resting of the foot on the ground; in fact, in com-

*Le donne, secondo i record fino al 2002, corrono i 100 metri con una velocità inferiore del 7,2% rispetto agli uomini, saltano in alto il 14,7% in meno ed in lungo il 16% in meno e nuotano nei 400 metri stile libero il 10,8% più lentamente*³.

Tali differenze, anche se mostrano la tendenza a diminuire, possono rispecchiare sia la reale differenza costitutiva che la differenza di abitudini sociali e personali fra i sessi, secondo modelli che però, negli ultimi venti anni, cioè dopo la maggioranza di molti studi storici⁴⁻⁷, si sta modificando.

Il permanere di molte di tali differenze attesta però, una sostanziale diversità di capacità di prestazione. Conoscere meglio quali sono le differenze e perché esse avvengano è di determinante importanza ai fini della efficacia dell'attività fisica, della preparazione delle atlete, ed anche nelle attività preventive e terapeutiche.

Negli ultimi anni sono aumentate le conoscenze, ma permangono ancora incertezze sia sulle differenze reali, sia sulle ragioni biologiche, sia sulle conseguenti strategie di metodologia dell'allenamento nello sport.

Durante l'adolescenza le proporzioni dello scheletro cambiano, le spalle dei ragazzi si allargano più delle loro anche e le ragazze, al contrario, hanno un allargamento delle anche maggiore delle loro spalle⁷. L'allargamento delle spalle sembra dare vantaggio consentendo più massa muscolare e vantaggi meccanici concorrendo ad un maggior sviluppo della forza negli arti superiori negli uomini.

*L'allargamento delle anche aumenta l'angolo interno dell'articolazione del ginocchio che aumenta il valgismo rispetto al maschio; al valgismo è stato attribuito, almeno parzialmente, la maggiore frequenza di infortuni e la difficoltà con cui spesso le donne realizzano le accosciate. Uno studio di Gray *et al.*⁹ su giocatrici di basket rilevò che il valgismo ha un ruolo più modesto come elemento scatenante gli infortuni al ginocchio, cose che è stata confermata in seguito, e sarà descritta qui nello specifico paragrafo. Wells¹⁰ indicò nella lieve differenza di percentuale della lunghezza degli arti rispetto alla statura, nelle donne rispetto agli uomini (51,2% vs. 52%) un fattore protettivo in quanto favorente l'efficienza coordinativa negli arti inferiori.*

*Fry *et al.*^{11, 12} hanno trovato che la statura, la lunghezza del femore e del busto, influivano molto sul livello di coordinazione nei 2 sessi (circa per il 77%), nelle donne la minore lunghezza delle gambe in proporzione, rispetto all'uomo, determinava un miglioramento dell'accosciata favorendo un migliore appoggio del piede a terra; infatti nel*

petitive weight-lifting, athletes of both sexes are almost never very tall.⁸

Muscular differences between trained and untrained males and females

A strictly muscular characteristic, which has been investigated in men and women, is the division of red and white fibres. In general, women appear to have less variability in the quality of the fibres compared with men and there is the tendency of the same women to have a lower percentage of white fibres. Broadly speaking, the number of fibres appears equal¹³ even if MacDougall¹⁴ found a lower number of fibres in trained women; instead, Grumbt *et al.*¹⁵ found the same number of fibres in high level body-builders of both sexes; however, in both studies, the surface of the white fibres was larger in men.

The muscular condition described above is partially confirmed by the greater strength performances in males; at maximum strength, the value of males is greater, even if many of the differences cancel each other out when the strength values are expressed per kg of body weight and, above all, in strength per cm² of muscle.

No significant difference has been found in the number of fibres¹⁶ in the motor units; however, a significant difference exists in the transverse surface of the entire muscle between men and women in all controlled muscles: in the section of the biceps, in all the flexor muscles of the arm, in the *vastus lateralis* and in the leg extensors, respectively of 45%, 41%, 30% and 25%.¹⁶ In the distribution of the surfaces of principle fibres (Type I, IIA, IIB) Simoneau & Bouchard¹⁷ found that it was different between men and women; in type A (slow) males had 14% more, in type IIA (fast resistant (38%) and in type IIB (56%).

Slightly different percentages, though showing a clearer trend, were found by Staron *et al.*,¹⁸ namely 19% in types I, 59% in type IIA and 66% in type IIB, confirming that in males the volume of fast fibres prevails resulting in greater maximum and explosive strength.

In short, the greater differences were found in the surface area of fibre types, which are decisive on a functional level. It is not clear if this condition is found at birth. It cannot be excluded that the difference develops over time on the basis of epigenetic thrusts. In newborns, Oertel

*sollevamento pesi agonistico, gli atleti di entrambi i sessi non sono quasi mai longitipi*⁸.

Differenze muscolari fra maschi e femmine in allenati e non allenati

*Una caratteristica strettamente muscolare, che è stata indagata in uomini e donne, è la ripartizione di fibre rosse e bianche. In generale le donne appaiono avere minore variabilità della qualità delle fibre rispetto agli uomini e si nota una tendenza delle stesse donne ad avere una minore percentuale di fibre bianche. In linea di massima il numero di fibre appare eguale¹³ anche se MacDougall¹⁴ ha trovato un numero inferiore di fibre in donne allenate; Grumbt *et al.*¹⁵ invece ha ritrovato lo stesso numero di fibre in culturisti dei due sessi d'alto livello; in entrambi gli studi però, la superficie delle fibre bianche era superiore negli uomini.*

La condizione muscolare descritta in precedenza è confermata parzialmente dalle maggiori prestazioni di potenza nei maschi; nella forza massima il valore dei maschi è superiore, anche se molte delle differenze si annullano quando i valori della forza sono espressi per kg di peso corporeo e soprattutto in forza per cm² di muscolo.

Anche all'interno delle unità motorie non sono state rilevate significative differenze nel numero di fibre¹⁶; esiste però una differenza di superficie trasversa dell'intero muscolo fra uomini e donne in tutti i muscoli controllati: 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%¹⁶) Nella distribuzione della superficie delle fibre principali (Tipo I, IIA, IIB) Simoneau & Bouchard¹⁷ hanno trovato che la essa era differente fra maschi e femmine, nel tipo A (lente) i maschi avevano il 14% in più, nel tipo IIA (veloci resistenti [38%] e nel tipo IIB [56%]).

*Percentuali leggermente differenti sono state trovate da Staron *et al.*¹⁸, però ancora più chiare come tendenza, e cioè 19% nel tipo I, 59% nel tipo IIA e 66% nel tipo IIB, confermando che nel maschio prevale il volume delle fibre veloci con conseguente maggiore forza massima ed esplosiva.*

In sintesi non sono emerse differenze molto elevate fra la percentuale di tipi di fibre, ma sulla loro area, che però sul piano funzionale sono decisive. Non è chiara se tale condizione è di nascita, non si può infatti escludere che la differenza che si sviluppa nel tempo, sulla base di spinte epigenetiche, del resto Oertel¹⁹ nei neonati trovò

¹⁹ found a lower percentage of fast fibres in favour of slow fibres and no difference between males and females.

In some studies on specialists of both sexes who practice the same sporting discipline, with a biopsy it was noted that women from the sample examined showed distributions of fibres very similar to those of males.^{20, 21}

Comparison between female and male strength

Up to the age of 12, males and females have no significant somatic or strength difference: the lean mass (mostly muscular mass) is similar up to 12-13 years; from then on, growth in female falls and towards age 16 it stabilises while in males it continues to increase to reach a difference of 35-40%. From puberty on, a highly relevant and characteristic differentiation occurs (increase in fat mass) in the female body composition, such to be part of the secondary sexual characteristics.

From this age hormone production by the sexual glands, which are in full development, lead to a functional and metabolic difference in trophism which significantly affects performance levels.

From studies by Hettinger ⁴ the difference between men and women is indicated approximately 40% less in women: at maximum static strength, women ⁶ have a strength equal to 63% that of men. This information is the result of the average strength of the different body parts; in fact, the strength of the upper limbs is equal to 55.9% and the strength of the lower limbs is equal to 71.9% that of men.

Studies by Wilmore ⁵ reveal even bigger differences, above all in relation to the strength of lower-upper limbs. In these studies the upper limbs of men proved 63% stronger than those of women while in the lower limbs this difference was very different, around 35%.

Essentially, similar results were confirmed by Hofmann *et al.*²² and by Kaneisha *et al.*²³ In all the cases identified, the differences drastically reduced when the data was expressed in terms of relative strength and even more so when it was expressed in terms of lean mass.

The difference between upper and lower limbs is also attributed to motor habits and consequently to the activities carried out, generally differentiated, between men and women. The lower limbs are always active in pos-

una minore percentuale di fibre veloci a favore delle fibre lente e nessuna differenza fra maschi e femmine.

In alcuni studi su specialisti dei due sessi praticanti la stessa specialità sportiva con biopsia si è notato che le donne del campione esaminato hanno mostrato distribuzioni di fibre molto simili ai maschi ^{20, 21}.

Comparazione della forza delle femmine rispetto ai maschi

Fino ai 12 anni maschi e femmine non hanno differenze significative né somatiche né di forza: la massa magra (in gran parte massa muscolare) è simile fino ai 12-13 anni, da questa età in poi le donne mostrano un rallentamento della crescita 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 differenziazione della composizione corporea molto rilevante e caratteristica (aumento della massa grassa), tale da far parte dei caratteri sessuali secondari.

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

Dagli studi di Hettinger ⁴ la differenza fra uomini e donne è indicata in circa il 40% in meno nelle donne: Nella forza statica massima le donne ⁶, hanno una forza pari al 63% della forza dell'uomo, tale dato è il frutto della media della forza dei diversi distretti corporei, infatti la forza degli arti superiori è pari al 55,9%, e la forza degli arti inferiori è pari al 71,9 % della forza degli uomini.

Dagli studi di Wilmore ⁵ appaiono differenze ancora maggiori soprattutto in relazione alla forza arti inferiori-arti superiori. In tali studi gli arti superiori degli uomini risultavano il 63% più forti delle donne mentre negli arti inferiori tale differenza era molto diversa, circa il 35%.

*Nella sostanza risultati simili venivano confermati da Hofmann *et al.*²² e da Kaneisha *et al.*²³, in tutti i casi evidenziati le differenze si riducevano drasticamente quando il dato veniva espresso in termini di forza relativa e ancora di più quando lo si esprimeva in termini di massa magra.*

La differenza fra arti superiori e inferiori è da attribuire anche alle abitudini motorie e quindi alle attività svolte, generalmente differenziate, fra

ture and walking and the upper limbs are less affected by the sedentary lifestyle which, in an increasingly smaller measure, characterises women.

The latter can, depending on the work, hobby and sporting activities carried out, vary the difference of strength with men. It should be pointed out that the studies by Morrow²⁴ have also confirmed a similar difference between sportswomen who play volleyball and basketball and untrained males.

However, to confirm that the differences are affected by habits, in women, a Finnish study²⁵ has found a positive relationship between the level of school training and the level of physical performance in women of an advanced age.

Women show several specific anthropometric differences which, according to several authors appear like a reason for the difference in strength, for example the narrower shoulders;²⁶ this would favour a better position of the muscles in men and go against women. According to Stobbe,²⁷ even the largest hip angle would have consequences on the ability to train strength and would increase the number of knee injuries. The review by Holloway & Baechle⁸ points out how the weakness of the muscles and the ligaments cause the injuries, consequently it believes that the best prevention can be progressive training with squats. According to others²⁸ the shorter leg length would favour women in this exercise. In world weight lifting records, women lift double their body weight, while men triple their body weight. This difference, around 33% in relative strength, is higher than that of populations living a sedentary lifestyle and it can be attributed to the differences in training or to the lower diffusion of the practice of weightlifting among women, which makes a comparable selective process less probable. It is not easy to find women who have carried out an intense, prolonged and advanced practice, like in men in strength disciplines; therefore it is probable that the women in this sector have not used their genetic potential to its fullest. Komi *et al.*,²⁹ in a study on the differences of performance between male and females, noticed, in addition to a traditional difference in the level of maximum strength, also a marked difference in the time of recruitment of the maximum strength of 70%; in women, the extra time difference to reach that percentage of strength touched 100% more.

uomini e donne, gli arti inferiori infatti sono sempre attivi nella postura e nella deambulazione e risentono di meno degli arti superiori della sedentarietà che in misura sempre minore caratterizza le donne.

Quest'ultime, infatti, possono, a seconda delle attività lavorative, hobbistiche e sportive svolte, far variare la differenza di forza con l'uomo. C'è da sottolineare, comunque, che i lavori di Morrow²⁴ hanno confermato una simile differenza anche fra sportive praticanti pallavolo e pallacanestro e maschi non allenati.

A conferma però che le differenze sono influenzate dalle abitudini, uno studio finlandese²⁵ ha trovato nelle donne una relazione positiva fra il livello di formazione scolastica e il livello di prestazione fisica in donne di età avanzata.

*Le donne mostrano alcune differenze antropometriche specifiche che, secondo alcuni autori appaiono come una causa della differenza di forza, ad esempio la minore larghezza delle spalle²⁶; ciò sarebbe favorevole ad una migliore collocazione dei muscoli nell'uomo e sfavorevole nella donna. Secondo Stobbe²⁷, anche il maggiore angolo dell'anca avrebbe conseguenze sull'allenabilità della forza e aumenterebbe il numero degli infortuni al ginocchio. Nel review di Holloway & Baechle⁸ si sottolinea come è la debolezza dei muscoli e dei legamenti la causa degli infortuni per cui pensa che la migliore prevenzione possa essere l'allenamento allo squat realizzato in modo progressivo. Secondo altri²⁸ la minore lunghezza delle gambe favorirebbe le donne in questo esercizio. Nei record del mondo di sollevamento pesi, nelle donne il carico che si solleva è il doppio, mentre negli uomini è il triplo del peso del corpo. Tale differenza, circa il 33% nella forza relativa, è superiore a quelle delle popolazioni di sedentari e può essere imputato, però alle differenze nell'allenamento o alla minore diffusione della pratica di sollevamento pesi nelle donne, che rende meno probabile un processo selettivo comparabile. Non è facile reperire donne che abbiano svolto una pratica intensa, prolungata ed avanzata, come nell'uomo in discipline di potenza, per cui è probabile che le donne, in questo settore, non abbiano dato fondo alla loro potenzialità genetiche. Komi *et al.*,²⁹ in uno studio sulle differenze di prestazione fra maschi e femmine, notarono, oltre alla tradizionale differenza nel livello di forza massima, anche una marcata differenza nel tempo di reclutamento del 70% della forza massima, nella donna la differenza di tempo in più per il raggiungimento di tale percentuale di forza toccava il 100% in più.*

Notes on the role of sexual hormones in the performance of female strength

Sexual hormones affect muscular trophism. In particular, testosterone works on the trophism of both types of fibres, increasing protein synthesis and the number of satellite cells.³⁰ This certainly occurs in men; in women, 1 with a concentration of testosterone (T) of around 10% with respect to the quantity produced by men. However, this mechanism seems to have a greater efficiency, in that, with a lower concentration an equal relative hypertrophy is achieved.

There are no great differences as regards the strength produced per unit of surface, but Bosco *et al.*^{31, 32} have shown a positive connection in the relationship between the ability to jump and level of haematic T and have connected the differences in the ability to jump between males and females with the different concentrations of testosterone between the two sexes. A more recent study³³ confirms the differences in the ability to jump between males and females of a comparable competitive level (around 86.3% of the performance of man) and a connection between CMJ and T of 0.61. The T level was clearly higher in female sprinters than in female handball and football specialists. The average T values between female sprinters and female handball players was about double in the first with respect to the second; in males, in the same disciplines, the difference was very similar. In any case, also in the latter, the concentration of T was 10 times higher.

In males the connection between T concentration and the ability to jump was higher (0.62 compared with 0.48 of women). In female sprinters and the same male specialists no difference was found in the levels of strength of the strength-speed curve of the lower limbs when the strength data were standardised for body weight.³¹ In the same study, in the abilities to jump, in the high part of the speed abilities of the strength-speed curve and in the power-speed curve, the difference between the two sexes clearly emerged, confirming that T could have a role to play in fast movements, as supported by Bosco, who also highlighted a relationship between the abilities to jump and the concentration of T in male footballers.

In women who practice power specialties, there is a greater frequency of the polycystic ovary syndrome, which has hyperandrogenous characteristics; these women are frequently affected by dysmenorrhoea without however

Note sul ruolo degli ormoni sessuali nella prestazione di forza nella donna

Gli ormoni sessuali influenzano il trofismo muscolare, in particolare il testosterone agisce sul trofismo di entrambe i tipi delle fibre, aumentando la sintesi proteica ed anche il numero di cellule satelliti³⁰. Ciò avviene sicuramente nell'uomo, nella donna, 1 a cui concentrazione di testosterone (T) è intorno al 10% rispetto alla quantità prodotta dall'uomo, tale meccanismo però sembra avere una efficienza superiore in quanto, con una minore concentrazione si ottiene una, sostanzialmente; uguale ipertrofia relativa.

Non vi sono differenze rilevanti per quanto riguarda la forza prodotta per unità di superficie, ma Bosco et al.^{31, 32} hanno evidenziato una correlazione positiva nel rapporto fra capacità di salto e livello di T ematico ed hanno collegato la differenza di capacità di salto fra maschi e femmine con le diverse concentrazioni di testosterone fra i due sessi. Uno studio più recente³³ conferma le differenze di capacità di salto fra maschi e femmine di livello agonistico comparabile (circa l'86,3% della prestazione dell'uomo) ed una correlazione fra CMJ e T di 0.61. Il livello di T fu superiore nelle sprinter rispetto a specialiste di handball e calcio, in modo molto evidente, i valori medi di T fra sprinter donne e giocatrici di handball fu circa il doppio nelle prime rispetto alle seconde; nei maschi, nelle stesse discipline, la differenza fu molto simile, comunque anche in quest'ultimi la concentrazione di T fu 10 volte superiore.

Nei maschi la correlazione fra concentrazione di T e capacità di salto fu superiore (0,62 rispetto a 0,48 delle donne). Nelle sprinter donne e gli stessi specialisti uomini non sono state trovate differenze nei livelli di forza della curva forza-velocità degli arti inferiori quando i dati di forza sono stati normalizzati per il peso del corpo³¹. Nello stesso studio, nelle capacità di salto, nella partet al.ta delle capacità di velocità della curva forza-velocità e nella curva potenza-velocità, la differenza fra i due sessi è emersa in modo chiaro, confermando che il T potrebbe avere un ruolo nei movimenti rapidi, come sostenuto da Bosco, il quale ha pure evidenziato una relazione fra le capacità di salto e la concentrazione di T nei calciatori maschi.

Nelle donne che praticano specialità di potenza, vi è una maggiore frequenza di sindrome dell'ovario policistico che ha caratteristiche iperandrogine, esse sono, di frequente, affette da dismenorrea senza però evidenziare segnali di cronica deficienza di energia come invece segnalato nella sindrome Triad³⁴.

showing signs of chronic energy deficiency as, instead, was signalled in the Triad syndrome.³⁴

Very recent studies by Hagmar *et al.*³⁴ have revealed that in high level female athletes who suffer from dysmenorrhoea there is an elevated frequency of the polycystic ovary syndrome; in the same athletes there is no evidence of suffering due to the lack of available energy, to which this problem was traditionally attributed, assessed through fat mass and by the absence of osteopenia and osteoporosis. This condition was more frequent in female specialists of power specialities and less in endurance specialities and in technical disciplines.

Hormonal aspects in women can also affect joint load-carrying capacity affecting the tensile ability of ligaments, tendons and fasciae. The increase in estrogens and relaxin increases the deformability of tendons temporarily causing ligament laxity, to the extent that the latter can be considered responsible for a larger number of injuries. Female sexual hormones have an important effect on the active and passive stability of the knee of female athletes increasing the risk of accidents. The reasons for these effects are, first and foremost, the hormonal influence on tendon stiffness,³⁵ which can be explained by the presence of receptors of such hormones in the ligaments. During ovulation, when the oestrogen levels fall, strength can increase and reduce the ability of muscles to relax.

Effects of strength training in women.

Women's strength, like that of men's, expresses itself in many different ways which can be trained and change with age depending on muscular, hormonal and metabolic changes. A first study by Hakkinen and Hakkinen³⁶ measured groups of women aged 30, 50 and 70 and highlighted significant strength differences, above all for the 30 and 70 year age group in the strength expressed in absolute values. It did not reveal significant differences in the strength expressed for the transverse section of the muscle. Important differences were found in the abilities of explosive strength; the thirty year olds exhibited a decidedly higher level than the seventy year olds.³⁶ Instead, the time required to relax the muscle showed no particular difference. Since the maximum strength-transverse section ratio showed no particular difference in the ages considered, the fall in explosive strength can be attributed to a reduction, due

Studi recentissimi di Hagmar et al.³⁴ 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 dall'assenza di osteopenia o osteoporosi. Tale condizione era più frequente in specialiste di specialità di potenza e meno in specialità di endurance ed in discipline tecniche.

Gli aspetti ormonali nelle donne possono influenzare anche la capacità di carico articolare 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 tanto che quest'ultima può essere considerata responsabile di 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 tendini³⁵, cosa 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 calare 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 modificazioni muscolari, ormonali e metaboliche. Un primo studio di Hakkinen & Hakkinen³⁶ misurò gruppi di donne età di 30, 50 e 70 anni, ed evidenziò differenze di forza significative soprattutto fra i gruppi di 30 e 70 anni nella forza espressa in valori assoluti, non rilevò differenze significative nella forza espressa in funzione della sezione trasversa del muscolo. Differenze importanti furono rilevate nelle capacità di forza esplosiva, le trentenni esibirono un livello nettamente più elevato che non le settantenni³⁶, il tempo di rilassamento, invece, muscolare non mostrò particolari differenze.

Poiché il rapporto forza massima-sezione trasversa non ha evidenziato particolari differenze nelle età considerate, il calo di forza esplosiva si può attribuire ad una riduzione, dovuta all'età, del trofismo e, in parte, del numero delle fibre bianche, come avviene anche nei maschi. Ciò è,

to age, of trophism and, in part, to the number of white fibres, as it also occurs in males. This is very probably also due to the lack of solicitation of the fast motor units due to the lack of physical activity. An important phenomenon for female training is the effect of training on hypertrophy.

A study on women trained for 10 weeks caused an increase in hypertrophy which was significantly clear starting from the eighth week, as is reported by other authors,³⁷ and there was a significant (11.3%) increase slightly lower than that of men (13.6%).

Surprisingly, hypertrophy in women is relevant, despite the fact that the haematic level of the testosterone is very low, about 10 times lower than that of males (38). Cureton *et al.*³⁹ in a study conducted on males and females who trained for 16 weeks, 3 times a week with 70-90% of RM, revealed an increase in the strength of both sexes, slightly higher in women (flexors of the arm) respectively 32.6% and 59.3%. Muscular hypertrophy was essentially similar in men and women. The differences, expressed in percentage, were very small.

Wilmore⁵ revealed a good tendency of hypertrophy in women, in some cases greater than in males, perhaps because less trained overall, as in the upper limbs.

Weight-lifting and strength exercising changes the body composition; for example, in males the fat mass can change from 7% before training to 3% after training without changing the body weight.⁸ Despite the fact that strength sports can be considered little suited to women, women who practice them show good self-esteem (even excellent), even more than those who practice other sports. A slightly lower hypertrophy which is recorded in some studies, as has been seen, can be attributed to the fall in fat mass which is not recorded in the most advanced way. The reduction in fatty mass in favour of muscular mass has made this practice widely diffused (above all at the levels of moderate intensity) even in the female population.

In subjects followed for 16 weeks by Hakkinen *et al.*⁴⁰ it was noticed that the strength recruitment time as well as the strength-time curve improved proportionally to the individual concentration of free and total testosterone in the blood which could be considered a trainability marker in women. The improvements in the strength-time performance occur in the initial period of the 16 weeks.

Unlike some resistance sports (running and

molto probabilmente, dovuto anche alla mancanza di sollecitazione delle unità motorie veloci per mancanza di attività fisica. Un fenomeno importante per l'allenamento femminile è l'effetto dell'allenamento sull'ipertrofia.

Uno studio su donne allenate per 10 settimane determinò un aumento dell'ipertrofia che si evidenziò in modo significativo a partire dalla ottava settimana, come del resto è riferito da altri autori³⁷ e fu di un incremento significativo (+11,3%) appena leggermente inferiore a quello degli uomini (+13,6%).

Sorprendentemente l'ipertrofia nelle donne è rilevante, nonostante che il livello ematico del testosterone sia molto basso, circa 10 volte inferiore a quello dell'uomo³⁸. Cureton et al.³⁹ in uno studio condotto su maschi e femmine che si sono allenati per 16 settimane, 3 volte a settimana con il 70-90% del RM, rilevarono un incremento di forza ragguardevole in entrambi i sessi, leggermente superiore nelle donne (flessori del braccio) rispettivamente 32,6 e 59,3%. L'ipertrofia muscolare fu sostanzialmente simile in uomini e donne, le differenze, espresse in percentuale, furono molto ridotte.

Wilmore⁵ rilevò una buona tendenza all'ipertrofia nella donna, in qualche caso maggiore che nei maschi, 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, nei maschi la massa grassa può variare del 7% prima dell'allenamento al 3% dopo l'allenamento senza modificazioni del peso corporeo⁸. Nonostante gli sport di forza possano essere considerati poco adatti alle donne, le donne che li praticano hanno buona autostima (anche ottima), addirittura migliore rispetto a praticanti di altri sport. Una lieve minore ipertrofia che in qualche studio si registra, come si è visto, può essere attribuito al calo della massa grassa non registrata nel modo più avanzato, la diminuzione della massa grassa in favore della massa muscolare ha fatto diventare questa pratica molto diffusa (soprattutto a livelli di intensità moderata) anche nella popolazione femminile.

In soggetti seguiti per sedici settimane da Hakkinen et al.⁴⁰ si è notato che il tempo di reclutamento della forza nonché la curva forza-tempo migliorò in modo proporzionale alla concentrazione individuale di testosterone libero e totale nel sangue che pertanto potrebbe essere considerato come un marker di allenabilità nelle donne. I miglioramenti della prestazione forza-tempo avvengono nella prima parte delle 16 settimane.

A differenza di alcuni sport di resistenza (corsa

swimming) and gymnastics, in the same study, no menstrual cycle irregularity was reported in subjects practicing strength disciplines.

Positive effects were reported on the calcification in women exposed to calcium loss in specific periods like menopause, who find good compensation with the use of overload. In women who practice body-building thicker bones have been revealed with respect to other sportswomen who do not use overload (swimmers, middle-distance runners). According to Staron¹⁸ the increase in bone density in women is proportional to the loads to which the organism submits itself.

Neuromuscular characteristics and preventive aspects

The differences in strength recruitment can be the cause of events which afflict women, particularly in adolescence. Hewett and his school of thought⁴¹ highlighted that female athletes of disciplines in which there is frequent jumping and changes in direction are 4 to 6 times more likely than males to suffer knee accidents, without physical contact, particularly in landing from a jump or making quick changes of direction like in volleyball, basketball, handball and football.³⁵ The frequency of injuries is much lower in female athletes compared with untrained women (twice more than in males) and this is further reduced in top-level preparation and competition; a difference does however remain in the significantly higher frequency of injuries compared with males.

The problem is very frequent in the ages connected with physical and sexual maturation and during the period of the appearance of the menarche. This has even induced the CIO to dedicate a specific meeting of experts to the causes of the frequent anomaly of knee injuries in the rapid somatic growth phase, which is an alarming and exceptional fact.⁴²

The most likely causes are knee instability, due first and foremost to joint laxity, in which lack of strength also plays a part, in particular the lack of explosive strength, as already indicated by Komi. Joint mobility⁴³ and the technical mastery of movement also contribute which at these ages, due to anthropometric growth, produces many uncertainties in motor control.

The three elements which are identified as responsible for these injuries and events are anatomic, neuromuscular and hormonal.

e nuoto) e della ginnastica, nello stesso, studio non sono state riferite irregolarità del ciclo in soggetti praticanti discipline di forza.

Sono stati riportati effetti positivi sulla calcificazione di 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 sportive che non usano sovraccarichi (nuotatrici, mezzofondiste). Secondo Staron¹⁸ l'aumento della densità ossea nella donna è proporzionale ai carichi cui si sottopone l'organismo.

Caratteristiche neuromuscolari e aspetti preventivi

Le differenze nel reclutamento di forza possono essere la causa di alcuni eventi che affliggono la donna in particolare nella fase adolescenziale. Hewett e la sua scuola⁴¹ hanno evidenziato che le atlete di discipline in cui sono presenti frequenti azioni di salto e variazioni di direzione, incorrono da 4 a 6 volte di più in incidenti al ginocchio rispetto ai maschi, senza contatto fisico, in particolare nell'atterraggio da un salto o facendo veloci cambi di direzione come nella pallavolo, basket, pallamano calcio³⁵. La frequenza degli infortuni è molto inferiore nelle atlete rispetto alle donne non allenate (due volte maggiore che nei maschi) e si riduce ulteriormente nei livelli di preparazione e competizione di vertice rimanendo però una differenza di frequenza di infortuni significativamente maggiore rispetto ai maschi.

Il problema si presenta in frequenza altissima nelle età collegate alla maturazione fisica e sessuale e nel periodo dell'apparizione del menarca. Ciò ha addirittura indotto il CIO a dedicare una specifica riunione di esperti alle cause della anomala frequenza d'infortuni al ginocchio nella fase di rapida crescita somatica quale fatto allarmante ed eccezionale⁴²

Le cause più probabili sono l'instabilità del ginocchio, dovuto in primo luogo alle lassità articolare, in cui concorre però la carenza di forza, in particolare la carenza di esplosività, come già indicato da Komi. Vi concorrono comunque la mobilità articolare⁴³ e la padronanza tecnica del movimento che in queste età, a causa della crescita antropometrica, produce molte incertezze nel controllo motorio.

I tre elementi che sono identificate come responsabili di tali infortuni ed eventi sono di tipo anatomico, neuromuscolare e ormonale.

It is not possible to intervene on the anatomic-anthropometric aspects; already in 1985, Gray's ⁹ study did not consider the anatomic-anthropometric to be a significant or at least the sole factor of the injuries. Later studies investigated the neuromuscular and hormonal aspects in-depth. It is possible to intervene on the neuromuscular aspects to prevent accidents by varied training of the technique and strength control, targeted at bouncing and amortisation; hormonal variations at certain periods are connected to the frequency of injuries; these variations must be known in order to create concrete specific prevention in the specific period.

In 1976,⁴⁴ on the Journal of the American Medical Association, (JAMA), Haycock and Gillette Su had already hypothesised that the lack of strength and neuromuscular readiness was the principle cause of the greater frequency of injuries, even if they did not support such hypothesis with evident proof; Hewett ⁴⁵ connected the increase in strength with the reduction in the frequency of knee accidents.

More than 80% of knee injuries, in particular breakage of the cruciate ligament, occurs in accidents without physical contact and the majority of injuries occur after a jump and landing with a loss of balance,⁴⁶ in particular in varus or valgus knee conditions.

The most effective intervention to prevent these injuries is adapted plyometric training, which works on the mechanism of amortization, improving the recruitment time and reducing impact violence.

One of the reasons of the frequency of injuries is neuromuscular and it has been identified in the different activation of the quadriceps with respect to the femoral biceps and of the synergic muscles in females with respect to males. In females, the quadriceps is usually activated at a greater knee angle, with a clear delay, compared to what happens in males. Studies conducted by Hewett ⁴¹ have also identified decidedly lower strength in the female hamstring together with a clear delay in the activation of muscular contraction compared with males. This is very important because the hamstring is a synergistic muscle which plays a part in the restraining activity operated by the anterior cruciate ligament; in fact, it contrasts the strengths which work on the ligament reducing them, while the contraction of the quadriceps, at angles lower than 45° (135°) of the knee, works as an antagonist decisively increasing the stress of the same cruciate ligament.

Sugli aspetti anatomico-antropometrici non è possibile intervenire, lo studio di Gray ⁹, già nel 1985, riteneva non determinante o quanto meno non esclusivo il fattore anatomico-antropometrico come causa degli infortuni, negli studi a seguire sono stati approfonditi gli aspetti neuromuscolari ed ormonali. Sugli aspetti neuromuscolari è possibile intervenire per prevenire gli incidenti mediante l'allenamento della tecnica e del controllo della forza variato, mirato al rimbalzo e all'ammortizzazione; anche le variazioni ormonali in certi periodi sono collegati alla frequenza di infortuni, esse debbono essere conosciute per permettere di creare una concreta specifica prevenzione nel periodo specifico.

Già Haycock e Gillette Su, nel 1976 ⁴⁴, sulla rivista dei medici americani generalisti (JAMA) ipotizzarono che fosse la carenza di forza e la prontezza neuromuscolare la causa principale della maggiore frequenza di infortuni, anche se non supportarono tale ipotesi con prove evidenti; Hewett ⁴⁵ collegò l'aumento di forza con la diminuzione della frequenza di incidenti al ginocchio.

Oltre 80% degli infortuni al ginocchio, in particolare la rottura del crociato, avviene in incidenti senza contatto fisico e la maggioranza degli incidenti avviene dopo un salto e l'atterraggio con perdita di equilibrio ⁴⁶, in particolare in condizioni di ginocchio varo o valgo.

L'intervento più efficace per prevenire tali infortuni è l'allenamento pliometrico adattato, esso agisce sul meccanismo di ammortizzazione, migliorando il tempismo del reclutamento e diminuendo la violenza dell'impatto.

Una delle ragioni della frequenza d'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. In genere nella donna si attiva il quadricipite ad un angolo del ginocchio maggiore, in netto ritardo, rispetto a ciò che avviene nei maschi, inoltre studi di Hewett ⁴¹ hanno identificato nelle donne un livello di forza nettamente inferiore nella muscolatura posteriore della coscia (hamstring) insieme ad un netto ritardo di attivazione della contrazione muscolare rispetto agli uomini. Ciò è molto importante perché l'hamstring è un sinergico del ruolo di contenzione operato dal legamento crociato anteriore, 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 decisivo lo stress dello stesso legamento crociato.

The calf-muscle also works synergically on landing; in males it is considerably active, whereas in females insufficiently, where a strategy of motor-joint control is highlighted that loads the ligaments of young women more than those of young men; instead the latter work with the same motor pattern but with a more effective muscular amortization, caused by better neuromuscular coordination, greater joint stiffness and consequently greater strength.⁴⁷

Insufficient neuromuscular activation is prevalent in sedentary women who show a moment of strength in landing three times higher than in trained women who also show a better strength ratio of the extensor-flexor muscles. Targeted training modifies the quadriceps-rear muscle strength ratio of the thigh and, at the same time, it creates the basis for a considerable reduction of injuries.

The conditions of the imbalance in muscular strength described are produced during the growth and maturation period and manifest themselves during the developmental age; in fact, an analysis of the frequency of injuries has revealed the specific nature of the sexual maturation phase. Quatman *et al.*,⁴⁸ studied adolescents between the ages of 10 and 18 of both sexes and analysed the joint laxity before and after sexual maturation. Out of 275 girls and 143 boys, the first were very similar to the second at the prepubertal age while during and after the pubertal phase they highlight a ligament laxity which is retained at post-pubertal age.

Joint laxity works on joint stability, affecting the general muscular-tendon stiffness and can delay the neuromuscular activation of contractions which have a powerful protective effect. The extensor-flexor strength ratio of the leg is an important sign of muscular balance. In young women, following the pre and post-pubertal sexual maturation phase, this ratio significantly increases and highlights a strength ratio between quadriceps-hamstring which is more imbalanced compared with males and, consequently, an imbalance between the two muscular groups which increases the risk of injuries.⁴⁹

It is intuitive, aside from being demonstrated, that the co-activation of the two aforementioned muscular groups are the basis of knee protection and that, above all, the imbalance with negative effects on the hamstring⁵⁰ is a weak point in women. A difference of 50-60% in the strength of the flexor-extensor muscles is identified as a risk threshold because it imbalances muscular activity.⁵⁰

Anche il gastrocnemio opera in sinergia nell'atterraggio, nell'uomo è notevolmente attivo, lo è in modo non sufficiente nelle donne, dove si evidenzia una strategia di controllo motorio-articolare che carica maggiormente i legamenti nelle ragazze rispetto ai ragazzi; questi ultimi invece operano con lo stesso pattern motorio ma con una più efficace ammortizzazione muscolare, causata da una migliore coordinazione neuromuscolare, una maggiore stiffness articolare e quindi maggiore forza⁴⁷.

L'insufficiente attivazione neuromuscolare è prevalente nelle donne sedentarie che evidenziano un momento di forza in atterraggio tre volte superiore alle donne allenate che evidenziano anche un miglior rapporto di forza dei muscoli estensori-flessori. L'allenamento mirato modifica il rapporto di forza quadricipite-muscoli posteriori della coscia e parallelamente crea la base per un notevole contenimento degli infortuni.

Le condizioni di squilibrio di forze muscolari descritte, si producono nel corso della crescita e della maturazione e si manifestano nell'età evolutiva, infatti, dall'analisi della frequenza d'infortuni è emersa la specificità delle fase della maturazione sessuale. Quatman et al.⁴⁸, studiando gli adolescenti dai 10 ai 18 anni di entrambi i sessi, ha analizzato la lassità articolaires prima e dopo la maturazione sessuale. Su 275 ragazze e 143 ragazzi, le prime risultano molto simili ai secondi in età prepuberale, mentre durante e dopo la fase puberale evidenziano una lassità legamentosa che si conserva in età postpuberale.

La lassità articolare agisce sulla stabilità delle articolazioni, influenzando la stiffness muscolo-tendinea generale e può ritardare l'attivazione neuromuscolare delle cocontrazioni che hanno una potente azione protettiva. Il rapporto di forza estensori-flessori della gamba è un importante indice di equilibrio muscolare, tale rapporto, dopo la maturazione sessuale nelle giovani donne, sia prepuberi che postpuberi, aumenta nettamente, evidenziando un rapporto della forza fra quadricipite-hamstring maggiormente sbilanciato rispetto ai maschi e quindi uno squilibrio fra i due gruppi muscolare che aumenta il rischio di infortunio⁴⁹.

È intuitivo, oltre che dimostrato, che la coattivazione dei due detti gruppi muscolari sono la base della protezione del ginocchio e che, soprattutto lo squilibrio a sfavore dell'hamstring⁵⁰ è un punto debole nella donna. Una differenza di forza dei flessori-estensori del 50-60% è identificata come una soglia di rischio in quanto squilibra l'attività muscolare⁵⁰.

The stabilisation of this imbalance in women occurs during puberty: it is the increase in the strength of the upper quadriceps by more than 50% compared with 27% of the hamstring that causes it. In males, the inverse happens; the quadriceps increases by 148% while the hamstring increases by 176%.⁵⁰ The acceleration of this imbalance occurs in the periods immediately preceding the appearance of the menarche or immediately after it.

Many of the skeletal differences between males and females develop after the rapid growth associated with puberty. This occurs because during the different phases of maturation the strengths transmitted to the body are modified due to the changes in body dimensions and muscle strength, but it also depends on the type of sport that is practiced. Between the age of 13 and 25 knee accidents, patellar pain and internal knee imbalance increase progressively with age. The most important factors which have been identified as the cause of the accidents are: motor control strategies, motor coordination patterns of the individual sporting techniques and the level of physical preparation and muscle strength.

The landing strategies from a jump used by female athletes, analysed on a frontal level, are different to those used by males in the training of the lower limbs at knee level, increasing the overload of several zones which can cause the injuries. In particular, among girls and pre-pubertal and post-pubertal young women, there is less folding in amortisation and greater adduction.

Hass *et al.*⁵¹ found that the ground reaction forces and less bending at the knee in post-pubescent were approximately 11% greater than in prepubertals confirming greater impact and lower amortisation.

An important variable which can open up to risks is the time of reflexive activation of the lower limbs during landing. This requires approximately 100 ms.⁵² As voluntary activation requires at least 200 ms, one might think that to contain the impact force in landing an activation which is too fast needs to be produced voluntarily in a conscious way during the impact. An automation process is necessary which must be acquired with specific exercises and repeated many times; this is the only way to develop actions which are sufficiently fast.

The ground forces observed in the drop jumps, standardised for the body weight, measured by the different authors⁵² were very high,

La stabilizzazione di tale squilibrio nelle donne avviene durante la pubertà: è la crescita di forza nel quadricipite superiore del 50% a fronte del 27% dell'hamstring che la provoca, mentre nei maschi avviene l'inverso, il quadricipite aumenta del 148% mentre l'hamstring aumenta 176%⁵⁰, l'accelerazione di questo squilibrio avviene nei periodi immediatamente precedenti l'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 corporee e della forza muscolare, ma 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. I fattori più importanti identificati come causa degli incidenti sono: le strategie di controllo motorio, i pattern di coordinazione motoria delle singole tecniche sportive ed il livello di preparazione fisica e di forza muscolare.

Le strategie di atterraggio dal salto nelle atlete, analizzate sul piano frontale, mostrano differenze con i maschi nell'allineamento degli arti inferiori a livello del ginocchio, aumentando il sovraccarico di alcune zone che possono provocare gli infortuni. In particolare fra le bambine e ragazze prepuberi e postpuberi, si ha un minor piegamento nell'ammortizzazione ed una maggior adduzione.

Hass et al.⁵¹ hanno rilevato che le forze di reazione al suolo, ed un minor piegamento al ginocchio, nei postpubescenti furono circa dell'11% superiori ai prepuberi confermando un maggior impatto e minore ammortizzazione.

Una variabile importante che può predisporre a elementi di rischio è il tempo di attivazione riflessa degli arti inferiori nell'atterraggio, esso richiede approssimativamente 100 ms⁵², dato che l'attivazione volontaria richiede non meno di 200 ms, si può pensare che, per contenere la forza di impatto nell'atterraggio, è necessaria una attivazione troppo rapida per essere prodotta volontariamente in modo cosciente durante l'impatto, è necessario un processo di automatizzazione che deve essere acquisito con specifiche esercitazioni, ripetute molte volte l'unico modo per sviluppare azioni sufficientemente repentine.

Le forze al suolo osservate nei drop jump, normalizzate per il peso del corpo, misurate dai diversi autori⁵² furono molto elevate, circa di 4,0-

approx. 4.0-4.5 of the body weight (BW), and the horizontal forces of 0.79 BW.

Training, of both pre-pubertal and postpubertal women, modifies the landing strategies; in particular, it increases knee flexion and reduces ground reaction forces.⁴¹

Specific training to prevent knee injuries

According to Herrington⁵³ the valgus knee increases the risk of injury according to the valgus angle. Training based on the adoption of neuromuscular training exercises (proprioception, workouts with overload, plyometrics), has had the effect of reducing the number of accidents by 3-4 times, especially in sedentary women and by 1-2 times in trained women.⁴⁵ One of the goals of the preparation is to reduce the flexor/extensor strength ratio which, as already described, is one of the most effective indicators to prevent and balance strength preparation.

The role of protection and stabilisation of hamstring strength ensures that its shortage produces imbalances which cause anomalous solicitation on the cruciate ligament which is consequently exposed to a probability of much higher trauma. The consequences of these imbalances are the production of injuries and traumas during landings from jumps, changes in direction and deceleration.

The first measure to be taken is to strengthen the rear muscles of the thigh, combined with learning gradual amortization which is the result of a specific exercise.

Training by means of jumps has the effect of reducing the peak ground impact force and consequently to reduce it on the knee, mainly due to an improvement of the flexor-extensor coordination.

An experiment conducted⁵⁴ added twenty minutes a week of strengthening activity for 10 weeks to the experimental group and compared it with a group who did not add this activity. The result was a strong reduction, in the experimental group, of the valgus angle and a change in the landing kinematics. The weaker subjects (who had a larger valgus angle) achieved greater benefits.

MacMair *et al.*⁵⁵ analysed the effects of jump training on the dynamics of landings in young women who practiced sports games. The principal effect was the braking modulation in landing, which led to a reduction in the peak force

4,5 del peso del corpo (BW), e le forze orizzontali di 0,79 BW.

*L'allenamento, sia delle donne prepuberli che postpuberli, modifica le strategie di atterraggio, in particolare aumenta la flessione del ginocchio e diminuisce le forze di reazione al suolo*⁴¹.

L'allenamento specifico per la prevenzione degli infortuni al ginocchio

Secondo Herrington⁵³ il ginocchio valgo aumenta il rischio d'infortunio in funzione dell'angolo stesso di valgismo. 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, in particolare nelle donne sedentarie e di 1 o 2 volte nelle allenate⁴⁵. Uno degli obiettivi della preparazione è ridurre il rapporto di forza 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.

Il ruolo di protezione e 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 e decelerazioni.

La prima misura da perseguire è il potenziamento della muscolatura posteriore della coscia, insieme a un apprendimento dell'ammortizzazione graduale che è frutto di uno specifico esercizio.

L'allenamento mediante i salti, infatti, ha come effetto di ridurre il picco di forza d'impatto sul terreno e di conseguenza di ridurlo sul ginocchio, prevalentemente a causa di un miglioramento della coordinazione flessori-estensori.

Un esperimento condotto⁵⁴ aggiungeva venti minuti a settimana di potenziamento per 10 settimane al gruppo sperimentale e lo comparava con un gruppo che non aggiungeva quest'attività. Il risultato era una forte riduzione, nel gruppo sperimentale, dell'angolo di valgismo e una modificazione della cinematica dell'atterraggio, i soggetti più deboli (che avevano un maggiore angolo di valgismo) hanno avuto benefici più importanti.

MacMair et al.⁵⁵ hanno analizzato gli effetti di un allenamento di salti sulla dinamica degli atterraggi in ragazze praticanti giochi sportivi. L'effetto principale è stato la modulazione del frenaggio nell'atterraggio, che ha portato a una riduzione

of 22% in ground impact and 50% in the forces to the knee.

Specific training therefore has the effect of reducing the impact forces; in female volleyball players it has been possible to attain a reduction of 22% in the peak ground impact force and almost halved that of adduction.⁵³ The strength ratio between extensors and flexors was reduced by 26% in the non-dominant limb, that is in the limb which had greater margins of progress, and by 13% in the dominant side. The vertical jump increased on average by 10%, from which it is easy to deduce that positive effects on the stabilisation of the knee joint and on the relevant frequency of injuries.

To conclude, it is highlighted how the differences in strength between males and females though contained, in their specific nature, are relevant and can be the cause of risks of injury and elements of failure in sports performances. Adequate preparation, which considers all the potential of strength training, can have many positive effects. Alvarez-San Emeterio *et al.*⁵⁶ have highlighted the effect of using overload on bone density in adolescent subjects and recent studies have pointed out their most practical and analytical aspects. In particular they observed an increase in bone density in males and females who had trained with overload compared with sedentary people of equal age (13-16 years of age). The effect was greater in males than in females.

Prepubertal age is considered a sensitive period in which physical activity and specifically that carried out with overload can attain the maximum response on bone density in females.⁵⁷ It can be an important moment for learning the landing techniques, which are very similar to plyometric exercises; they reduce ground impact and quickly decrease injury risk factors. Plyometric training, adapted with a specific training technique, must be modulated above all in intensity. This is because it can vary from low intensity to high intensity bouncing exercises, as in the forms of drop jumps, with falls from equal or greater heights than those of the vertical jump which imply an impact of up to 3-5 times the body weight. Imperfect application and preparation can be the cause of serious risks.

It is essential to consider the increase in fragility that women show immediately after sexual maturation, and act with multi-lateral training which must include traditional overloading with the purpose of attaining a consolidating effect

del picco di forza del 22% e del 50% sulle forze al ginocchio.

L'allenamento specifico ha quindi l'effetto di diminuire le forze d'impatto; in pallavoliste si è potuto ottenere una diminuzione della forza di picco del 22% nell'impatto al suolo e quasi il dimezzamento dell'adduzione⁵³. Il rapporto della forza fra estensori e flessori si è ridotto del 26% nell'arto non dominante, cioè nell'arto che 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 d'infortuni.

*In conclusione si evidenzia come le differenze di forza fra maschi e femmine per quanto contenute, nelle loro specificità, sono rilevanti e possono essere sia causa di rischio d'infortuni sia elementi di non riuscita nelle prestazioni sportive. Una preparazione adeguata, che tiene in conto tutte le potenzialità dell'allenamento della forza, può avere effetti molto positivi, Alvarez-San Emeterio *et al.*⁵⁶ hanno evidenziato l'effetto dell'uso dei sovraccarichi sulla densità ossea in soggetti di età adolescenziale e lavori recenti ne hanno specificato gli aspetti molto pratici e analitici, 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), l'effetto è stato maggiore nei maschi che nelle femmine.*

L'età prepuberale è considerata un periodo sensibile in cui l'attività fisica e particolarmente quella svolta con sovraccarichi può ottenere il massimo della risposta sulla densità ossea nelle femmine⁵⁷. Essa può essere un momento importante per l'apprendimento delle tecniche di atterraggio, quest'ultime sono molto simili alle esercitazioni pliometriche, riducono l'impatto al suolo, diminuiscono velocemente i fattori di rischio d'infortunio. L'allenamento pliometrico, adattato con specifica tecnica di allenamento, deve essere modulato soprattutto nelle intensità perché può oscillare da rimbalzi di piccola entità fino ad intensità elevate, come nelle forme di drop jump o salti in basso, con cadute da altezze uguali o superiori a quelle del salto verticale che comportano un impatto fino 3-5 volte il peso del corpo, la non perfetta applicazione e preparazione può essere causa di seri rischi.

È determinante tenere conto dell'incremento delle fragilità che le donne evidenziano immediatamente dopo la maturazione sessuale, agendo con un allenamento multilaterale che deve includere i sovraccarichi tradizionali con lo scopo

on the osteotendinous structures and bouncing exercises. Concurrently, training must be carried out gradually and patiently to guarantee sufficient neuromotor and osteotendinous adaptation which is 4-6 times slower than the muscular one, due to the so-called heterochronism of the adaptations.⁵⁸ Logical rules for plyometrics at the developmental age have been recently analyzed, using in-depth meta-analysis, overcoming the widespread perplexities on plyometrics which was contraindicated at the prepubertal phase.⁵⁹ The summary of the studies can be described as follows:

- two times a week, with effective results starting from 8-10 weeks. The minimum seems to be once a week for 14 weeks;

- progress is achieved by increasing the repetitions or the difficulties of the single repetition;

- the person can start with 50-60 repetitions to reach 90-100 repetitions per session, which is the target to be achieved towards the end of the 10 week period. In the event of one session a week it is possible to start with 16 repetitions to reach a maximum of 60 in the concluding sessions of the 14 weeks;

- the single session can last from 10 to 25 minutes without ever reaching extreme fatigue;

- choice of good footwear and landing ground. The single exercise can last about 10 seconds with 90 seconds of interval;

- the instructors must follow the students closely (not more than 4-5) and rigorously supervise them so that the execution is correct above all as regards the joint load.

Resistance to strength: specific female aspects

A characteristic which has been highlighted for some time⁶⁰ is that women are gifted with a greater capacity to support fatigue than men at the same relative intensity, that is at the same load percentage, resisting longer. As a consequence, women exhibit a lower reduction in strength during a contraction which is held over time or intermittent. Numerous studies, following a review by Hicks,⁶¹ have shown that in isometric conditions, with sustained contractions, women are more resistant than men when a low percentage of effort is used, and tends to fall when the intensity increases, in both continuous and intermittent contractions. The difference in resistance between the two sexes is lower when the percentages of strength effort are higher; the differences reduce and cancel

*di ottenere un effetto consolidante sulle strutture osteotendinee, e le attività di rimbalzo, al tempo stesso l'allenamento deve essere svolto con gradualità assoluta e paziente per garantire un sufficiente adattamento sia neuromotorio che osteotendineo che è 4-6 volte più lento di quello muscolare, a causa del cosiddetto eterocronismo degli adattamenti*⁵⁸.

*Le norme razionali per la pliometria in età evolutiva sono state recentemente analizzate, con una metanalisi approfondita, superando le perplessità diffuse sulla pliometria che era considerata controindicata nella fase prepuberale*⁵⁹, la sintesi degli studi può essere così descritta:

- 2 volte a settimana, con efficaci risultati a partire da 8-10 settimane. Il minimo sembra essere una volta a settimana per 14 settimane;

- la progressione si realizza aumentando le ripetizioni o le difficoltà della singola ripetizione;

- si può iniziare da 50-60 ripetizioni fino a 90-100 per seduta, obiettivo da raggiungere nelle ultime delle 10 settimane. Nel caso di una seduta a settimana si può partire da 16 esecuzioni fino a 60, nelle ultime sedute delle 14 settimane;

- la singola seduta può durare da 10 a 25 minuti senza mai raggiungere una fatica spinta;

- scegliere buone calzature e il suolo di atterraggio. Il singolo esercizio può durare circa 10 secondi con 90 secondi di recupero;

- gli istruttori devono seguire molto attentamente gli allievi (non più di 4-5) e supervisionare rigorosamente in modo che l'esecuzione sia corretta soprattutto per quanto riguarda il carico articolare.

La resistenza alla forza: aspetti specifici della donna

*Una caratteristica evidenziata già da diverso tempo*⁶⁰ è che la donna è dotata di una maggiore capacità di sopportazione della fatica rispetto all'uomo alla stessa relativa intensità, cioè alla stessa percentuale di carico, resistendo più a lungo. Conseguentemente la donna esibisce una minore riduzione di forza durante una contrazione mantenuta nel tempo o intermittente, numerosi studi dopo una review di Hicks⁶¹ hanno evidenziato che in condizioni isometriche, con contrazioni sostenute, la donna è più resistente dell'uomo quando viene impiegata una percentuale di impegno basso e tende a diminuire quando la intensità aumenta, sia nelle contrazioni continue che intermittenti. La differenza di resistenza fra i due sessi è più bassa quando le percentuali d'impegno di forza sono più alte, le differenze si atte-

themselves out as age progresses. An important effort was to understand the reason for this phenomenon, hypothesising that the difference could be attributed to different physiological mechanisms in both sexes and that this difference was attributable to the nature of the motor task to be performed.⁶²

The motor task proposed, varying in relative intensity and duration, can involve different mechanisms and sites where fatigue is produced. The variations in intensity can be obtained by modifying contraction intensity, the muscle groups involved, and the external environment where the performance is produced in addition to relative intensity (that is in percentage of the maximum strength) and to duration. A physiological cause responsible for this greater resistance to relative intensities could be the larger percentage of area of type I fibres which facilitates the resistance performance, while the same cause could lead to a smaller resistance in dynamic conditions and of greater intensity.

The intensity of the contraction is an important element; for example, in a muscular workout with a contraction intensity of 20% the difference of the duration of the resistance was almost 70% greater in women, with a difference of absolute strength in favour of males which was double in the elbow flexors. At 80% intensity the difference was almost zero, and this condition was similar for all muscular groups. An interesting condition was that when young females and males were recruited in order to have a similar strength level, the differences at 20% of intensity were almost zero. One of the reasons of the differences in resistance to fatigue at equal intensity was attributed to the fact that males produced greater intramuscular pressure which obstructed the blood vessels with greater efficacy than women, and that appeared to be confirmed by the greater arterial pressure recorded. Instead, in more intense contractions a substantial similar metabolic condition, anaerobic for both, was produced.

Other studies have suggested that women have a greater muscular perfusion than men at low intensities and so they can resort more to the aerobic system due to the larger presence of red fibres. Another confirmation would come from the fact that in intermittent isometric contractions women are more resistant than men with respect to more intense continuous reactions.⁶² In intermittent contractions there appears to be no total restriction of blood flow, like in continuous contractions, to the extent

*nuano fino ad annullarsi con l'avanzare dell'età. Uno sforzo importante fu di capire il perché di tale fenomeno, ipotizzando che la differenza potesse attribuirsi a meccanismi fisiologici diversi nei due sessi e che tale differenza fosse attribuibile alla natura del compito motorio da assolvere*⁶².

Il compito motorio proposto, variando in intensità relativa e in durata, può coinvolgere diversi meccanismi e siti dove la fatica si produce, le variazioni di intensità si possono ottenere modificando la intensità di contrazione, i gruppi muscolari coinvolti e l'ambiente esterno dove la prestazione è prodotta oltre che alla intensità relativa (cioè in percento della forza massima) ed alla durata. Una causa fisiologica responsabile di questa maggiore resistenza a intensità relative, potrebbe essere la maggiore percentuale di area di fibre del tipo I che facilita la prestazione di resistenza, mentre la stessa causa potrebbe provocare una minore resistenza in condizioni dinamiche e di maggiore intensità.

L'intensità della contrazione è un elemento importante, ad esempio in un lavoro muscolare con intensità di contrazione del 20% la differenza della durata della resistenza fu di quasi il 70% superiore nella donna, con una differenza di forza massima assoluta a favore del maschio che fu del doppio nei flessori del gomito. All'intensità del 80% la differenza fu quasi nulla, tale condizione fu simile per tutti i gruppi muscolari. Un'interessante condizione fu che, quando furono reclutati giovani femmine e maschi in modo da avere un livello di forza simile, le differenze al 20% di intensità le differenze furono quasi nulle. Una delle ragioni della differenza di resistenza alla fatica a pari intensità fu attribuita al fatto che i maschi producevano una maggiore pressione intramuscolare che occludeva i vasi con maggiore efficacia rispetto alle donne e ciò è apparso confermato dalla maggiore pressione arteriosa registrata, invece nelle contrazioni più intense si produceva una sostanziale condizione metabolica simile, anaerobica per entrambi.

*Altri studi hanno suggerito l'idea che le donne hanno una maggiore perfusione muscolare rispetto agli uomini nelle intensità basse e quindi possono ricorrere maggiormente al sistema aerobico per la maggiore presenza di fibre rosse, un'altra conferma verrebbe dal fatto che nelle contrazioni isometriche intermittenti le donne sono più resistenti degli uomini rispetto alle contrazioni più intense continue*⁶². *Nelle contrazioni intermittenti non ci sarebbe una restrizione totale del flusso sanguigno, come nelle contrazioni continue, tanto che anche nelle contrazioni intermittenti*

that even in intermittent contractions equal to 50% women had a longer lasting performance, just below 50%. Specific studies have been able to establish that there were no central fatigue elements;⁶² other studies⁶³ have highlighted that cognitive fatigue cancelled out the differences between sexes, so it favoured men and unfavoured women confirming an important role of the cognitive functions in resistance. Other studies have supported the phenomenon of a reduction in the differences between males and females as age increases.⁶⁴ In brief, it can be said that women in different isometric contractions, in controlled situations, feel fatigue less than men, but the difference decreases when the intensity of the contraction is increased or older aged subjects are observed. The causes can be attributed to the larger presence of red fibres in women and to the reduction of white fibres in males with age, so the causes seem to be prevalently peripheral except for a central role played by cognitive fatigue.

A specific aspect of strength resistance has been recently analysed by a review of Billaut & Bishop⁶⁵ on the differences of gender in multiple sprints (RSA or Repeated Sprint Ability). This kind of performance involves the muscular functions of maximum power, but also the recovery abilities limited by the metabolic anaerobic characteristics, the aerobic activity of restoring the (ATP and CP) lactic acid reserves and the efficiency of anaerobic lactic acid replenishment, with the associated metabolites which cause fatigue. The differences have been investigated in-depth starting from the well-known muscular particularities; for example, in sprint power, males develop about 40% more peak power and 30% medium power. These levels standardised by weight and lean mass diminish, but they do not cancel each other out; at the same time, women have the ability to maintain peak power for longer and this can also be attributed to a high efficiency of the aerobic metabolism and to a lower accumulation of H⁺.

Another reason can be found in the ability of women to maintain a more orderly activity of the motor units than males when exhausted.⁶⁶ This, however, is also attributable to the lower disturbance caused by the smaller accumulation of anaerobic metabolites.

The greater peak power is also confirmed in males of equal age starting from the age of 14 to 17;⁶⁷ at the bicycle ergometer the optimal pedalling frequency was greater in males than women. This phenomenon can be attributed to

pari al 50% le donne avevano una prestazione di maggior durata, di poco inferiore al 50%. Studi specifici hanno potuto stabilire che non vi erano elementi di fatica centrale⁶², altri studi⁶³ hanno evidenziato che la fatica cognitiva annullava le differenze fra i sessi, quindi favoriva gli uomini e sfavoriva le donne confermando un ruolo importante delle funzioni cognitive nella resistenza. Altri studi hanno sostenuto il fenomeno di un'attenuazione delle differenze fra maschi e femmine con l'avanzare dell'età⁶⁴. In sintesi si può dire che le donne in diverse contrazioni isometriche, in situazioni controllate, risentono meno della fatica degli uomini, ma la differenza diminuisce quando si aumenta l'intensità della contrazione o si osservano soggetti di età crescente. Le cause possono essere attribuite alla maggiore presenza di fibre rosse nelle donne e nella diminuzione delle fibre bianche nei maschi con l'età, quindi le cause sembrano di natura prevalentemente periferica se non per un ruolo centrale sul piano della fatica cognitiva.

Uno specifico aspetto della resistenza alla forza è stato recentemente analizzato da una review di Billaut & Bishop⁶⁵ sulle differenze di genere negli sprint multipli (RSA o Repeated Sprint Ability). In questo tipo di prestazione sono coinvolte le funzioni muscolari di potenza massima, ma anche le capacità di recupero limitate dalle caratteristiche metaboliche di tipo anaerobico, dall'attività aerobica di ripristino delle riserve alattacide (ATP e CP), dall'efficienza della ricarica anaerobica lattacida, con i relativi metaboliti che provocano fatica. Le differenze sono state approfondite partendo dalle particolarità muscolari già note, per esempio i maschi nella potenza di sprint sviluppano circa il 40% in più nel picco e il 30% nella potenza media, questi livelli normalizzati per il peso e la massa magra diminuiscono, ma non si annullano; al tempo stesso le donne hanno la capacità di mantenere la potenza di picco più a lungo e anche questo può essere attribuito ad una elevata efficienza del metabolismo aerobico e ad un minore accumulo di H⁺.

Una ulteriore ragione può essere identificata nella capacità delle donne di mantenere una attività delle unità motorie più ordinata rispetto ai maschi in condizioni di esaurimento⁶⁶ anche questo però, è attribuibile al minore disturbo provocato dal minore accumulo di metaboliti di origine anaerobica.

La maggiore potenza di picco è confermata anche nei maschi a parità di età dai 14 ai 17 anni⁶⁷, al cicloergometro la frequenza ottimale di pedalata fu superiore nei maschi rispetto alle donne. Tale

a longer leg length in proportion to stature and to a better recruitment of the fast fibres, the selective hypertrophy of which can be accentuated by a greater concentration of androgens.⁶⁸

In multiple sprints, which are typical of sports games, a greater difference of 25% is found in males, both in the peak power and in the total workout, attributable always to the greater involvement of type II fibres. The same study found that in 10 sprints on a non-motorised conveyor belt, organised in 6 seconds of sprint with 30 sec of interval, the fatigue index, calculated by the fall in speed from 1st to 10th sprint was essentially similar between males and females.

In other studies on younger subjects, but with 10 seconds of sprint and 10 seconds of interval, the reduction in power was greater in young men than young women.⁶⁹ The reasons for this reduction could be the greater depletion of phosphates which occurs in males; instead, when the tests are lengthened, as when the Wingate test is applied (30 sec) with 20 min of interval, the recovery is easier in women (8% compared with 4%). It is possible that these results are still invalidated by protocol difficulties; in fact, the measure of power and relative power is difficult to apply, in the same way that it is difficult to assess the impact of the training conditions in the different studies.

It is important to highlight the positive correlation between the initial power produced and the level of reduction in power that follows;⁷⁰ among the limits of current knowledge is the lack of workout assessment evaluated. An interesting fact was to establish that women reported a lower and less frequent level of muscular pain after intense workouts.

Strength training at an advanced age in women, with specific reference to the menopause

Strength training with overload has been experimented in both males and females with very interesting results in both cases, even if some have produced non-homogenous results. Jannuzzi-Sicich⁷¹ conducted a vast study on the muscular conditions of women from the ages of 64 to 94, verifying the presence of the formal condition of sarcopenia in the groups (sarcopenia = values of muscular mass lower than 2 standard deviations compared with the values of a young and healthy population); in women more than 22.6% was sarcopenic (in men 26.8%), the best indicator was again the BMI

fenomeno può essere attribuito a una maggiore lunghezza delle gambe in proporzione alla statura e a un migliore reclutamento delle fibre veloci la cui ipertrofia selettiva può essere accentuata da una maggiore concentrazione degli androgeni⁶⁸.

Negli sprint multipli, tipici dei giochi sportivi, si verifica una differenza del 25% maggiore nei maschi, sia nella potenza di picco che nel lavoro totale, attribuibile sempre al maggiore coinvolgimento delle fibre di tipo II, lo stesso studio trovò che in 10 sprint, su un nastro trasportatore non motorizzato, organizzato in 6-s di sprint con 30-s di recupero, l'indice di fatica, calcolato dalla caduta di velocità dal 1° al 10° sprint fu sostanzialmente simile fra maschi e femmine.

In altri studi su soggetti più giovani, ma con 10 secondi di sprint e 10 secondi di recupero, il calo di potenza fu superiore nei ragazzi che nelle ragazze⁶⁹. Fra le ragioni di tale calo può essere identificata la maggior deplezione di fosfati che avviene nei maschi, invece quando le prove si allungano, come quando si applica il test del Wingate (30 sec) con 20 min di recupero, il recupero è più agevole nelle donne (8% rispetto al 4%). È possibile che tali risultati siano ancora inficiati da difficoltà di protocollo, infatti la misura della potenza e la potenza relativa è di difficile applicazione, così come non è semplice nei diversi studi valutare l'impatto della condizioni di allenamento.

È importante sottolineare la correlazione positiva fra la potenza iniziale prodotta ed il livello di caduta della potenza a seguire⁷⁰, fra i limiti delle attuali conoscenze è citata la mancanza della valutazione del lavoro. Un dato interessante fu constatare che le donne riportarono un più basso livello e meno frequenti di dolori muscolari dopo lavori intensi.

L'allenamento della forza in età avanzata nella donna, con particolare riferimento alla menopause

L'allenamento della forza con sovraccarichi è stato sperimentato sia nei maschi che nelle femmine, con risultati in entrambi i casi, molto interessanti anche se, in qualche in qualche, vi sono risultati non omogenei, Jannuzzi-Sicich⁷¹ svolse una vasta indagine sulle condizioni muscolari di donne dai 64 ai 94 anni, verificandone la presenza della formale condizione di sarcopenia nei gruppi (sarcopenia = valori di massa muscolare inferiori a 2 deviazioni standard rispetto ai valori di una popolazione giovane ed in salute); nelle donne oltre il 22,6% fu sarcopenico (26,8% negli uomini), il miglior indicatore fu ancora una volta

but the measure of strength and power was also important.

Chilibeck *et al.*,⁷² administered to three groups of women, for a full year, only phosphonates, exercise and a drug, and only placebo; the results of the bone density indicated that while the drug alone had effects on bone density, the effect was not increased by the contemporary combined use of drugs and strength exercises (3 times a week) and there was no effect with the exercise alone. The exercise was effective in the loss of fat mass and in the increase in lean mass.

A study by Cussler *et al.*⁷³ conducted on one year of training with overload in 140 menopausal women (aged 44-66) undergoing hormonal therapy treatment, showed that the increase in bone density was in line with the load of weights lifted. In a group of women aged between 49 and 62, tested by Elliot *et al.*⁷⁴ who applied low intensity loads (80% of the load with which it is possible to make 10 repetitions) for a brief period (8 weeks), had good results on the development of strength in different body parts, but the workout period was not sufficient to modify the haematic lipids.

A study by Figeroa *et al.*,⁷⁵ in menopausal women, verified the possibility of contrasting the increase in fat mass and the loss of lean mass. In subjects with hormonal therapy (N.=39) and non (N.=55), the effects of the exercise were effective in increasing lean mass and in decreasing fat mass, while there were no effects of the sole hormonal therapy on these parameters.

Gerdhem *et al.*⁷⁶ assessed the role of body weight and strength training on bone density in 1004 women. Body weight proved to be the main element (15-32%); physical training and strength values amounted to 6%. To conclude, body weight has a positive role on bone density, but an increase in weight can be negative for the variables which accompany it (fat mass, etc, dyslipidemia, cardiovascular risk), while a weight due also to lean mass and to physical activity is an element which prevents falls due to the increase in balance, coordination and mobility and, consequently, also a tool to prevent falls.

Jessup *et al.*⁷⁷ who studied women who exercised for 32 weeks with a weighted bodice and strength training revealed a net increase in bone density, motor balance and a weight loss significantly higher than that of the control group. Kemmler *et al.*⁷⁸ also revealed impor-

il BMI ma fu anche importante fu la misura della forza e della potenza.

Chilibeck et al.⁷², somministrarono a tre gruppi di donne, per un intero anno, solo farmaco sotto forma di fosfonati, esercizio e farmaco, e solo placebo; i risultati sulla densità ossea indicarono che mentre vi furono effetti del solo farmaco sulla densità ossea, l'effetto non fu aumentato dal contemporaneo uso di farmaci e di esercizi per la forza (3 volte a settimana) e non vi fu alcun effetto con il solo esercizio, l'esercizio fu efficace nella perdita di massa grassa e nell'aumento della massa magra.

Uno studio di Cussler et al.⁷³ su un anno di allenamento con sovraccarichi in 140 donne in postmenopausa (44-66 anni) tutte con trattamento di terapia ormonale, l'aumento della densità ossea fu lineare con la quantità di carico di pesi sollevati. In un gruppo di donne di età compresa fra 49 e 62 anni, testate da Elliot et al.⁷⁴ che applicarono carichi di bassa intensità (l'80% del carico con cui si riesce a fare 10 ripetizioni) per un breve periodo (8 settimane), ebbero buoni risultati sullo sviluppo della forza in diversi distretti corporei, ma il periodo di lavoro non fu sufficiente a modificare i lipidi ematici.

Uno studio di Figeroa et al. (75), in donne in menopausa, ha verificato la possibilità di contrastare l'aumento di massa grassa e la perdita di massa magra, in soggetti con terapia ormonale (N.=39) e non (N.=55), gli effetti dell'esercizio furono efficaci nell'aumento di massa magra e nella diminuzione della massa grassa, mentre non vi furono effetti della sola terapia ormonale su tali parametri.

Gerdhem et al.⁷⁶ in 1004 donne valutò il ruolo del peso corporeo e dell'allenamento di forza sulla densità ossea, il peso corporeo risultò l'elemento principale (15-32%), l'Allenamento fisico ed valori di forza fino al 6%. In conclusione il peso corporeo ha un ruolo positivo collegato alla densità ossea, ma un aumento del peso può non essere positivo per le variabili che si accompagnano (massa grassa etc, dislipidemia, rischio cardiovascolare), mentre un peso dovuto anche a massa magra e all'attività fisica è un elemento di prevenzione delle cadute per l'aumento dell'equilibrio, della coordinazione e della mobilità e quindi anche uno strumento di prevenzione delle cadute.

Jessup et al.⁷⁷ in donne che si sono esercitate per 32 settimane con corpetti appesantiti et al. lenamento di forza rilevarono un aumento netto della densità ossea, di equilibrio motorio e di perdita di grasso nettamente superiore al gruppo di controllo, anche Kemmler et al.⁷⁸, rilevarono

tant progress in women in the immediate postmenopause period on bone density, where the trend was inverted with respect to the control group, on strength, on VO_{2max} and on vasomotor control. Liu Ambrose *et al.*⁷⁹ verifying the efficacy of three methods of muscular strengthening in women aged 62-75, with electro-stimulation, who trained by climbing stairs and using both methods in the 4 controlled weeks, did not highlight particular progress in one of the three methods even if all three led to improvements.

Roelants *et al.*⁸⁰ tried the vibrations and workouts with overload; such workouts produced good results. The workout with vibrations was essentially able to increase the strength and speed of execution like with the overload, so even the vibrations were like a tool able to increase strength in the women of an advanced age, even if both methods obtained the best progress in the first 12 weeks. A study on males and females carried out on young and old people⁸¹ showed a significant progress for all in strength, only young males reduced the fat mass. The lean mass increased in young males and females and in elderly males, but there was no change in elderly women. The progress on bone density remained the same between males and females and not even age affected the measure of changes, except the modification of bone density in the femoral neck.

Schmitz *et al.*⁸² measured the effects of supervised training with overload (therefore guided by a workout expert with overload) lasting 15 weeks in 60 women aged between 30 and 50 to prevent obesity. It was carried out 2 times a week for 15 weeks and achievement was assured. It was followed by 6 months of unsupervised training which meant it might not be achieved; 90% was completed with good results with a reduction in fat mass proving that with a start-up period feasibility and efficacy are possible even with long term unsupervised training. A contrary element with respect to the positive effects of training alone was recorded by Von Heideken *et al.*⁸³ who applied in three women, aged between 68-71, 17 weeks of workout of only vertical jumps and in different directions with 6 weeks of rest and 17 weeks of workouts with only jumps and treatment with raloxifene. In the first period there was a reduction in bone density in the trochanter while in the second period after the interval there was an increase in bone density. The experiment suggested that such activities without pharmacological treatment can also increase the risk of fractures. A

no progressi importanti in donne nell'immediato postmenopausa, sia sulla densità ossea, dove fu invertito il trend rispetto al controllo, nella forza, che nel VO_{2max} e nel controllo vasomotorio, Liu Ambrose et al.⁷⁹ verificando l'efficacia di tre metodi di potenziamento muscolare in donne di 62-75 anni, con elettrostimolazione, allenandosi a salire le scale ad usando entrambi le modalità nelle 4 settimane controllate, non evidenziarono particolari progressi in uno dei tre metodi anche se tutti e tre provocarono miglioramenti.

Roelants et al.⁸⁰ provarono le vibrazioni e lavori con sovraccarichi, tali lavori produssero entrambi buoni risultati, il lavoro con le vibrazioni fu sostanzialmente capace di incrementare la forza e la velocità di esecuzione come con i sovraccarichi, quindi anche le vibrazioni risultarono come uno strumento capace di incrementare la forza nelle donne di età avanzata, anche se entrambi i metodi ottennero i progressi principali nelle prime 12 settimane. Uno studio su maschi e femmine svolto su giovani e anziani⁸¹ mostrò un progresso significativo per tutti nella forza, solo i maschi giovani diminuirono la massa grassa. La massa magra aumentò in maschi e nelle femmine giovani ed in maschi anziani, ma non si modificò nelle donne anziane, i progressi sulla densità ossea non differirono fra maschi e femmine e neanche l'età influenzò la misura dei cambiamenti, salvo la modifica della densità ossea nel collo del femore.

Schmitz et al.⁸² misurarono gli effetti di un allenamento con sovraccarichi supervisionato (cioè guidato da un esperto del lavoro con sovraccarichi) di 15 settimane in 60 donne di età compresa fra i 30 ed i 50 anni sulla prevenzione dell'obesità applicato 2 volte a settimana per 15 settimane, quindi di certa realizzazione, seguiti da 6 mesi non supervisionato e quindi anche libero di non realizzarsi. Ben il 90% fu completato con buoni risultati con calo della massa grassa e quindi provando che con un periodo di avvio la fattibilità e l'efficacia è possibile anche in un lungo allenamento non supervisionato. Un elemento di segno contrario rispetto agli effetti positivi del solo allenamento fu registrato da Von Heideken et al.⁸³ che hanno applicato in tre donne di età compresa fra 68-71 anni 17 settimane di lavoro di solo salti verticali ed in diverse direzioni con 6 settimane di riposo e 17 settimane di lavoro di salti e trattamento con raloxifene. Nel primo periodo vi fu una perdita di densità ossea nel trocantere mentre nel secondo periodo dopo il recupero vi fu un incremento in densità ossea. Per cui l'esperimento ha suggerito che, tali attività senza trattamento farmacologico, possono anche aumentare il rischio di fratture. Un

recent study by Fisher *et al.*⁸⁴ has compared mixed resistance and strength training systems: 1 time a week for each, 2 times and 3 times, in 63 women over 60 years of age. The subjects studied did not show great differences working at different frequencies. The authors concluded as a consequence of this study that a frequency of twice (one of strength and one of resistance) a week gives the same results of frequencies of 4 or 6 times. Figueroa *et al.*⁸⁵ verified the effects of the combination of 12 weeks of resistance and strength training on arterial stiffness, on arterial pressure and on strength, with positive results on the participants' health: 24 women aged between 47 and 68. Wooten *et al.*⁸⁶ applied 12 weeks of exercises with overload to 21 obese women aged 65. In addition to the progress in the physical performances of strength which were high, they also controlled the weight, BMI, and body composition. The latter saw no particular modifications, but the modifications to the lipoproteins were important, to the extent that these exercises can be considered a therapeutic non-pharmaceutical presidium for metabolic disorders.

It is important to assess the positive response to strength training in women as the low concentration of T (8-10 times lower than men) is known which declines further with age until the menopause where it reduces drastically.⁸⁷ A review by Leite *et al.*⁸⁸ analysed the use of overload as an element able to contain the effects of the menopause, concluding that it is beneficial due to the increase in muscular mass, together with positive effects on the bone and adipose tissue. At the same time Vanni *et al.*⁸⁹ compared two ways of using overload, one with linear progression, the other undulatory, for 28 months. The authors established good results in both methods; as regards bone density and strength there were no differences, concluding that there were no real differences.

Prestes *et al.*⁹⁰ assessed the effects of the workout with overload on inflammatory factors which are the underlying cause of different degenerative processes. From the study on 35 sedentary women, trained with overload for 16 weeks, it was possible to deduce that strength training has a certain ability to reduce systemic inflammation.

Holme *et al.*⁹¹ verified a greater efficacy in the use of overload when the sessions were followed by the assumption of nutrients.

Two complete studies on the trainability of women were conducted by Tracy *et al.*⁹² and

recente studio di Fisher *et al.*⁸⁴ ha comparato allenamenti misti di resistenza e forza praticati: 1 volta a settimana per ciascuno, 2 volte e 3 volte, in 63 donne di oltre 60 anni di età. I soggetti studiati non mostrarono grandi differenze lavorando con frequenze diverse, gli autori conclusero come conseguenza di questo studio che una frequenza di due volte (uno di forza e uno di resistenza) a settimana dà gli stessi risultati di frequenze di 4 o di 6 volte. Figueroa *et al.*⁸⁵ verificarono gli effetti del combinato di 12 settimane di allenamento di resistenza e forza sulla rigidità arteriosa, sulla pressione arteriosa e sulla forza, con risultati positivi sulla salute delle partecipanti: 24 donne di età fra 47-68 anni. Wooten *et al.*⁸⁶ applicarono 12 settimane di esercizi con sovraccarichi in 21 donne di età di 65 anni obese e controllarono, oltre ai progressi sulle prestazioni fisiche di forza che furono elevate, il peso, il BMI e la composizione corporea, quest'ultime non ebbero particolari modifiche, furono invece importanti le modificazioni delle lipoproteine tanto che tali esercizi possono essere considerati un presidio terapeutico per di-
smetabolismi, non farmacologico.

È importante valutare la risposta positiva all'allenamento di forza nella donna in quanto è nota la bassa concentrazione di T (8-10 volte inferiore rispetto all'uomo) che con l'età declina ulteriormente fino alla menopausa dove si ha caduta drastica.⁸⁷ Uno review di Leite *et al.*⁸⁸ ha analizzato l'uso dei sovraccarichi come un elemento capace di contenere gli effetti della menopausa, concludendo che è benefico per l'aumento della massa muscolare, insieme ad effetti positivi sulle ossa e tessuto adiposo. Al tempo stesso Vanni *et al.*⁸⁹ hanno comparato due modalità di uso dei sovraccarichi, una con progressione lineare, l'altra ondulatoria, per 28 mesi, gli autori hanno constatato in entrambi i metodi buoni risultati, per quanto riguarda la densità ossea e la forza non vi furono differenze, concluse che non vi erano vere e proprie differenze.

Prestes *et al.*⁹⁰ valutarono gli effetti del lavoro con i sovraccarichi sui fattori infiammatori alla base dei diversi processi degenerativi, dallo studio di 35 donne sedentarie, allenate con sovraccarichi per 16 settimane, si è potuto dedurre che l'allenamento di forza ha una certa capacità di riduzione dell'infiammazione sistemica.

Holme *et al.*⁹¹ verificarono una maggiore efficacia dell'uso dei sovraccarichi quando le sedute furono seguite dall'assunzione di nutrienti.

Due studi estremamente completi sull'allenabilità della donna sono stati realizzati da Tracy *et al.*⁹² e Hakkinen *et al.*⁹³ Il primo studio verificò

Hakkinen *et al.*⁹³ The first study verified the effect of 9 weeks of training of the lower limbs in two groups of males and females with an average respective age of 68 and 69. Women proved the most trainable even if slightly less sensitive to training than men in the maximum weight lifted; women improved by 27% and the men by 29%, both saw an increase in muscular mass of 12% and the women improved more than the men in the Muscle Quality Index (strength of the trained muscle/volume), 16% in women compared with 14% for men. In short, the trainability of women is similar to that of men aged 68-69. The study by Hakkinen *et al.* (2001) was dedicated to 10 female subjects with an average age of 64. They were trained for 21 weeks and the strength level, modifications of the muscular section, muscular biopsies with the analysis of the modifications of the different types of fibres in different zones in 4 muscles and the serum concentration of testosterone, GH, cortisol and IGF1 at rest, before and after training started, were measured. The isometric strength increased by 37%, IRM by 29%, the transverse section by 5-9%, the area of fibre I and IIa by 22-36%. As for the young subjects there were no modifications to the concentration of T, even if there was a good correlation between the level of concentration and the tendency to hypertrophy ($r=0.64$). Even in women of a mature age it was found that after a training session, the GH concentration remained high for more than 30 minutes; in young subjects this seems to be associated to an anabolic activity.

Conclusions and application aspects in physical activities and sport

Women strength training has become more than a goal of fitness and rehabilitation. It is also, if not above all, a powerful tool to increase the quality of life, prevent disease and a strong compensation of several specific elements which can limit the sporting performance. The differences in the strength characteristics in women compared with men are very limited, but they should be well known, since they can be sources of trauma risks; in particular, women have a lower capacity of explosive strength, this is probably due to a lower number of fast fibres and, above all, a smaller transverse surface. Hypertrophy can however also be incremented in these kinds of fibre while a shortage of explosiveness can damage the lower limbs, above

l'effetto dell'allenamento di 9 settimane degli arti inferiori in due gruppi di maschi e femmine di 68 e 69 anni in media, rispettivamente. Le donne risultarono molto allenabili, anche se leggermente meno sensibili all'allenamento degli uomini nel carico massimo sollevato, le donne migliorarono del 27% e del 29% gli uomini, nell'incremento della massa muscolare il 12% per entrambi, addirittura le donne migliorarono di più degli uomini nell'indice "Muscle quality" (forza del muscolo allenato/volume), 16% nelle donne rispetto al 14% per gli uomini. In sintesi l'allenabilità relativa delle donne è simile a quella degli uomini di età di 68-69 anni. Lo studio di Hakkinen et al. (2001) fu dedicato a 10 soggetti di sesso femminile di età media di 64 anni. Furono allenate per 21 settimane e furono misurate il livello di forza, le modificazioni della sezione muscolare, le biopsie muscolari con l'analisi delle modificazioni dei diversi tipi di fibre in diverse zone in 4 muscoli e la concentrazione sierica di testosterone, GH, cortisolo e IGF1a riposo, prima e dopo l'inizio dell'allenamento. La forza isometrica aumentò del 37%, l'IRM, del 29%, la sezione trasversa del 5-9%, l'area delle fibre I e IIa del 22-36%. Come nei soggetti giovani non vi furono modifiche della concentrazione di T, anche se vi fu una buona correlazione fra il livello di concentrazione e la tendenza all'ipertrofia ($r=0,64$). Anche nelle donne di età matura fu riscontrato, dopo la seduta di allenamento, un permanere al.to della concentrazione di GH, per oltre 30 min, che in soggetti giovani sembra associato ad una attività anabolica

Conclusioni e aspetti applicativi nelle attività fisiche e nello sport

L'allenamento della forza nella donna è divenuta non solo uno obiettivo del fitness e della riabilitazione, ma anche, se non soprattutto, un potente mezzo di incremento delle potenzialità di qualità della vita, di prevenzione e di forte compensazione di alcune specificità che possono limitare la prestazione sportiva. Le differenze delle caratteristiche della forza nella donna rispetto all'uomo sono molto limitate, ma vanno ben conosciute, perché possono essere fonte di rischi di traumi; in particolare la donna ha una minore capacità di esplosività nella forza, ciò è probabilmente dovuto ad un minor numero di fibre veloci e soprattutto una loro minore superficie trasversa. L'ipertrofia può però essere incrementata anche in questi tipi di fibra mentre una carenza di esplosività può danneggiare gli arti inferiori, soprattutto

all the knee, so it is important to gradually but decisively train the ability to recruit strength quickly. Its trainability, though slightly lower is high, so it is possible to make considerable progress in all age groups and in performance training, also because transitory or periodic hormonal conditions can create a greater joint laxity and consequently a higher susceptibility of injuries. At more advanced ages the importance of strength training remains the same; indeed, it becomes a tool of disease prevention and compensation of the trend towards osteoporosis in perimenopause and menopause, since a good reactivity to such stimuli has been documented, above all in the presence of hormonal replacement therapy.

il ginocchio, pertanto è importante allenare, in modo molto graduale, ma deciso le capacità di reclutamento veloce della forza. La loro allenabilità, pur lievemente più bassa è elevata, per cui sono possibili notevoli progressi in tutte le età e nell'allenamento di prestazione, anche perché condizioni ormonali transitorie o periodiche, possono creare una maggiore lassità articolare e quindi una maggiore suscettibilità all'infortunio. Nelle età più avanzate l'importanza dell'allenamento della forza non cambia, anzi diventa uno strumento di prevenzione e di compensazione della tendenza all'osteoporosi nella perimenopausa e menopausa, dato che è documentata una buona reattività a tali stimoli, soprattutto in presenza di terapia ormonale sostitutiva.

References/Bibliografia

- 1) Ahmed CS, Clark KA, Heilmann N, Schoeb JC, Gardner TR, Levine WM. Effects of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *Am J of Sports Med* 2006;34:3.
- 2) Hunter SK, Stevens AA. Sex differences in marathon running with advanced age: physiology or participation? *Med Sci Sports Exerc* 2011;45:148-56.
- 3) Wilmore J H, Costill DL. *Fisiologia dello Sport*. Perugia: Edizione Calzetti & Mariucci; 2005.
- 4) Hettinger T. *Muskekrafttraining*. Stuttgart: Thieme Verlag; 1980.
- 5) Wilmore H. Alteration in strength, body composition and anthropometric measurement consequent to 10 week weight training program. *Med Sci Sport* 1976;6:133-8.
- 6) Laubach LL. Comparative muscular strength of men and women: a review of the literature. *Aviat Space Environ Med* 1977;47:534-42.
- 7) Malina R. Growth, Strength and physical performance. Stubbe (ed) *Encyclopaedia of physical education, fitness and sport*. P443-470. Salt Lake Co; Brighton Publ.; 1980.
- 8) Holloway JB, Baechle TR. Strength training for female athletes a review of selected aspects. *Sports Med* 1990;9:216-28.
- 9) Gray J, Taunton JE, McKenzie DC, Clement DB. A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players. *Int J Sports Med* 1985;6:314-6.
- 10) Wells CL, Plowman SA. Sexual differences in athletic performance. *Phys Sports Med* 1988;11:198-206
- 11) Fry AC, Bibi KW, Eyford T. Stature variable as discrimination of foot contact during the squat exercise in untrained females. *J Appl Sports Sci Res* 1988;3:72-3.
- 12) Fry AC, Housh TJ, Hughes RA, Eyford T. Stature and flexibility variable as discriminators of foot contact during the squat exercise. *J Appl Sports Sci* 1988;2:24-6.
- 13) Schantz P. Capillary supply in heavy-resistance trained non-postural human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 1983;117:153-5.
- 14) Macdougall JD, Sale DG, Alway SE, Sutton JR. Differences in muscle fiber number in biceps brachii between males and females. *Can J Appl Sport Sci Rev* 1983;8:221.
- 15) Grumbt WH, Alway SE, Gonyea WJ, Stray-Gunderson J. Isometric strength and morphological characteristic in the arm flexors of elite male and female body builder. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20:(Suppl S):7S1.
- 16) Miller AEJ, Mac Dougall JD, Tarnopolski MA, et al. Gender differences in strength and muscle fiber characteristic. *Eur J Appl Physiol* 1993;66:254-62
- 17) Simoneau JA, Bouchard C. Human Variation in skeletal muscle fibre types proportion and enzyme activity. *Am J Physiol* 1998;257E:567-72.
- 18) Staron RS, Hagerman FC, Hikida RS, Murray TF, Hostler DP, Crill MT *et al*. Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *J Histochem Cytochem* 2000;48:623-9.
- 19) Oertel G. Morphometric analysis of normal skeletal muscles in infancy, childhood and adolescence. An autopsy study. *J Neurol Sci* 1988;88:303-13.
- 20) Esbjörnsson M, Sylvén C, Holm I, Jansson E. **Fast twitch fiber may predict anaerobic performance in both female and male.** *Into J of Sports Med* 1993;14:257-63.
- 21) Esbjörnsson-Lidjedahl M, Sundberg CJ, Norman B, Jansson E. Metabolic response in type I and type II muscle fiber during a 30-s cycle sprint in men and women. *J Appl Physiol* 1999;87:1326-32.
- 22) Hofmann T, Stauffer RW, Jackson AS. Sex differences in strength. *Am J Sports Med* 1979;7:265-7.
- 23) Kaneisha H, Ikegawa S, Fukunaga T. Comparison of muscle cross sectional area and strength between untrained women and men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994;68:148-54.
- 24) Morrow JR. Strength comparison in untrained men and trained women. *Med Sci Sport Exerc* 1991;13:194-8.
- 25) Rantanen T, Parkatti T, Heikkinen E. Muscle strength according to the level of physical exercise and educational background in middle aged women in Finland. *Eur J Appl Physiol* 1992;65:507-12.
- 26) Malina R, Bouchard C. *Growth and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1993.
- 27) Stobbe TJ. The development of a practical strength testing program for industry. Unpublished dissertation, Dep of industrial and operational Engineering and industrial health service, University of Michigan; 1982.
- 28) Wells CL. Women sport and performance a physiological perspectives. Champaign, IL: Human Kinetics; 1985.
- 29) Komi PV, Karlsson J. Skeletal muscle fibre type, enzyme activity and physical performance in young males and female. *Acta Physiol Scand* 1978;103:210-8.
- 30) Sinha-Hikim I, Roth SM, Lee MI, Bhasin S. Testosterone-induced muscle hypertrophy is associated with an increase in satellite cell number in healthy, young men. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2003;285:E197-205.
- 31) Bosco C, Tihany J, Rivalta G, Parlato G, Pulvirenti C, Foti C, Viru A. Hormonal responses in strength jumping. *Jpn J Physiol* 1996;46:93-8.
- 32) Bosco C, Tsarpela O, Foti C, Cardinale M, Tihany J, Bonifazi M *et al*. Mechanical behaviour of leg extensor in male and female sprinter. *Biology of Sport* 2002;19:189-22.
- 33) Cardinale M, Stone MH - Is testosterone influencing explosive performance. *J Strength Cond Res* 2006;103-7.
- 34) Hagmar M, Berglund B, Brismar K, Hirschberg AL. Hyperandrogenism may explain reproductive dysfunction in olympic athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41:12.
- 35) Hewett TE. Neuromuscular and hormonal factor associated with knee injuries in female athlete. *Sportsmed* 2000;29:313-27.
- 36) Hakkinen K, Hakkinen A. Muscle cross sectional area, forced production and relaxation characteristics in women at different age. *Eur J Appl Physiol* 1998;62:410-4.
- 37) Komi PV. Fundamental performance

- characteristic in female and male. In: Borms J, Hebbelink M, Venerando A, editors. Women and sport. Karger Basel; 1981.
- 38) Weiss LW, Cureton KJ, Thompson FN. Comparison of serum testosterone and androstenedione responses to weight lifting in men and women. *Eur J Appl Physiol* 1998;50:413-9.
- 39) Cureton KJ, Collins MA, Hill DW, McElhannon Jr FM. Muscle hypertrophy in men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20:338-44.
- 40) Hakkinen K, Pakarinen A, Kyrö H, Cheng S, Kim DH, Komi PV. Neuromuscular adaptation and serum hormones in female during prolonged power training. *Int J Sports Med* 1990;11:91-8.
- 41) Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Pliometric training in female athletes: decreased impact force and increased hamstring torques. *Am J Sports Med* 1996;24:765-73.
- 42) Renstrom P, Liungqvist A, Arendt E, Beynon B, Fukubayashi T, Garrett W *et al.* Non contact injuries in female athlete: an international Olympic Committee; Current Concepts Statement. *Br J Sports Med* 2008;42:394-412.
- 43) Knapik JJ, Jones BH, Bauman C, Harris JM. **Strength, flexibility and athletic injuries.** *Sports Med* 1996;14:277-8.
- 44) Haycock CE, Gillette JV. Susceptibility of women athletes to injury. Myths vs reality. *JAMA* 1976;236:163-5.
- 45) Hewett TE, Lindfeld TN, Riccobene JF, Noyes FR. The effects of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. *Am J Sports Med* 1999;27:699.
- 46) Ferretti A, Papandrea P, Conteduca F, Mariani PP. Knee ligaments injuries in volleyball players. *Am J Sports Med* 1992;2:203-7.
- 47) Manno R. La forza Muscolare in età evolutiva: suo allenamento nelle attività motorie e sportive. *Med Sport* 2008;61:273-97.
- 48) Quatman CE, Ford KR, Myer GD, Perno MV, Hewett CE. The effect of gender end maturation status on generalized joint laxity in young athletes. *J Sci Med Sports* 2008;11:257-6.
- 49) Withrow TJ, Huston LJ, Woistys EM, Ashton Miller JA. Effect of various hamstring tension on anterior cruciate ligament strain during in vitro impulsive knee and compression loading. *J Bone Joint Surg* 2008;90:815-23.
- 50) Ahmad C, Clark AM, Heilmann N, Scott Schoeb J, Gardner TR, Levine WN. Effect of gender and maturity on quadriceps-to-Hamstring Strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *Am J Sports Med* 2006;34:330-74.
- 51) Hass CJ, Schick EA, Tillman MD, Chow JW, Brunt D, Cauraugh JH. Knee biomechanics during landing: comparison of Pre and post pubescent Females. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:11-107.
- 52) Zhou SD, Lawson DL, Morrison WE, Fairweather. Electromechanical delay of knee extensor: the normal range and the effects on age and gender. *J Hum Mov Studies* 1995;28:127-46.
- 53) Herrington L. Knee valgus during landing tasks in Female Volleyball and Basketball players. *J Strength and Cond Res* 2011;25:262-6.
- 54) Barendrecht M, Lezeman HCA, Duysens J, Smits-Engelsman CM. Neuromuscular training improve knee kinematics, in particular in valgus aligned adolescent team handball players of both sex. *J of Strength Cond Res* 2011;25:575-84.
- 55) Mc Nair PJ, Prapavessis H, Callender K. Decreasing landing forces: effect of instruction. *Br J Sports Med* 2000;34:293-6.
- 56) 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 Cond Res* 2011;25:2879-90.
- 57) 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* 2002;36:250-7.
- 58) Sperling OK. Wachstum und sport. *Leistungssport* 1975;1:1.
- 59) Johnson BA, Salzberg CL, Stevenson DA. A systematic review Pliometric Training program for young children *J Strength Cond Res* 2011;25:2623-33.
- 60) Hunter SK, Enoka RM. Sex differences in the fatigability of arm muscle depends on absolute force during isometric contractions. *J Appl Physiol* 2001;91:2686-94.
- 61) Hicks AL, Kent-Braun J, Ditor DS. Sex differences in human skeletal muscle fatigue. *Exerc Sport Sci Rev* 2001;29:109-12.
- 62) Hunter SK, Butler JE, Todd G, Gandevia SC, Taylor JL. Supraspinal fatigue does not enplane the sex difference in muscle fatigue of maximal contraction. *J Appl Physiol* 2006;101:1036-44.
- 63) Mottram CJ, Hunter SK, Rochette L, Anderson MK, Enoka RM. Time to task failure varies with the gain of feedback signal for women not for men. *Exp Brain Res* 2006;174:575-58.
- 64) Hunter SK, Critchlow A, Enoka RM. Influence of aging on sex differences in muscle fatigability. *J Appl Physiol* 2004;9:1723-32.
- 65) Billaut F, Bishop D. Muscle fatigue in Males and female during Multiple-Sprint exercise. *Sports Med* 2009;39:257-78.
- 66) Russ DW, Lanza JR, Rothman D. Sex differences in glycolysis during brief intense isometric contractions. *Muscle Nerve* 2005;32:647-55.
- 67) Martin RJ, Dore E, Twisk J, van Praagh E, Hautier CA, Bedu M. **Longitudinal changes of maximal short-term peak power in girls and boys during growth.** *2004;36:498-503.*
- 68) Glenmark B. Skeletal muscle fibre types, physical performance, physical activity and attitude to physical activity in women and men: a follow-up from age 16 to 27. *Acta Physiol Scand(Suppl)*1994;623:1-47.
- 69) Yanagiya T, Kaneisha H, Kouzaki M, Kawakami Y, Fukunaga T. Effect of gender on mechanical power output during repeated bouts of maximal running in trained teenagers. *Int J of Sports Med* 2003;24:304-10.
- 70) Bishop D, Spencer M. Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance trained. *J Sport Med Physical Fitness* 2004;44:1-7.
- 71) Iannuzzi-Sucich M, Prestwood KM, Kenny AM. Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002;57:M772-7.
- 72) Chilibeck PD, Davison KS, Whiting SJ, Suzuki Y, Janzen CL, Peloso P. The effect of strength training combined with bisphosphonate (etidronate) therapy on bone mineral, lean tissue, and fat mass in postmenopausal women. *Can J Physiol Pharmacol* 2002;80:941-50.
- 73) Cussler EC, Lohman TG, Going SB, Houtkooper LB, Metcalfe LL, Flint-Wagner HG *et al.* Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:10-7.
- 74) Elliott KJ, Sale C, Cable NT. Effects of resistance training and detraining on muscle strength and blood lipid profiles in postmenopausal women. *Br J Sports Med* 2002;36:340-4.
- 75) Figueroa A, Going SB, Milliken LA, Blew RM, Sharp S, Teixeira PJ *et al.* Effects of exercise training and hormone replacement therapy on lean and fat mass in postmenopausal women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003;58:266-70.
- 76) Gerdhem P, Ringsberg KA, Akesson K, Obrant KJ. Influence of muscle strength, physical activity and weight on bone mass in a population-based sample of 1004 elderly women. *Osteoporos Int* 2003;14:768-72.
- 77) Jessup JV, Horne C, Vishen RK, Wheeler D. Effects of exercise on bone density, balance, and self-efficacy in older women. *Biol Res Nurs* 2003;4:171-80.
- 78) Kemmler W, Engelke K, Lauber D, Weineck J, Hensen J, Kalender WA. Exercise effects on fitness and bone mineral density in early postmenopausal women: 1-year EFOPS results. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:2115-23.
- 79) Liu-Ambrose T, Khan KM, Eng JJ, Janssen PA, Lord SR, McKay HA. Resistance and agility training reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: a 6-month randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2004;52:657-65.
- 80) Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc* 2004;52:901-8.
- 81) Ryan AS, Ivey FM, Hurlbut DE, Martel GF, Lemmer JT, Sorkin JD *et al.* Regional bone mineral density after resistive training in young and older men and women. *Scand J Med Sci Sports* 2004;14:16-23.
- 82) Schmitz KH, Jensen MD, Kugler KC, Jeffery RW, Leon AS. Strength training for obesity prevention in midlife women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003;27:326-33.
- 83) Von Heideken Wagert P, Littbrand H, Johansson A, Nordstrom P, Gustafson Y. Jumping exercises with and without raloxifene treatment in healthy elderly women. *J Bone Miner Metab* 2002;20:376-82.
- 84) Fisher G, McCarthy JP, Zuckerman P, Ryan DR, Scott CS, Hunter GR. Frequency of combined Resistance and Aerobic Training in Older Women. *J Strength Cond Res* 2012;11.
- 85) Figueroa AA, Park SY, Seo DY, San-

- chez-Gonzalez MA, Baek YH. Combined resistance and endurance exercise training improves arterial stiffness, blood pressure, and muscle strength in postmenopausal women. 7. *Menopause* 2011;18:980-4.
- 86) Wooten JS, Phillips MD, Mitchell JB, Patrizi R, Pleasant RN, Hein RM *et al.* Resistance exercise and lipoproteins in postmenopausal women. *Int J Sports Med* 2011;32:7-13.
- 87) Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM. 10. Testosterone physiology in resistance exercise and training: the upstream regulatory elements. *Sports Med* 2010;40:1037-53.
- 88) Leite RD, Prestes J, Pereira GB, Shiguemoto GE, Perez SE. Menopause: highlighting the effects of resistance training. *Int J Sports Med* 2010;31:761-7.
- 89) Vanni AC, Meyer F, de Veiga AD, Zanardo VP. Comparison of the effects of two Resistance training regimens on muscle and bone responses in premenopausal women. *Osteoporosis Int* 2010;1537-44.
- 90) Prestes J, Shiguemoto G, Botero JP, Frollini A, Dias R, Leite R *et al.* Effects of resistance training on resistin, leptin, cytokines, and muscle force in elderly post-menopausal women. 15. *J Sports Sci* 2009;27:1607.
- 91) Holme L, Olesen JL, Matsumoto K, Doi T, Mizuno M, Alsted TJ *et al.* Protein-containing nutrient supplementation following strength training enhances the effect on muscle mass, strength, and bone formation in postmenopausal women. *J Appl Physiol* 2008;105:274-81.
- 92) Tracy BL, Ivey FM, Hutlbut D, Martel GF, Lemmer JT, Siegel EL. Muscle quality. II. Effects of strength training in 65 to 75-year old men and women. *J Appl Physiol* 1999;86:195-201.
- 93) Häkkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ, Häkkinen A, Valkeinen H, Alen M. Selective hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. *J Appl Physiol* 2001;91:569-80.

Received on xxxxx - Accepted for publication on xxxxx.

Corresponding author: R. Manno, Institute of Medicine and Sport Sciences, Unit of Sport Sciences, Coni Servizi, Rome, Italy.
E-mail: renato.manno@coni.it