

# ATTIVITÀ FISICA IN BAMBINI ED ADOLESCENTI

Stesina Gianluca

- laureato in Medicina e Chirurgia presso l'Università degli Studi di Torino il 05/04/2000
- specializzando al 3° anno in Medicina dello Sport.
- Collaboratore dell'Istituto di Medicina dello Sport di Torino dal 1999.
- Medico regionale della rappresentativa di calcio a cinque.
- Medico del Comitato regionale Piemontese FIP
- Autore dell'Enciclopedia dello Sport edita dalla Treccani e traduttore di "tecniche di riabilitazione in Medicina dello Sport" edito dalla UTET

Dal momento che i ritmi di vita attuali risultano notevolmente ridotti nei bambini, i quali passano molto del loro tempo libero davanti alla televisione o al computer, l'attività motoria in genere e sportiva in particolare, risulta l'unico mezzo che permetta un buon sviluppo motorio e organico. Molti sono gli studi che dimostrano i grandi vantaggi dell'attività fisica durante la fase dello sviluppo. E' importante tenere presente che il bambino non è un adulto in miniatura e che bisogna valutare con attenzione le sue caratteristiche fisiologiche quando si decide di avvicinarlo ad una attività sportiva.

Per questo motivo è utile valutare le caratteristiche fisiologiche del bambino.

Dal punto di vista dell'apparato cardiovascolare si osserva che la grandezza del cuore è correlata alla taglia fisica e nel bambino le dimensioni cardiache sono ridotte in rapporto alla superficie corporea rispetto all'adulto, e, di conseguenza, anche la gittata sistolica risulta diminuita. Quindi per mantenere una buona portata cardiaca l'organismo deve compensare con un incremento della frequenza cardiaca. Nel bambino d'altra parte la frequenza cardiaca massimale è superiore rispetto all'adulto e nell'attività fisica intensa può arrivare anche a 200-210 battiti al minuto. Quindi il riscontro di frequenze cardiache così elevate non deve allarmare i genitori e gli allenatori. Con lo sviluppo fisico si assiste ad un aumento delle dimensioni cardiache rispetto alla crescita del corpo e ad un decremento lineare della frequenza cardiaca sia a riposo che massimale.

Anche la funzionalità polmonare subisce importanti variazioni durante la fase di sviluppo. Si assiste ad un incremento dei volumi ventilatori sia statici che dinamici. Variazioni importanti si verificano a livello dei valori di ventilazione massima che passa da 45 l/min all'età di 6 anni a 150 l/min nel maschio adulto. Inoltre si nota come a parità di carichi di lavoro nei bambini si ha una ventilazione maggiore e soprattutto un aumento della frequenza ventilatoria, dovuto ad una minore profondità del respiro. Quindi al termine dell'esercizio fisico il bambino si presenterà tachipnoico, cioè con una respirazione più affannosa dell'adulto. L'allenatore ed i genitori devono tener ben presente questo fenomeno per non allarmarsi eccessivamente se vedono il bambino tachipnoico, ma sapere che è una reazione normale.

Importanti variazioni si osservano anche per il sistema nervoso sia a livello centrale che periferico. Nel periodo dell'infanzia si assiste ad una progressiva mielinizzazione delle fibre nervose, cioè le fibre nervose vengono progressivamente circondate da una guaina formata da lipidi e proteina, che permette una conduzione più rapida dell'impulso nervoso. Questo processo consente la trasmissione più veloce delle informazioni sensitive e motorie, con conseguente miglioramento degli schemi motori e della coordinazione.

Quindi, con l'avanzare dell'età, si osserveranno miglioramenti del gesto tecnico e della velocità di esecuzione degli esercizi.

L'apparato che subisce le variazioni più facilmente osservabili è quello muscolo-scheletrico. Il bambino è in una fase di costante sviluppo sia staturale sia ponderale che raggiungerà il suo apice di velocità di crescita con la pubertà. È importante che in questa fase lo sviluppo dell'apparato scheletrico avvenga correttamente e che non intervengano fattori esterni ad alterarne la maturazione. Vari lavori sperimentali hanno dimostrato la grande influenza dell'esercizio fisico sulla struttura dell'osso, stimolandolo lungo precise linee di forza e permettendo il raggiungimento di un maggior picco di massa ossea. D'altra parte è importante sottolineare che lesioni che interessano la cartilagine di coniugazione, regione in cui avviene l'apposizione di nuovo tessuto osseo, possono comportare ritardi od alterazioni del segmento scheletrico interessato. Per questo motivo è consigliabile non indirizzare i bambini, almeno fino ai 10-12 anni, verso sport molto traumatici o che comportano importanti sovraccarichi su alcuni segmenti scheletrici. È importante che ai bambini in fase prepuberale non siano imposti allenamenti con pesi, in quanto si possono causare problemi sia muscolari che ossei.

Con lo sviluppo staturale si osserva anche un incremento della massa muscolare che risulta dovuta soprattutto ad un'ipertrofizzazione delle fibre con aumento dei miofilamenti e delle miofibrille. Il massimo sviluppo muscolare si raggiunge in età adulta, ma non tutti i tessuti del corpo si sviluppano con la stessa velocità. Il picco di accrescimento della forza avviene sia nei maschi sia nelle femmine prima a livello degli arti inferiori, poi degli arti superiori ed infine del tronco.

Alla luce di queste differenze antropometriche e morfologiche del bambino rispetto all'adulto è ora possibile analizzare quali sono gli adattamenti fisiologici all'esercizio fisico e quali attività sono più consigliate.

### Capacità aerobica

La capacità aerobica dipende dalla funzionalità ventilatoria e cardiovascolare, quindi in conseguenza del miglioramento di tali parametri con l'età anche la capacità aerobica (VO<sub>2</sub>max) aumenta. Il VO<sub>2</sub>max è indice dell'intensità massima di esercizio che può essere sostenuta in un esercizio prolungato per più minuti, utilizzando una massa muscolare importante, almeno quello degli arti inferiori, che determina esaurimento globale. Il valore di VO<sub>2</sub>max, espresso in litri al minuto, risulta aumentare in modo lineare con l'età sia per i maschi che per le femmine e raggiunge il suo massimo dopo la pubertà. Se invece il valore viene rapportato al peso corporeo ed espresso in ml/Kg·min, si nota che tende ad avere un picco in età prepubere e poi diminuisce con maggiore evidenza nelle femmine rispetto ai maschi. Inoltre, è importante sottolineare come a parità di intensità di lavoro il consumo di ossigeno risulta più elevato nei bambini rispetto agli adulti. Questo fenomeno è dovuto ad una minor economicità del gesto sportivo dovuto ad una non completa maturazione del sistema nervoso. Dai lavori scientifici effettuati si evince che i bambini sottoposti ad allenamenti di tipo aerobico migliorano la propria prestazione, ma non proporzionalmente al massimo consumo di ossigeno. Questo è dovuto al fatto che l'allenamento perfeziona la tecnica del gesto sportivo, migliorandone il rendimento, ma non determina un significativo sviluppo del sistema cardiovascolare e polmonare. Questo ridotto miglioramento delle capacità aerobiche in seguito ad allenamento, rispetto agli adulti, sembra dovuto al fatto che nel bambino si ha un quadro ormonale diverso, in quanto le concentrazioni di importanti ormoni, quali ad esempio il testosterone, sono molto basse. In base a questi dati è evidente che nell'età prepubere è importante insistere

sulla tecnica di base per imparare ad eseguire in modo corretto il gesto atletico piuttosto che lavorare sulla preparazione fisica.

#### Capacità anaerobiche

I vari lavori scientifici sono concordi nell'affermare che i bambini hanno ridotte capacità anaerobiche. Infatti nei bambini, anche dopo sforzi massimali, si riscontrano basse concentrazioni di acido lattico a livello sia ematico sia muscolare. Ciò dipende da una minore capacità glicolitica, dovuta ad una ridotta attività funzionale di alcuni enzimi chiave della glicolisi, quale ad esempio la fruttosiofosfochinasi.

La prestazione anaerobica migliora in rapporto all'età del soggetto e raggiunge il picco massimo attorno ai 18-20 anni.

#### Forza muscolare

Nel bambino si assiste ad un progressivo miglioramento della forza muscolare. Questo fenomeno è determinato da un aumento della massa muscolare, in seguito all'ipertrofizzazione delle fibre sia di tipo I (fibre lente) sia di tipo II (fibre veloci). Inoltre durante lo sviluppo maturativo del bambino si assiste alla mielinizzazione delle fibre nervose; questo fenomeno permette di ottenere un più rapido reclutamento delle fibre muscolari che comporta una più vigorosa contrazione muscolare. Tuttavia, soprattutto l'esercizio ripetuto, migliora l'efficienza neuromotoria nel bambino, per cui si assiste ad un aumento di forza, senza variazione delle dimensioni delle fibre.

#### Stress termico

Svariati lavori scientifici hanno dimostrato che i bambini posseggono una minor capacità di adattarsi alle alte e basse temperature. I bambini dimostrano una minor sudorazione, a parità di temperatura, rispetto agli adulti con conseguente aumento della temperatura interna. Inoltre essi corrono un rischio maggiore di ipotermia alle basse temperature. Abbiamo voluto riportare questi dati per enfatizzare la necessità di non sottoporre i bambini ad attività fisica intensa, in condizioni termiche estreme, poiché hanno una maggiore superficie corporea e quindi una perdita superiore di calore e si rischia di esporre i bambini a stress termici troppo importanti che non sono in grado di sopportare agevolmente. È importante quindi che gli allenamenti e le gare non avvengano mai in condizioni estreme di temperatura e che inoltre sia tenuta in considerazione la necessità di una corretta idratazione.

## ADOLESCENZA

Con il termine adolescenza si indica la fase di transizione dall'infanzia all'età adulta, durante la quale avvengono importanti cambiamenti antropometrici e morfologici. Durante questo periodo della vita avvengono anche notevoli mutamenti a livello endocrinologico che influenzano lo sviluppo corporeo.

I fenomeni ormonali che danno inizio ed accompagnano lo sviluppo puberale sono molteplici e molto complessi e non ancora del tutto definiti. Anche i fattori scatenanti che danno inizio alla pubertà non sono ancora stati individuati. Il primo fenomeno che anticipa di circa due anni lo sviluppo del sistema riproduttivo è la comparsa dell'apparato pilifero (adrenarca). Questo è causato dalla produzione di androgeni da parte del surrene. Invece la maturazione dell'apparato genitale, detto gonadarca, si manifesta con aumento del volume degli organi sessuali (testicoli nei maschi e ovaie e mammelle nella femmina). In questa fase gioca un ruolo importante il sistema ormonale ipotalamo-ipofisi-gonadi che

fino all'inizio della pubertà rimane quiescente e che in questo periodo si attiva probabilmente in seguito al rilascio di fattori stimolanti. Questi fattori prodotti dall'ipotalamo agiscono a livello dell'ipofisi e determinano la produzione e il rilascio di due ormoni, detti FSH ( ormone follicolo stimolante) ed LH ( ormone luteinizzante). Nel maschio l' LH si lega a specifici recettori presenti nell'interstizio del testicolo e determina fenomeni biochimici che causano la sintesi e la secrezione di testosterone. Invece l'FSH ha come funzione principale quella di iniziare la spermatogenesi. Nella femmina l'LH e l'FSH si legano a specifici recettori situati a livello ovarico e determinano la secrezione degli ormoni sessuali femminili, estrogeni e progesterone. L'aumento del testosterone, anche a concentrazione 20 volte maggiori rispetto all'infanzia, determina nell'uomo un incremento delle masse muscolari (effetto anabolico), la maturazione degli spermatozoi e la comparsa dei caratteri sessuali secondari (effetto androgeno). Nella donna l'aumento della concentrazione ematica di estrogeni determina lo sviluppo degli organi genitali femminili, regola la fase estrale (1-14 giorno) del ciclo e svolge un'azione importante a livello vascolare ed osseo.

Queste variazioni ormonali determinano delle variazioni antropometriche e morfologiche che portano alla struttura fisica definitiva dell'adulto. L'inizio e la durata della pubertà sono variabili sia tra maschio e femmina che all'interno dello stesso genere.

La comparsa dei caratteri sessuali secondari è stato studiato approfonditamente da Tanner che ha diviso la fase di sviluppo adolescenziale in 5 stadi, utilizzando come parametri la peluria pubica, le dimensioni testicolari nel maschio e lo sviluppo delle mammelle nella donna.

#### I cinque stadi puberali secondo Tanner

Stadi	P (pelosità pubica)	G (organi genitale)	B (breast= seni)
I	Prepubere: assenza di peli	prepubere: pene e testicoli di taglia infantile	prepubere: il solo capezzolo è sollevato
II	Alcuni peli sparsi poco pigmentati e ricci	aumento dei testicoli e scroto. Pene infantile	allargamento dell'areola, seni leggermente sopraelevati
III	Peli più numerosi, più scuri e più ricci	aumento dei testicoli e allungamento del pene	ulteriore allargamento areola e aumento dei seni
IV	Peli di tipo adulto che ricoprono tutto il pube	il pene si allunga ed ingrossa la pelle dello scroto è pieghettata. Aumento dei testicoli	aumento del volume dei seni, ulteriore ingrandimento
V	Distribuzione e quantità dei peli di tipo adulto di ampiezza dell'areola	genitali di tipo adulto, volume dei testicoli definitivo. Pene di taglia adulta	seni di tipo adulto, riduzione di ampiezza dell'areola.

Lo sviluppo puberale avviene attraverso tutti questi stadi e dura approssimativamente 4 anni. Dal punto di vista antropometrico, in questa fase, si assiste ad un'importante accelerazione della velocità di crescita con un picco massimo a 12 anni per le femmine e a 14 anni per i maschi. La differenza staturale nell'adulto tra maschio e femmina è dovuta principalmente al fatto che i primi presentano un picco massimo di crescita maggiore e che il periodo di accelerata velocità di crescita è più lungo. La crescita staturale risulta inversamente correlata con la quantità di ormoni sessuali circolanti. Infatti gli ormoni sessuali permettono una maturazione del tessuto osseo favorendo la chiusura delle cartilagine epifisarie ed impedendo un'ulteriore crescita ossea. Quindi nei casi di pubertà precoce si assisterà ad una crescita staturale ridotta rispetto a quella attesa, in quanto dopo la pubertà la velocità di crescita decresce rapidamente.

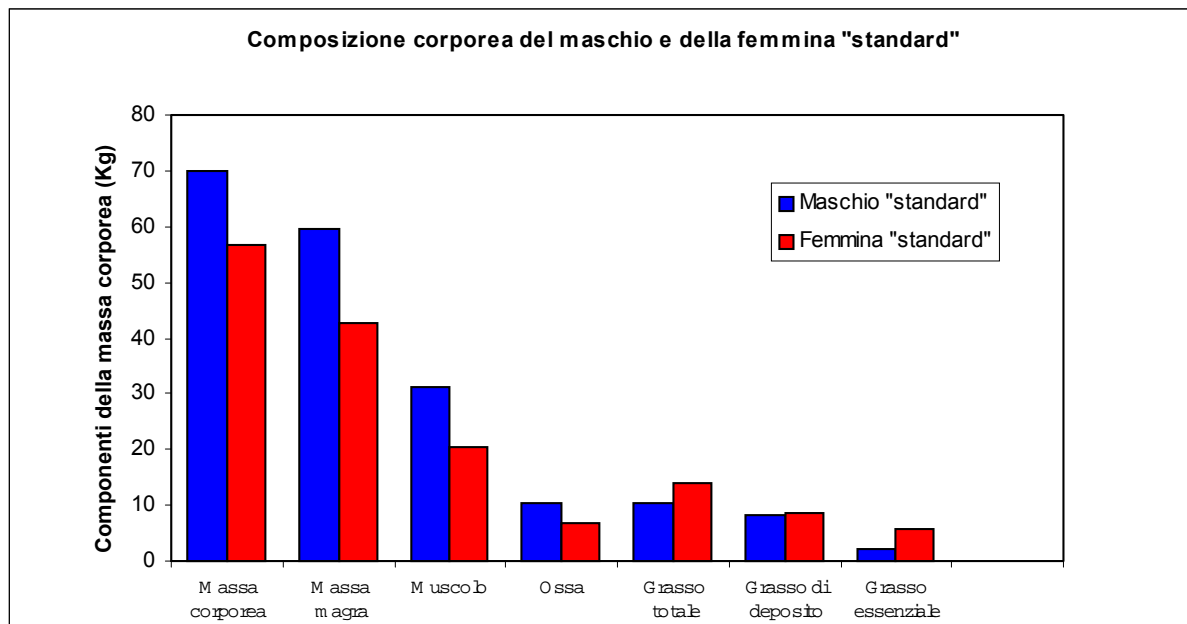
Nella pubertà si assiste anche ad una notevole variazione della composizione corporea con una differente distribuzione di tessuto muscolare e tessuto adiposo tra maschi e femmine. Nel maschio le maggiori quantità di testosterone determinano un aumento delle masse muscolari che è dovuto soprattutto ad un'ipertrofia delle fibre già esistenti piuttosto che alla neoformazione di fibre muscolari. Nella donna invece l'aumento della massa muscolare risulta minore e più lento ed inoltre la maggiore concentrazione di estrogeni determina un accumulo di tessuto adiposo più rilevante nella femmina rispetto al maschio. Per cui, dopo la pubertà, i maschi in media avranno il 45% di tessuto muscolare ed il 15% di tessuto adiposo mentre le femmine avranno il 35% di tessuto muscolare e il 25% di tessuto adiposo. Nello sviluppo puberale inoltre si assiste in entrambi i sessi ad un incremento relativo delle dimensioni del cuore e dei polmoni e ad un innalzamento della pressione arteriosa. Queste variazioni fisiologiche determinano il miglioramento delle capacità aerobiche, anaerobiche e della forza muscolare.

## **Differenze antropometriche e biomeccaniche tra i due sessi**

Gli studi antropometrici, che consistono nella misura del peso, dell'altezza e della lunghezza dei segmenti corporei indicano che esiste una grande variabilità, non solo tra le varie popolazioni, ma anche all'interno di una stessa popolazione tra gli esseri umani. Nonostante ciò, è possibile affermare che le femmine in media pesano meno rispetto ai maschi, hanno una statura inferiore, arti inferiori più corti e un bacino caratterizzato da un diametro trasversale maggiore. Tra le caratteristiche generali che differenziano i due sessi vi sono inoltre la massa muscolare, meno sviluppata nel sesso femminile e la flessibilità, quest'ultima invece maggiore nelle femmine. Più nello specifico, nelle femmine è maggiore il riscontro di ginocchia valghe, comunemente chiamate ginocchia a X, di una marcata rotazione esterna della tibia e di un'accentuata antiversione del femore (normalmente l'angolazione che il collo del femore ha verso l'avanti è di 15°, ogni ulteriore deviazione anteriore si definisce antiversione). Tutto ciò implica differenze in termini di postura, velocità e accelerazione, sia lineare sia angolare. Proprio in considerazione di queste differenze antropometriche, per esempio il pallone da basket utilizzato dalle giocatrici ha un diametro minore rispetto a quello impiegato dai maschi, dal momento che le femmine hanno una mano più piccola; allo stesso modo le racchette da tennis utilizzate dalle femmine sono generalmente più corte rispetto a quelle utilizzate dai maschi, visto che esistono notevoli differenze tra i due sessi in termini di forza della muscolatura dell'arto superiore; altro esempio: gli sci utilizzati dalle femmine sono strutturalmente diversi rispetto a quelli dei maschi, sia in termini di lunghezza che di rigidità, in conseguenza della maggiore forza muscolare degli arti inferiori di cui sono dotati gli uomini. Dal punto di vista biomeccanico, le differenze strutturali tra maschi e femmine, per esempio la minor lunghezza degli arti inferiori delle femmine, fanno sì che il sistema di leve di cui è dotato il maschio sia più vantaggioso rispetto a quello della femmina. Pertanto la performance agonistica maschile è migliore anche se questo è dovuto principalmente al fatto che il maschio è dotato di un apparato muscolare più sviluppato.

## **Differenze nella composizione corporea tra i due sessi**

La determinazione della composizione corporea consente di quantificare la componente muscolare, quella ossea e quella costituita dal grasso corporeo. Questa valutazione è possibile mediante la misurazione dello spessore delle pliche cutanee, la rilevazione della circonferenza e della lunghezza dei vari segmenti corporei, la densimetria o metodo idrostatico che consente di giungere alla quantificazione del grasso corporeo dalla misura della densità del corpo sfruttando il principio di Archimede, il metodo impedenziometrico oppure la densitometria computerizzata. La percentuale di grasso di deposito è sostanzialmente simile nei due sessi (12% nei maschi e 15% nelle femmine), ma la percentuale di grasso essenziale è circa quattro volte superiore nelle femmine rispetto ai maschi; per cui mediamente le femmine hanno il 25% di grasso e i maschi il 15%. Quando si parla di massa magra va sottolineato che questa include una piccola quota di grasso essenziale (maggiore nelle donne), la massa di acqua contenuta nei polmoni, la massa proteica e la massa delle ossa. La figura 1 mostra le differenze in composizione corporea tra maschio e femmina "standard" in base al modello di Behnke.



Il maschio ,considerato come "standard" di riferimento, è un soggetto di età compresa tra i 20 e i 24 anni, alto 174 cm mentre la femmina "standard" è sempre di età compresa tra i 20 e i 24 anni ed ha un'altezza pari a 163,8 cm. Il maschio ha maggior massa corporea, pesa infatti in media 70 Kg contro i 56,7 Kg della donna, ha una maggior massa magra (85% contro 75% della donna), una componente muscolare maggiore (44,7% contro 36% della donna) e una maggior massa ossea (14,9% contro 12% della donna). In termini di tessuto adiposo, nel maschio i grassi di deposito rappresentano il 12% della massa corporea mentre nella femmina il 15%. Molto significativa è la differenza per ciò che riguarda il grasso essenziale che nel maschio è pari al 3% della massa corporea mentre nella femmina corrisponde al 12%. Non è noto quanta parte delle differenze tra i due sessi sia riconducibile a differenze legate al sesso oppure a differenze nello stile di vita, anche se è noto che le differenze ormonali giocano un ruolo importante.

## Differenze tra i due sessi in termini di forza muscolare

La forza muscolare di un individuo dipende da fattori neurologici (reclutamento di unità motorie), dalla sezione dei muscoli, dal tipo di fibre che compongono il muscolo e da fattori ormonali. In termini assoluti la forza sviluppata dai maschi è superiore rispetto a quella sviluppata dalle femmine, e questo vale per tutti i gruppi muscolari. Considerando ,ad esempio, i muscoli dell'arto superiore, la forza nelle donne è inferiore del 50%, mentre per l'arto inferiore del 30%. Dal momento che i muscoli umani sono in grado di generare una forza dell'ordine di grandezza di 16-30 newton per cm<sup>2</sup> di sezione muscolare, indipendentemente dal sesso, tali differenze sono da attribuire alla diversa dimensione dei muscoli e alla differente distribuzione della massa magra.

I campionati di sollevamento pesi rappresentano un buon metodo per paragonare la forza generata dai due sessi, essendo i partecipanti suddivisi in sei categorie a seconda del peso corporeo che vanno, sia per i maschi sia per le femmine, dai 52 Kg agli 82,5 Kg. Analizzando i risultati dei sollevatori di pesi si nota che le differenze minori si riscontrano nelle categorie leggere, mentre le differenze si fanno via più consistenti man mano che si sale di categoria.

Per paragonare le performance di soggetti diversi i dati devono essere normalizzati riferendosi a categorie quali l'altezza, la massa, la composizione corporea, la sezione dei muscoli, la circonferenza e il volume degli arti. Per esempio, tenendo conto della massa totale e della massa magra, scompare gran parte della differenza tra i due sessi. Il risultato della normalizzazione suggerisce che non esistono differenze qualitative tra i muscoli nei due sessi, poiché gran parte delle differenze possono essere spiegate sulla base della differenza di massa muscolare. Alcuni studiosi hanno osservato che confrontando 7 uomini e 8 donne, dopo un programma di allenamento della forza della durata di 8 settimane, l'incremento di forza è risultato sovrapponibile nei due gruppi. Possiamo pertanto concludere che la risposta delle femmine ad un allenamento della forza causa gli stessi adattamenti in termini di ipertrofia che si osservano nei maschi.

## **Differenze tra i due sessi in termini di doti aerobiche**

Le doti aerobiche di un soggetto sono rappresentate dalla massima potenza aerobica ( $VO_2\max$ ) e dalla capacità aerobica. La prima è data dal valore del massimo consumo di ossigeno ( $VO_2\max$ ) che un soggetto presenta in corso di attività muscolare protratta e intensa. La seconda è la capacità di sostenere un'elevata potenza per un tempo molto lungo. Il massimo consumo di ossigeno nel sesso femminile è inferiore rispetto al sesso maschile del 15-30% e questo vale sia che si considerino soggetti sedentari sia soggetti allenati. Le differenze sono maggiori se il massimo consumo di ossigeno è espresso in valori assoluti (l/min) mentre sono inferiori se si considera il valore relativo al peso corporeo (ml/kg/min). Per esempio, tra atleti di sci di fondo la differenza in massimo consumo di ossigeno tra maschi e femmine è del 43%, la differenza si riduce al 15% se il  $VO_2\max$  è espresso in funzione del peso corporeo.

Questo è dovuto al fatto che circa il 70% delle differenze in massimo consumo di ossigeno tra i due sessi sono dovute a differenze in termini di massa corporea e riflettono la differenza in massa muscolare attivata nel corso del lavoro fisico. Il restante 30% delle differenze riscontrate tra i due sessi sono dovute alla differente concentrazione di emoglobina che nei maschi è in media superiore del 10-14% rispetto alle femmine. Questo conferisce ai maschi una maggior capacità di trasporto dell'ossigeno nel sangue. Per spiegare completamente le differenze tra i due sessi non bisogna dimenticare che per ragioni sociali le femmine hanno minori opportunità di essere coinvolte in attività fisiche di un certo livello. Va ricordato, inoltre, che le doti aerobiche delle femmine allenate sono superiori rispetto a quelle dei maschi non allenati della stessa età. Ad esempio le sciatrici di sci di fondo hanno un massimo consumo di ossigeno superiore del 40% rispetto a quello dei maschi sedentari.

Supponendo di eliminare i fattori di diversità legati alla taglia e alla composizione corporea, l'unica differenza sarebbe quella legata al sesso. Keller e collaboratori hanno dimostrato che, nonostante le differenze nei due gruppi si riducano normalizzando per la massa corporea e la massa magra e tenendo anche conto delle differenze nella concentrazione emoglobinica, esiste comunque una differenza biologica legata al sesso e quindi non modificabile in termini di capacità aerobica. Questo non significa che la capacità aerobica non possa essere migliorata dall'allenamento ma soltanto che non ci si deve aspettare che le differenze tra maschi e femmine per quanto riguarda le doti aerobiche abbiano un'unica spiegazione di natura non genetica.

Alcuni studiosi hanno analizzato l'economia del gesto motorio. Questa si definisce come il valore di consumo di ossigeno necessario per mantenere un determinata velocità. Per quanto riguarda l'economia del gesto motorio insito nella corsa non esistono differenze tra maschi e femmine mentre secondo alcuni studiosi un vantaggio esiste ed è a favore del sesso maschile. Secondo altri studiosi invece l'economia del gesto non influisce tanto sulla performance aerobica quanto sulla soglia aerobica-anaerobica e il massimo consumo di ossigeno. La soglia aerobica è definita come il livello di dispendio energetico che determina una concentrazione di 2 mmol/l di acido lattico per litro di sangue mentre la soglia anaerobica, che rappresenta il livello di potenza più elevato che il soggetto è in grado di mantenere a lungo, è definita come il livello di dispendio energetico che provoca una concentrazione di circa 4 mmol/l di acido lattico per litro di sangue. Abbiamo già visto come il massimo consumo di ossigeno sia un fattore in grado di determinare la performance aerobica; anche i valori di soglia aerobica-anaerobica sono fondamentali a questo proposito. Mentre esiste una differenza significativa per ciò che concerne il valore di massimo consumo di ossigeno tra maschi e femmine, nessuna differenza è riportata per ciò che riguarda la soglia aerobica-anaerobica. Il valore di soglia è strettamente correlato all'attività aerobica enzimatica, per cui è possibile affermare che gli adattamenti dell'attività enzimatica che conseguono all'allenamento di tipo aerobico sono identici nei due sessi.

## **Differenze tra i due sessi in termini di doti anaerobiche**

Le doti anaerobiche comprendono la potenza anaerobica alattacida e la capacità anaerobica lattacida. La prima è data dal massimo lavoro che un soggetto è in grado di compiere in 5-6 secondi, utilizzando come fonti energetiche l'ATP e la fosfocreatina presenti nel muscolo. La seconda è il massimo lavoro che un soggetto può compiere in 40-60 secondi utilizzando come fonte energetica la glicolisi anaerobica con conseguente formazione di acido lattico. Pertanto il sistema anaerobico alattacido costituisce il nostro meccanismo di "pronto intervento energetico", potendo risintetizzare l'ATP partendo dalla fosfocreatina. Questo meccanismo è molto potente ma la sua capacità è limitata dal momento che le scorte di fosfocreatina si consumano nel giro di pochi secondi.

Le differenze esistenti tra i due sessi per quanto riguarda le doti anaerobiche sono molto evidenti. Come abbiamo già visto per le differenze in termini di forza muscolare e di doti aerobiche, anche queste potrebbero essere attribuite alle notevoli differenze esistenti tra maschio e femmina per quanto riguarda la massa corporea. Pertanto, confrontando soggetti dei due sessi con uguale massa corporea e uguale taglia, ci si dovrebbe aspettare una riduzione di tali differenze; in realtà non è così. Infatti le differenze in potenza anaerobica tra maschi e femmine non possono essere spiegate soltanto sulla base di una diversa composizione corporea, della differente forza muscolare e nemmeno possono essere chiamati in causa differenti meccanismi neuromuscolari. Questo è stato dimostrato da Weyand e collaboratori che hanno osservato come per un certo volume di massa magra della gamba, il picco di potenza nel corso di esercizio massimale anaerobico sia maggiore del 20% nel maschio rispetto alla femmina.

La differente potenza anaerobica tra i due sessi è più evidente per la muscolatura degli arti inferiori. Pertanto esiste una reale differenza a livello biologico tra i due sessi per quanto riguarda la possibilità di erogare potenza sfruttando la via glicolitica.

## **Differenze tra i due sessi in termini di flessibilità e coordinazione**

La flessibilità può essere definita come la capacità di un individuo di compiere un movimento sfruttando la massima escursione articolare e distensibilità muscolo-tendinea. Tutti gli studiosi sono concordi nell'affermare che una buona flessibilità è un elemento in grado di migliorare la performance agonistica e di ridurre il rischio di infortuni. Comunemente si ritiene che le femmine siano dotate di una maggiore flessibilità rispetto ai maschi, anche se alcuni studiosi sono convinti del fatto che questa affermazione non sia del tutto esatta in quanto fondata unicamente sulla valutazione della mobilità a livello dell'anca e che quindi non rifletta quella che è la flessibilità generale. In realtà, Kibler e collaboratori hanno studiato 629 femmine e 1478 maschi che si cimentavano in varie discipline sportive ed hanno osservato che in tutte le misurazioni le femmine sono risultate più flessibili rispetto ai maschi.

I fattori che determinano una maggiore estensibilità muscolare nel sesso femminile sono soprattutto le differenze di massa muscolare, la differente geometria articolare, la diversa composizione del muscolo e del tessuto connettivo.

Dall'osservazione di una maggiore incidenza di infortuni durante la pratica di alcuni sport nel sesso femminile, alcuni studiosi sono giunti alla conclusione che questo trovi una spiegazione considerando che le femmine hanno una minore esperienza motoria e che questo sia dovuto a fattori di carattere sociologico piuttosto che biologico. Secondo altri invece, la differente coordinazione che si osserva nei due sessi sarebbe dovuta all'effetto che gli ormoni sessuali esercitano sull'organizzazione cerebrale durante lo sviluppo. In generale si può affermare che le femmine hanno rispetto ai maschi una migliore capacità di svolgere compiti motori che richiedono una coordinazione fine e sono dotate di una maggiore velocità di programmazione del gesto motorio mentre il sesso maschile è superiore nella capacità di esecuzione di quest'ultimo.

## **Caratteristiche fisiche dei campioni sportivi maschi e femmine**

L'antropometria è la scienza che consente di determinare quali sono le caratteristiche fisiche degli atleti. Già la semplice valutazione visiva delle caratteristiche fisiche fornisce indicazioni, seppur molto vaghe, sulla possibilità di correlare la struttura fisica ai vari tipi di sport. Utilizzando le tecniche della plicometria (misurazione dello spessore delle pliche cutanee), della misura delle circonferenze corporee, della densimetria ed altre ancora è possibile valutare i campioni dal punto di vista della composizione corporea distinguendo tra massa grassa e massa magra. Relativamente alla componente che influisce positivamente sulla prestazione sportiva, ovvero la massa magra, va sottolineato che, in media, maschi e femmine in età adulta e in età adolescenziale, possiedono il 45-55% di fibre di tipo lento nei muscoli delle gambe e delle braccia mentre, per quanto riguarda le fibre a contrazione rapida si suddividono equamente in fibre ad elevata velocità di contrazione e discreta capacità sia aerobica sia anaerobica (fibre di tipo IIa) e in fibre con

caratteristiche esclusivamente di tipo anaerobico (fibre IIb). Da questo punto di vista non esistono differenze legate al sesso ma soltanto differenze interindividuali. La sola differenza tra i sessi in relazione alla composizione muscolare è legata al fatto che nei maschi le fibre hanno una sezione maggiore. La tipologia muscolare è strettamente correlata alle caratteristiche atletiche. I migliori atleti in corse su lunghe distanze sono dotati di un grande patrimonio di fibre a lenta contrazione mentre, al contrario, gli atleti che praticano discipline in cui la potenza è fondamentale sono dotati di muscoli costituiti da fibre prevalentemente a contrazione rapida. Per esempio, mediante l'analisi di alcune biopsie muscolari, è stato calcolato che i maratoneti, gli sciatori di sci di fondo e i ciclisti, a livello del polpaccio, possiedono fino al 90-95% di fibre a contrazione lenta. Ma non è solo la composizione muscolare ciò che consente ad un atleta di diventare un campione; la semplice composizione muscolare infatti non consente di fare alcuna deduzione circa la capacità di prestazione atletica; per diventare un campione l'atleta necessita di altre doti, sia fisiche che psicologiche. Tutti gli studi su atleti di livello olimpico hanno rivelato che in quasi tutti gli sport il successo si correla ad alcune caratteristiche fisiche. Nel caso dei maschi i soggetti di maggiore statura e peso si dedicano al basket, alla pallavolo, al canottaggio, agli sport di lancio. Questi atleti presentano la maggior massa muscolare ma anche la maggior percentuale di tessuto adiposo. Per esempio i lanciatori presentano in media circa il 30% di tessuto adiposo mentre i maratoneti si aggirano intorno all'8%. Per quanto riguarda le atlete, un dato molto significativo è la bassa percentuale di tessuto adiposo che nelle atlete di livello olimpico è in media del 13%, se si eccettuano le lanciaatrici che presentano una percentuale di tessuto adiposo sovrapponibile a quella dei maschi.

Le atlete che si dedicano ad attività sportive di lunga durata (maratonete, sciatrici di sci di fondo, etc.) hanno una percentuale di tessuto adiposo del 15,2%, inferiore rispetto alle giocatrici di basket (21%), nuotatrici (20%), tenniste (23%) e simile a quella delle ginnaste (15%). Nei maratoneti e nei ciclisti maschi la percentuale di tessuto adiposo è molto bassa (5-6%) ed il rapporto massa grassa/massa magra è minimo. Questo rapporto è invece massimo nei giocatori di giocatori di rugby e nei lanciatori.

Particolare attenzione deve essere posta al nuoto in cui le donne risultano in parte avvantaggiate rispetto ai maschi. Questo è dovuto alla particolare disposizione del grasso corporeo che favorisce un miglior galleggiamento e ad alcune caratteristiche antropometriche che favoriscono una minor resistenza all'avanzamento in acqua. La frequenza e l'ampiezza della bracciata influenzano la velocità di progressione e si correlano alla taglia corporea. Nei nuotatori la lunghezza degli arti e la dimensione delle mani e dei piedi si correlano alla frequenza e all'ampiezza delle bracciate.

Possiamo pertanto concludere affermando che l'analisi della composizione corporea rivela che gli atleti hanno caratteristiche fisiche che si correlano all'attività fisica che praticano, ma che queste da sole non sono sufficienti per fare di un atleta un vero campione. Per questo è infatti indispensabile un giusto equilibrio tra doti fisiche e doti psico-caratteriali.

## **Differenze tra i due sessi in termini di performance agonistica**

Il modo migliore per confrontare la performance atletica dei maschi e quella delle femmine è sicuramente quello di paragonare i record del mondo in varie discipline atletiche.

Per quanto riguarda la corsa, le differenze tra i due sessi sono dell'ordine del 10% per tutte le gare di distanza, dai 100 m alla maratona. Se si confrontano invece le

performance in discipline di forza e potenza, femmine di pari peso rispetto ai maschi ottengono prestazioni inferiori le differenze si aggirano intorno all'11%.

Nel salto in alto e nel salto triplo la performance femminile è l'83% di quella maschile, nel salto in lungo l'84%, nel lancio del giavellotto l'82%.

Interessante è la considerazione del fatto che soltanto nei maschi e la velocità sui 100 m è uguale a quella sui 200 m. Sulla gara degli 800 m la velocità cala del 29% nei maschi e del 35% nelle femmine mentre, con l'allungarsi della gara, il calo di velocità tende a ridursi tanto che nei 1000 m il calo di velocità è all'incirca pari al 28% sia nei maschi sia nelle femmine.

Nel pattinaggio di velocità le prestazioni del sesso femminile sono il 93% rispetto a quelle maschili, nel ciclismo, nella prova su 1 Km la differenza è pari all'83,6%, nei 10 Km al 91,7% e nei 100 Km all'86%.

Nel nuoto, data la maggior galleggiabilità del sesso femminile, le differenze tra i due sessi sono meno evidenti. La minor performance agonistica del sesso femminile rispetto a quello maschile è dovuta a tutte quelle differenze che abbiamo analizzato in precedenza, a differenze antropometriche e a differenze per quanto riguarda la forza e la resistenza.

In considerazione di tutto ciò viene spontaneo domandarsi se con l'aumentare del carico di allenamento le donne saranno in grado di colmare il gap che le separa dall'uomo. Attualmente non è possibile dare una risposta esauriente a questo quesito. È difficile che, in tempi brevi, una donna riesca a stabilire un record mondiale assoluto, valido cioè sia per i maschi sia per le donne. Alla luce delle nostre osservazioni, la specialità ove più facilmente potrebbe avvenire il sorpasso del sesso femminile su quello maschile è la distanza media nel nuoto.

## CENNI SULL'ANATOMIA E FISIOLOGIA DELL'APPARATO MUSCOLARE

Apparato muscolare.

Nel corpo umano si possono riconoscere tre tipi di muscoli:

muscolo scheletrico

muscolo liscio

muscolo cardiaco

Il muscolo scheletrico è quello che permette l'esecuzione dei movimenti, in quanto con la propria contrazione permette di muovere i vari segmenti corporei.

Il muscolo scheletrico è racchiuso da una lamina di tessuto connettivo, detta fascia muscolare che permette lo scorrimento rispetto ai piani circostanti. Microscopicamente il muscolo scheletrico è formato da grossi fasci, ognuno dei quali circondato da un sottile strato di tessuto connettivo detto perimisio. Valutando questi fasci al microscopio si nota che sono formati da cellule muscolari dette anche fibre ognuna circondata da una sottile fascia connettivale che prende il nome di endomisio.

Ogni fibra muscolare è costituita da piccole componenti dette miofibrille disposte in modo parallelo in modo da conferire alla fibra muscolare il tipico aspetto striato. Le singole miofibrille sono costituite da elementi detti miofilamenti che sono costituiti da due tipi di catene proteiche:

miofilamenti sottili costituiti da actina

miofilamenti spessi costituiti da miosina. La contrazione muscolare avviene in seguito allo scorrimento dei filamenti di actina su quelli di miosina che permettono così alla miofibrilla di accorciarsi.

Ai capi estremi del muscolo si trovano delle strutture connettivale detti tendini attraverso ai quali il muscolo si ancora al segmento osseo. Quando le miofibrille si accorciano le strutture connettivali e tendinee si mettono in tensione.

Come abbiamo detto il muscolo è formato da numerose miocellule che sono parte integrante delle unità motorie. L'unità motoria è formata da una cellula nervosa midollare, il cui assone si ramifica in numerosi filamenti che arrivano sulle cellule muscolari. Ognuna di queste diramazioni termina su un'unica miocellula dando origine a quella che viene denominata placca neuromuscolare. Il numero di miocellule di un, unità motoria è variabile e dipende dal grado di precisione richiesto. La stimolazione dell'unità motoria determina la contrazione contemporanea e massimale di tutte le miocellule. Se il muscolo deve contrarsi con una certa forza, lo stimolo nervoso determinerà la contrazione di un determinato numero di unità motorie, se la contrazione deve essere più vigorosa, verranno interessate più unità motorie.

### **Tipi di fibre muscolari**

Gli uomini hanno tre differenti tipi di fibre muscolari. Le **fibre a contrazione lenta (ST)** o fibre di tipo I, sono caratterizzate da una lenta velocità di contrazione e da un'alta resistenza alla fatica. Strutturalmente, esse presentano motoneuroni e fibre muscolari di piccolo diametro, un'alta densità di mitocondri e di capillari e un alto contenuto di mioglobina. Dal punto di vista energetico, essi hanno una piccola riserva di fosfocreatina (un substrato ad alta energia usato per compiere movimenti rapidi ed esplosivi), un basso contenuto di glicogeno e cospicui depositi di trigliceridi (la forma di deposito dei grassi). Esse contengono pochi enzimi coinvolti nella glicolisi, ma contengono molti enzimi coinvolti nel metabolismo ossidativo (ciclo di Krebs, catena di trasporto degli elettroni). Funzionalmente, le fibre ST sono usate durante le attività aerobiche che richiedono la produzione di un basso livello di forza, come il camminare e il mantenimento della postura. Molte attività della vita quotidiana utilizzano le fibre ST.

Le **fibre a contrazione veloce** sono caratterizzate da una rapida velocità di contrazione e una bassa resistenza alla fatica. Le differenze nella velocità di contrazione, che danno il nome alle fibre, possono essere, in parte, spiegate dalla quantità di calcio rilasciato dal reticolo sarcoplasmatico (il sito di deposito del calcio) e dall'attività enzimatica (miosina ATPasi), che scinde l'ATP adeso alla testa delle catene di miosina. Entrambi i meccanismi risultano più rapidi e ampi nelle fibre a contrazione rapida.

Le fibre a contrazione rapida possono essere ulteriormente suddivise in **fibre a contrazione rapida di tipo A (o tipo IIA) e fibre a contrazione rapida di tipo B (o tipo IIB)**. Le fibre di tipo A presentano una moderata resistenza alla fatica e rappresentano una transizione tra i due estremi costituiti dalle fibre di tipo B e le fibre a contrazione lenta. Strutturalmente, le fibre di tipo A possiedono grandi motoneuroni e fibre di ampio diametro, un'alta densità di mitocondri e una moderata concentrazione di mioglobina. Esse sono ricche di fosfocreatina e glicogeno e posseggono moderati depositi di trigliceridi. Presentano un'elevata attività glicolitica ed ossidativa. Dal punto di vista funzionale, vengono utilizzate nelle attività anaerobiche prolungate, con grande produzione di forza, come avviene nelle gare dei 400 metri.

Le fibre a rapida contrazione di tipo B, d'altra parte, sono molto sensibili alla fatica e sono impiegate nelle attività anaerobiche di breve durata, con grande produzione di forza, come negli sprint, nella corsa ad ostacoli, salto e lancio. Queste fibre sono anche in grado di

produrre una potenza maggiore rispetto alle fibre ST. Come le fibre di tipo A, le fibre a rapida contrazione di tipo B hanno motoneuroni e fibre muscolari di diametro ampio, ma una bassa densità di mitocondri, di capillari e di contenuto di mioglobina. Esse hanno una concentrazione elevata di fosfocreatina e glicogeno, ma bassa di trigliceridi. Esse contengono molti enzimi glicolitici ma pochi enzimi ossidativi.

Ad ogni velocità di movimenti, la quantità di forza prodotta dipende dal tipo di fibre. Durante una contrazione dinamica, quando la fibra è o accorciata o stirata, una fibra a contrazione rapida produce più forza rispetto ad una fibra lenta. (Fitts&Widrick, 1996). In condizioni isometriche, durante le quali la lunghezza del muscolo non varia mentre si contrae, le fibre a contrazione lenta producono esattamente la stessa quantità di forza delle fibre a contrazione rapida. La differenza di forza si osserva solo nella contrazione dinamica. Ad ogni determinata velocità, la forza prodotta dal muscolo aumenta proporzionalmente alla percentuale di fibre a rapida contrazione e, di contro, ad ogni determinata produzione di forza, la velocità aumenta proporzionalmente alla percentuale di fibre a contrazione rapida.

Esiste una grande variabilità nel rapporto tra le diverse fibre tra i vari atleti. Per esempio, è ben documentato che gli atleti di endurance hanno molte fibre a contrazione lenta, mentre i velocisti e i saltatori, hanno più fibre a rapida contrazione. La maggiore quantità di fibre a contrazione rapida nei velocisti li rende capaci di produrre una forza muscolare ed una potenza maggiore rispetto agli atleti con più fibre lente.

Le differenze nella composizione delle fibre muscolari tra gli atleti ha sollevato la questione se la struttura del muscolo è un carattere acquisito o geneticamente determinato. Gli studi eseguiti su gemelli hanno mostrato che la composizione muscolare è principalmente determinata dalla genetica, tuttavia ci sono prove che sia la struttura sia la capacità metabolica delle fibre muscolari possono essere modificate da metodiche di allenamento specifiche.

### **Reclutamento delle fibre muscolari**

I muscoli producono forza attraverso il reclutamento di unità motorie. L'unità motoria è formata da una cellula nervosa midollare, il cui assone si ramifica in numerosi filamenti che arrivano sulle cellule muscolari. Ognuna di queste diramazioni termina su un'unica miocellula dando origine a quella che viene denominata placca neuromuscolare. Il numero di miocellule di un'unità motoria è variabile e dipende dal grado di precisione richiesto. un gruppo di fibre muscolari innervato da un motoneurone. Durante una contrazione volontaria isometrica e concentrica, il regolare schema di reclutamento avviene secondo le dimensioni dell'unità motrice, una condizione conosciuta come principio delle dimensioni. Le piccole unità motrici, che contengono fibre muscolari a contrazione lenta, hanno la più bassa soglia di attivazione e sono le prime ad essere reclutate. Le domande di una maggiore forza sono soddisfatte dal reclutamento di unità motorie sempre più grosse. Le unità motorie più grandi, che contengono fibre a contrazione rapida di tipo B, sono quelle con la più elevata soglia di attivazione e sono reclutate per ultime.

Qualsiasi sia l'intensità del lavoro, le unità motorie a fibre lente sono quelle reclutate per prime. Se l'intensità è bassa, queste unità motorie possono essere le sole ad essere reclutate. Se l'intensità è elevata, come avviene nel sollevamento pesi o negli allenamenti ad intervalli in pista, le unità motorie a fibre lente sono reclutate per prime, seguite da quelle a fibre rapide di tipo A e se necessario a quelle di tipo B.

Ci sono evidenze che suggeriscono che il principio delle dimensioni può essere alterato o anche capovolto durante certi tipi di movimenti – specialmente quelli che contengono una componente eccentrica (allungamento muscolare)- nei quali le unità motorie a fibre rapide

sono reclutate prima di quelle a fibre lente. E' possibile che un reclutamento preferenziale delle unità motorie a fibre rapide, se esiste, è influenzato dalla velocità di contrazione eccentrica e può avvenire solo con velocità moderate od elevate

### **Determinazione del tipo di fibre**

Dal momento che l'unico modo per determinare la composizione del tipo di fibre è una biopsia muscolare, che è una metodica invasiva (nella quale un ago viene inserito nel muscolo e poche fibre sono prelevate per essere esaminate al microscopio), alcuni ricercatori hanno cercato di stimare indirettamente la distribuzione delle fibre muscolari all'interno di singoli gruppi muscolari, attraverso la relazione tra le diverse proprietà delle fibre muscolari e la composizione muscolare.

Questo tipo di ricerca ha ottenuto risultati promettenti, essendo stata riscontrata una relazione significativa tra la proporzione di fibre a rapida contrazione e la forza o la potenza. (Coyle ed al. 1979; Froese & Houston 1985; Gerdle ed al. 1988; Gregor ed al., 1979; Suter ed al., 1993).

Un metodo indiretto utilizzato nelle palestre per determinare il tipo di fibre di un gruppo muscolare è quello di stabilire inizialmente il massimale (il peso maggiore che può essere sollevato d'improvviso) dall'atleta. Poi si valuta quanti ripetizioni all'80% del massimale possono essere eseguite. Se essi compiono meno di 7 ripetizioni, allora il gruppo muscolare è probabilmente composto di più del 50% di fibre a rapida contrazione. Se riesce ad affrontare 12 o più ripetizioni, allora il gruppo muscolare ha più del 50% di fibre a lenta contrazione. Se l'atleta può eseguire da 7 a 12 ripetizioni, allora il gruppo muscolare possiede probabilmente un'uguale proporzione di fibre (Pipes, 1994).

Dal momento che il sollevamento di pesi richiede l'uso di molti muscoli contemporaneamente, questi metodi non vanno bene per singoli muscoli, ma solo per gruppi muscolari. Per determinare il tipo di fibre del singolo muscolo, deve essere eseguita una biopsia del muscolo interessato.

Un altro metodo indiretto che l'allenatore può utilizzare, specialmente quando gli atleti sono giovani o iniziano un'attività sportiva, è quello di far eseguire un numero di eventi differenti. Il tipo di fibre dominante risulta evidente in base alle loro prestazioni in certi prove e questi risultati possono indirizzare in modo diretto i futuri allenamenti per ogni atleta.

Implicazioni per l'allenamento.

Le proporzioni delle fibre muscolari giocano un ruolo importante sul massimale che può essere sollevato, sul numero di ripetizioni che possono essere portate a termine durante una serie o nell'intervallo di lavoro e i risultati desiderati (incremento della forza muscolare /potenza o resistenza). Per esempio, un atleta con molte fibre a contrazione rapida non è in grado di completare tante ripetizioni sollevando un determinato peso, quante un atleta con una prevalenza di fibre muscolari lente e quindi non raggiungerà mai un così alto livello di resistenza muscolare quanto quello degli atleti con fibre a contrazione lenta. Allo stesso modo un atleta che possiede una significativa quantità di fibre lente non sarà in grado di sollevare un massimale o di correre veloce quanto un atleta con una prevalenza di fibre veloci e perciò non avrà mai forza e potenza quanto un atleta con molte fibre veloci.

E' importante ricordare che, anche in una squadra di velocisti o di marciatori, ci possono essere differenze nel tipo di fibre muscolari. Non tutti i velocisti hanno la stessa percentuale di fibre veloci e non tutti i maratoneti hanno la stessa percentuale di fibre lente. Perciò, alcuni velocisti possono essere in grado di completare 10 volte i 200 metri in una seduta di allenamento, mentre altri risultano affaticati dopo 8 ripetizioni. Allo stesso

modo alcuni maratoneti sono in grado di completare 8 volte gli 800 metri, mentre altri sono affaticati dopo 5 ripetizioni. Quindi l'allenatore deve decidere che coloro che si affaticano più facilmente (perché hanno più fibre veloci) devono osservare un recupero più lungo tra le varie serie per riuscire a portare a termine l'allenamento, o deve far loro compiere meno ripetizioni ma ad una velocità più sostenuta.

Allenando un muscolo composto da fibre veloci alle attività di resistenza non si ottiene un aumento del numero di fibre lente, così come allenando un muscolo composto da fibre lente alla forza o alla potenza non si incrementa il numero di fibre rapide. Con un appropriato allenamento, le fibre muscolari veloci di tipo B possono assumere alcune caratteristiche di resistenza tipiche delle fibre veloci di tipo A e le fibre di tipo A possono assumere alcune caratteristiche di forza e potenza tipiche delle fibre di tipo B. Comunque non vi è interconversione di fibre. Le fibre veloci non possono diventare fibre lente, e viceversa. Le fibre che un atleta possiede alla nascita verranno mantenute per tutta la vita. Benché il tipo di fibre non può essere trasformato da un tipo in un altro, l'allenamento può far variare la quantità di spazio occupato da ogni tipo di fibra nel muscolo. In altre parole, può esserci un ipertrofia selettiva delle fibre basata sul tipo di allenamento.

Per esempio, un atleta può avere in un muscolo un rapporto 50/50 tra fibre lente e fibre veloci, ma dal momento che le fibre veloci hanno un diametro maggiore rispetto alle fibre lente, allora il 65% dell'area del muscolo è occupato dalle fibre rapide e il 35% dalle fibre lente. Seguendo un programma di allenamento basato sulla forza atto ad aumentare la forza muscolare, il numero di fibre lente e veloci rimarrà costante (ancora 50/50), ma varierà l'area occupata dai diversi tipi di fibre. Questo avviene perché le fibre lente si atrofizzeranno (diventeranno più piccole) mentre le fibre rapide si ipertrofizzeranno (diventeranno più grandi).

A seconda della specifica intensità utilizzata nell'allenamento, il muscolo può presentare il 75% dell'area occupata da fibre veloci e il 25% da fibre lente. Tale variazione di area comporterà un aumento di forza, ma una diminuzione della resistenza. Inoltre, quando la massa delle fibre veloci è aumentata rispetto a quella delle fibre lente, l'atleta incrementa le dimensioni del muscolo, come può essere verificato misurando la circonferenza del muscolo.

Di contro, se l'atleta focalizza l'allenamento sulla resistenza muscolare, le fibre veloci si atrofizzeranno mentre le fibre lente si ipertrofizzeranno, causando un aumento delle dimensioni delle fibre lente. L'area del muscolo, che prima dell'allenamento era per il 65% occupata da fibre veloci e per il 35% da lente, dopo l'allenamento sarà per il 50% occupata da fibre lente e per il 50% da fibre veloci. Le capacità di resistenza del muscolo aumenteranno, mentre la sua forza decrescerà e l'atleta perderà parte della massa muscolare, dal momento che le fibre lente presentano una massa minore rispetto alle fibre veloci. Il decremento della massa è dimostrato da una diminuzione della circonferenza del muscolo.

Molti allenatori credono che per migliorare la forza muscolare, occorra allenarsi sollevando un carico massimale poche volte.

Questi regimi di allenamento agiscono positivamente sulla massa muscolare, perché sollevando carichi massimali vengono reclutate le fibre veloci di tipo B, che sono quelle in grado di generare una forza maggiore rispetto alle fibre lente e alle fibre veloci di tipo A. Si ha una ipertrofizzazione solo delle fibre muscolari sollecitate, perciò devono essere reclutate le fibre veloci di tipo B se si vuole ottenere un aumento di dimensioni.

Gli allenamenti con carichi leggeri o moderati non richiedono l'intervento delle fibre muscolari di tipo B. Quindi l'intensità dell'allenamento deve essere alta. Ma quante ripetizioni devono essere eseguite e con quale carico? La forza muscolare si sviluppa

principalmente quando vengono praticate, per ogni serie 8 ripetizioni o meno con un carico massimale ( il massimo peso che può essere sollevato 8 volte).

Quando l'obiettivo dell'allenamento è quello di migliorare la componente neuromuscolare della forza massima, devono essere eseguite da 1 a 3 ripetizioni al 95% del massimale. Quando lo scopo è quello di aumentare la forza massima stimolando l'ipertrofia muscolare, deve essere sollevato almeno l'80% del massimale per 5-8 volte o fino all'esaurimento (Zatsiorsky, 1995).

Quest'ultima raccomandazione deve essere ricordata quando lo scopo dell'allenamento è quello di ottenere un'ipertrofia con aumento della forza muscolare, piuttosto che un semplice aumento delle dimensioni del muscolo.

Se lo scopo dell'allenamento è quello di incrementare le dimensioni del muscolo (ipertrofia) con un moderato aumento della forza, allora devono essere eseguite da 6 a 12 ripetizioni. Si deve ricordare che per aumentare la forza muscolare devono essere reclutate le fibre muscolari veloci di tipo B.

Per ottenere il massimo risultato, bisogna allenare gli atleti seguendo la loro predisposizione genetica. Per esempio un atleta con un gran numero di fibre lente si adatterà meglio alla corsa di resistenza e ad un programma di forza muscolare che contenga molte ripetizioni con pesi leggeri.

Invece, un atleta con molte fibre veloci beneficerà soprattutto di allenamenti di velocità e di un programma di forza muscolare, che consista in poche ripetizioni con pesi maggiori.

Come avviene la contrazione muscolare?

La contrazione dal punto di vista microscopico è dovuta all'attacco ed al distacco ciclico delle teste della miosina rispetto ai filamenti di actina.

L'attacco dell'actina alla miosina avviene in seguito ai cambiamenti conformazionali della testa della miosina che dipendono dal tipo di nucleotide (ATP, ADP) attaccato. I cambiamenti della testa della miosina generano la potenza che determina lo scorrimento dei filamenti sottili su quelli spessi.. L'energia per questi processi è data dall' ATP (adenosintrifosfato).

Gli eventi biochimici della contrazione possono essere divisi in 5 fasi:

- 1) Fase di rilasciamento: la testa della miosina scinde l'ATP in ADP+P e tali prodotti rimangono adesi alla miosina. Il complesso miosina-ADP-P è una conformazione ad alta energia.
- 2) Quando avviene la stimolazione nervosa, l'actina diventa accessibile e la miosina si lega all'actina e si forma il complesso actina-miosina-ADP-P.
- 3) La formazione di questo complesso promuove il rilascio del P con produzione del colpo di potenza. Si libera l'ADP e si ha un cambiamento della testa della miosina e l'actina viene tirata verso il centro di circa 10 nm. La miosina passa allo stato di bassa energia.
- 4) Una nuova molecola di ATP si lega alla testa di miosina , riformando il complesso actina-miosina-ATP.
- 5) Il complesso miosina-ATP ha bassa affinità per l'actina che viene così rilasciata.

Come abbiamo visto per poter ottenere la contrazione abbiamo bisogno di energia che permetta alle fibre di actina di scorrere sui filamenti di miosina.

Per energia intendiamo la capacità di compiere un lavoro, mentre la definizione di lavoro è il trasferimento di energia da un sistema ad un altro. In biologia l'energia necessaria per il buon funzionamento delle diverse funzione cellulare proviene da quella immagazzinata nei legami chimici di alcune sostanze presenti nell'organismo. Quando si ha la rottura di

tali legami, si ha il rilascio di energia che in parte viene trasformata in calore ed in parte utilizzata per i processi biologici.

La molecola più utilizzata per fornire energia è l'ATP (adenosin trifosfato) che viene scisso in ADP + P e libera energia. Le riserve di ATP nell'organismo sono limitate per cui è necessario che esso venga continuamente riformato.

Le cellule dell'organismo sono in grado di risintetizzare l'ATP utilizzando alcuni processi metabolici che permettono di ricavare energia dalla demolizione degli zuccheri (glicidi) e degli lipidi.

Il substrato utilizzato principalmente all'inizio dell'esercizio e in caso di esercizi intensi è il glucosio che viene demolito tramite alcune reazioni metaboliche che possono essere suddivise in due gruppi:

il primo gruppo è detto glicolisi anaerobica perché può avvenire senza l'intervento dell'ossigeno

il secondo gruppo è la via ossidativa che avviene solo in presenza di ossigeno.

In sintesi la glicolisi anaerobica consiste in reazioni biochimiche che portano alla scissione di una molecola di glucosio (6 atomi di carbonio) in due molecole di tre atomi di carbonio (acido piruvico) con produzione di 2 molecole di ATP

Se nel tessuto dove avviene tale reazione si ha un'adeguata quantità di ossigeno allora si passa alla seconda fase del processo metabolico con produzione di nuove molecole di ATP.

Se a causa dell'intensità elevata dell'esercizio fisico, esercizio di tipo anaerobico, il sistema cardiocircolatorio non riesce a soddisfare le richieste di ossigeno allora l'acido piruvico viene trasformato in acido lattico che tende ad accumularsi a livello muscolare con la comparsa della fatica muscolare.

Nel caso in cui l'intensità dell'esercizio permetta al sistema cardiocircolatorio di apportare una buona quantità di ossigeno, allora il piruvato va incontro a processi metabolici ossidativi che comportano la formazione di ATP.

Durante uno sforzo intenso e di breve durata entra in gioco il metabolismo di tipo anaerobico con produzione di solo 4 molecole di ATP per ogni molecola di glucosio ed accumulo di acido lattico. Il vantaggio di tale metabolismo è che è rapido e permette un'immediata produzione di ATP, però di contro utilizza solo una parte dell'energia che può essere fornita dal glucosio ed permette l'esecuzione di esercizi di breve durata. Il metabolismo ossidativo invece permette di ottenere 36 molecole di ATP da una molecola di glucosio e quindi di prolungare l'esercizio per un tempo maggiore anche se ad intensità più ridotte.

A basse intensità di esercizio inoltre possono essere utilizzati come substrato per produrre energia anche gli acidi grassi. Tale substrato permette di ottenere una buona quantità di energia, ma il metabolismo degli acidi grassi richiede più tempo per attivarsi e per produrre energia, per tale motivo non può essere utilizzato negli esercizi intensi e di breve durata.

In base al tipo di metabolismo utilizzato l'esercizio fisico può essere catalogato come:

- anaerobico alattacido cioè utilizza il metabolismo anaerobico, ma l'esercizio è di durata molto breve (10 sec) per cui non si produce acido lattico
- anaerobico lattacido, utilizza il metabolismo anaerobico con produzione di acido lattico
- aerobico utilizza il metabolismo aerobico.

