



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO

Facoltà di Scienze Motorie

Corso di Laurea in Scienze Motorie e Sport

**CARATTERISTICHE GENETICHE
DELLE CAPACITA' MOTORIE NELL'UOMO**

Relatore: Dott.ssa Eliana ROVEDA

Tesi di Laurea di:

Fabrizio BORRI

Matr. n. 694050

Anno Accademico 2008-2009



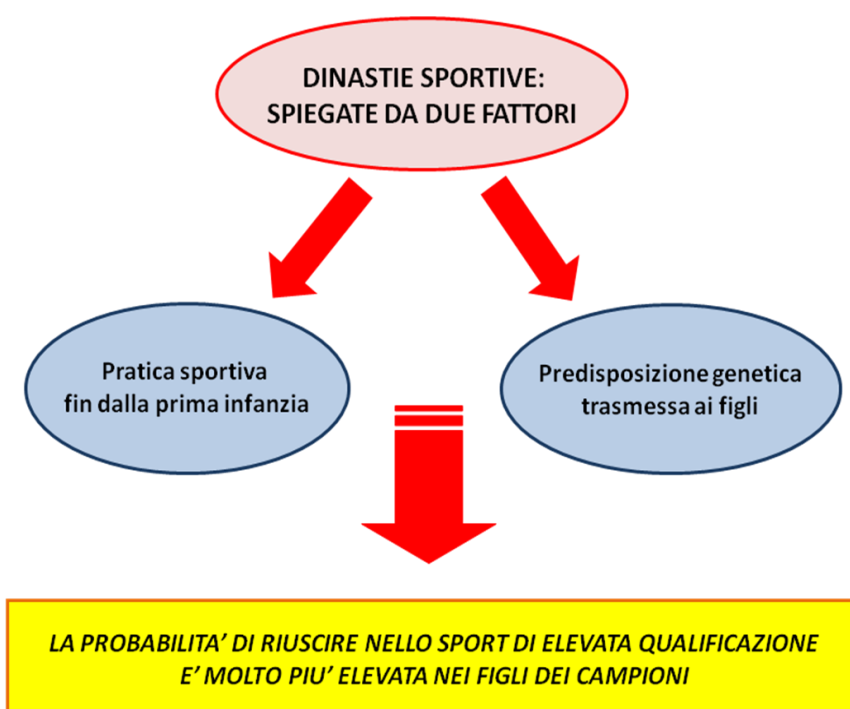
Nello sport di alto livello è importante conoscere fino a che punto lo sviluppo di alcune capacità fisiche sia geneticamente predeterminato e fino a che punto possa essere ottenuto con l'allenamento.

In particolare appare di notevole interesse valutare:

- 1) in quale misura i fattori ereditari e quelli ambientali influiscono sullo sviluppo delle caratteristiche costituzionali ed organo-muscolari;
- 2) l'influenza dei fattori genetici sui meccanismi d'adattamento per valutare come, attraverso i mezzi di allenamento, si riesca ad agire sui limiti di prestazione individuali.

E' dimostrato in letteratura scientifica che, i genitori dei grandi atleti presentano un livello maggiore di sviluppo fisico e funzionale rispetto alla popolazione normale e spesso hanno esperienze nello sport di alto livello. Alcuni di essi hanno ottenuto risultati di eccellenza, come dimostrano i due esempi in tabella, tra cui il campione italiano di scherma Aldo Montano.

GENITORI	RISULTATI SPORTIVI	FIGLI	RISULTATI SPORTIVI
<u>Madre:</u> Szekeli Eva (Ungheria) <u>Padre:</u> Gyarmati Deszo (Ungheria)	Nuoto: Campionessa olimpica nel 1952, medaglia d'argento nel 1956. Pallanuoto: Campione olimpico nel 1952,1956,1964; medaglia d'argento nel 1948, medaglia di bronzo nel 1960.	<u>Figlia:</u> Gyarmati Andrea (Ungheria)	Nuoto: medaglie di argento e di bronzo nel 1972, Campionessa europea e due medaglie d'argento nel 1970.
<u>Padre:</u> Montano Mario Aldo (Italia)	Scherma: medaglia d'oro nei Giochi olimpici del 1972; medaglia d'argento nei Giochi olimpici 1976 e 1980 (a squadre).	<u>Figlio:</u> Montano Aldo (Italia)	Scherma: medaglia d'oro (individuale) e d'argento (a squadre) nei Giochi olimpici del 2004.



SOMATOTIPO E CAPACITA' MOTORIE: LIMITI E ALLENABILITA'

Generalmente le massime prestazioni sportive ed, ancora di più, i risultati di livello mondiale esigono talento, appare quindi evidente che le capacità motorie e le caratteristiche somatiche possono essere determinate geneticamente.

INDICE DI EREDITARIETA' RELATIVO ALLE CARATTERISTICHE SOMATICHE

CARATTERISTICHE	CONTROLLO GENERALE GENETICO	VALORE MEDIO APPROSSIMATIVO DI H2
Misure longitudinali: statura, arti superiori e inferiori, piedi.	elevato	70%
Misure trasversali e diametri, spalle, torace, ecc	medio	50%
Grasso corporeo totale	scarso	20 – 30%
Massa muscolare	medio	40%

INDICE DI EREDITARIETA' RELATIVO ALLE CAPACITA' MOTORIE

CARATTERISTICHE	CONTROLLO GENERALE GENETICO	VALORE MEDIO APPROSSIMATIVO DI H2
Potenza anaerobica lattacida	elevato	70 – 80%
Potenza anaerobica lattacida	medio	circa 50%
Picco di lattato ematico	elevato	circa 70%
Capacità aerobica (VO_{2max})	scarso-medio	circa 30%
Massima forza isometrica	scarso	20 – 30%
Resistenza alla forza	medio	40 – 50%
Tempo di reazione	scarso	20 – 30%
Coordinazione dei movimenti delle braccia	medio	circa 40%
Orientamento spaziale	elevato	circa 60%
Equilibrio	medio	circa 40%
Frequenza dei movimenti	medio	40 – 50%
Mobilità articolare	medio	circa 40%

**EREDITARIETA' E
ALLENABILITA'**
3 OPZIONI

```
graph TD; A([EREDITARIETA' E ALLENABILITA'  
3 OPZIONI]) --> B[Capacità motoria e sua allenabilità notevolmente determinate dal punto di vista genetico.  
RISULTATO: capacità di prestazione sportiva decisamente condizionata geneticamente.]; B --> C[Capacità motoria notevolmente determinata dal punto di vista genetico, ma la sua allenabilità è moderatamente o scarsamente determinata geneticamente.  
RISULTATO: capacità di prestazione sportiva moderatamente condizionata geneticamente.]; C --> D[Capacità motoria e sua allenabilità scarsamente dipendenti da fattori genetici.  
RISULTATO: capacità di prestazione sportiva scarsamente condizionata geneticamente, altri i fattori di primaria importanza (preparazione, recupero, ecc..).]; D --> E[MAGGIORE E' IL CONTROLLO GENETICO, MINORE E' L'ALLENABILITA'];
```

Capacità motoria e sua allenabilità notevolmente determinate dal punto di vista genetico.

RISULTATO: capacità di prestazione sportiva decisamente condizionata geneticamente.

Capacità motoria notevolmente determinata dal punto di vista genetico, ma la sua allenabilità è moderatamente o scarsamente determinata geneticamente.

RISULTATO: capacità di prestazione sportiva moderatamente condizionata geneticamente.

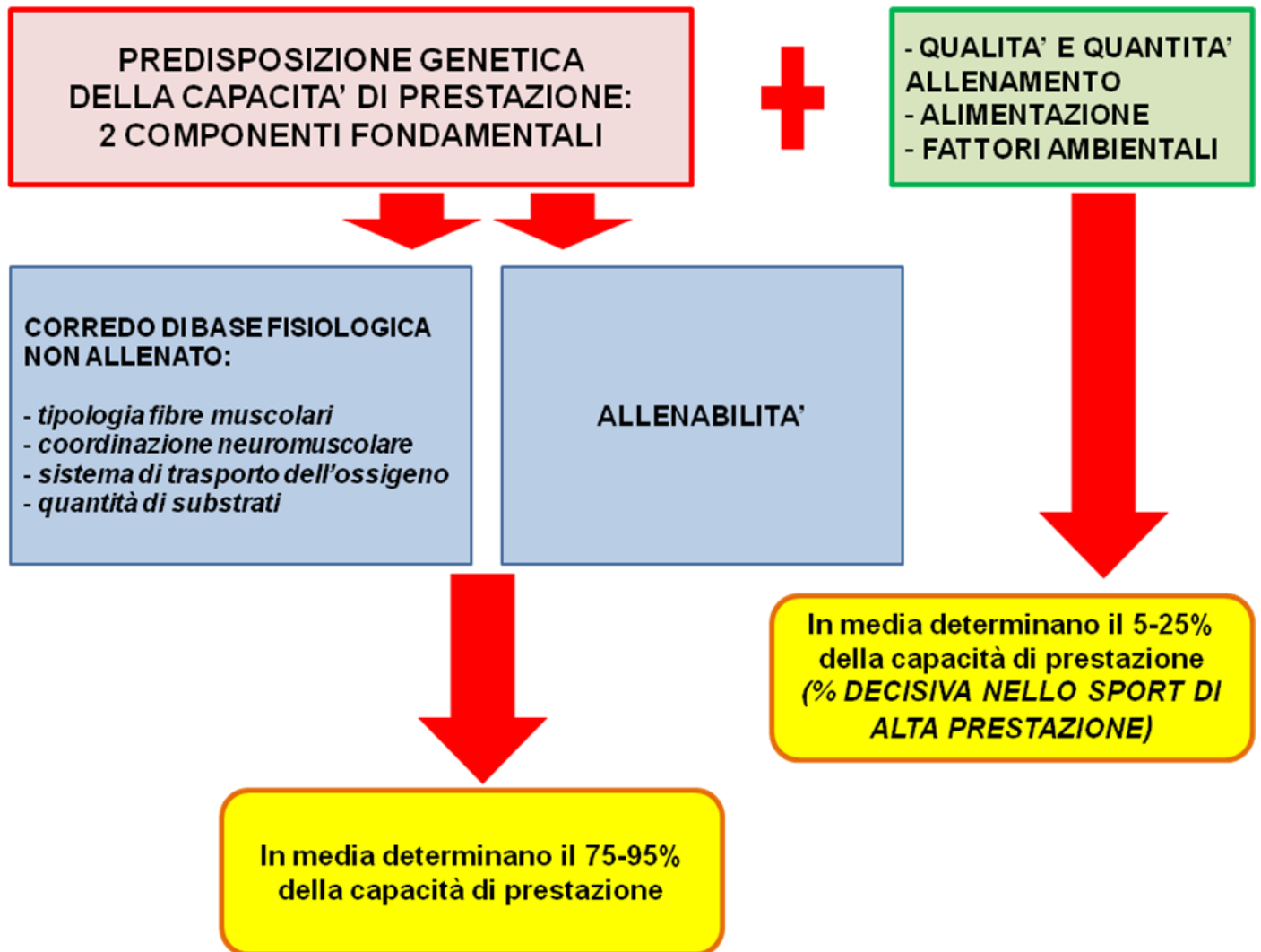
Capacità motoria e sua allenabilità scarsamente dipendenti da fattori genetici.

RISULTATO: capacità di prestazione sportiva scarsamente condizionata geneticamente, altri i fattori di primaria importanza (preparazione, recupero, ecc..).

MAGGIORE E' IL CONTROLLO GENETICO, MINORE E' L'ALLENABILITA'

CARATTERISTICHE GENETICHE DELLE PRESTAZIONI DI VELOCITA' E DI RESISTENZA

Il problema dell'importanza dei fattori genetici, riferito ad alcune capacità particolari, è stato oggetto di numerosi studi, in particolare nei settori della velocità e resistenza ci si è serviti soprattutto di studi su gemelli.



L'evoluzione delle gare di corsa dimostra efficacemente l'importanza dell'influenza dei fattori genetici riguardo le prestazioni di velocità e di resistenza. Infatti, si possono identificare determinati gruppi etnici che hanno un talento unilaterale e, quindi, anche presupposti genetici speciali per determinate prestazioni sportive.

DIFFERENZE ETNICHE DELLA CAPACITA' DI PRESTAZIONE UMANA

Il dominio dei corridori africani (principalmente keniani ed etiopi) nelle corse di mezzofondo e fondo non può essere attribuito esclusivamente ad una superiorità genetica.

La storia dell'atletica insegna che nazioni o gruppi etnici, che in un dato periodo risultavano essere superiori ad altri, dopo poco tempo non lo erano più.

Tutto ciò fa capire che, non sono solo i fattori etnici (e quindi genetici) ad avere il peso maggiore sull'evoluzione delle prestazioni.

Per spiegare quali possano essere i vantaggi degli atleti africani, occorre esaminare i principali fattori che determinano la prestazione di endurance e analizzare il loro ruolo nell'ambito della prestazione.



CONCLUSIONI





UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO

Facoltà di Scienze Motorie

Corso di Laurea in Scienze Motorie e Sport

**CARATTERISTICHE GENETICHE
DELLE CAPACITA' MOTORIE NELL'UOMO**

Relatore: Dott.ssa Eliana ROVEDA

Tesi di Laurea di:

Fabrizio BORRI

Matr. n. 694050

Anno Accademico 2008-2009

INDICE

1. INTRODUZIONE	p.1
2. CENNI DI GENETICA	p.2
3. PREDISPOSIZIONE GENETICA E PRESTAZIONE SPORTIVA	p.6
4. CARATTERISTICHE GENETICHE DELLE PRESTAZIONI DI VELOCITA' E DI RESISTENZA	p.12
5. DIFFERENZE ETNICHE DELLA CAPACITA' DI PRESTAZIONE UMANA	p.20
6. LIMITI DELLA CAPACITA' DI PRESTAZIONE UMANA	p.27
7. CONCLUSIONI	p.29
8. BIBLIOGRAFIA	p.31

1. INTRODUZIONE

Nello sport di alto livello è importante conoscere fino a che punto lo sviluppo di alcune capacità fisiche sia geneticamente predeterminato e fino a che punto possa essere ottenuto con l'allenamento.

Risulta quindi interessante valutare la relazione tra capacità sportive e fattori genetici.

In particolare appare di notevole importanza chiarire in quale misura i fattori ereditari e quelli ambientali influiscono sullo sviluppo delle caratteristiche costituzionali ed organo-muscolari, cioè se i fattori genetici influenzano i meccanismi d'adattamento e se, attraverso i mezzi di allenamento, si riescono ad ampliare i limiti di prestazione individuali, geneticamente determinati.

In vari sport il continuo sviluppo dei records mondiali è una prova che le possibilità fisiche dell'uomo sono ben lontane dall'essere esaurite, anche se negli ultimi anni le curve dei records si sono appiattite.

Se le massime prestazioni sportive ed, ancora di più, i risultati di livello mondiale esigono talento e i records mondiali presuppongono doti genetiche d'eccezione, appare evidente come, vedremo successivamente, che le capacità motorie e le caratteristiche somatiche possono essere determinate geneticamente.

In relazione a quanto detto, nei prossimi capitoli verranno prese in considerazione alcune tematiche riguardanti le caratteristiche genetiche delle capacità motorie nell'uomo.

2. CENNI DI GENETICA

2.1 INFORMAZIONE EREDITARIA

Il DNA o acido desossiribonucleico si trova nel nucleo di tutte le cellule, ed è la molecola informazionale, cioè contiene tutte le informazioni per la trasmissione dei caratteri ereditari.

Il DNA, insieme alle proteine, è organizzato a costituire i cromosomi. Il nucleo di una cellula somatica umana contiene 23 coppie di cromosomi, per cui il DNA è presente in ogni cellula in duplice copia; invece nel nucleo delle cellule germinali (spermatozoi e cellula uovo) è presente in singola copia.

Il DNA è costituito da nucleotidi. Ogni nucleotide è composto da una base azotata, dallo zucchero a cinque atomi di carbonio, chiamato deossiribosio, e da un gruppo fosfato.

Vi sono quattro tipi di base azotate: Adenina (A) e Guanina(G), che sono le purine, Citosina (C) e Timina (T) le pirimidine.

Pertanto il DNA è costituito da quattro tipi di nucleotidi che differiscono soltanto per la purina o la pirimidina in esse presenti. Il DNA, secondo il modello di Watson e Crick, è una molecola costituita da una doppia elica molto lunga e spiralizzata.

La doppia elica è costituita da due filamenti, ciascuno dei quali è un polimero di nucleotidi, legati tra loro mediante un legame fosfodiesterico 5'-3' tra un fosfato di un nucleotide e lo zucchero del nucleotide successivo.

I due filamenti, invece, sono appaiati tra loro a costituire la doppia elica mediante legami ad idrogeno tra le basi azotate; in particolare, per motivi conformazionali, l'Adenina si appaia solo con la Timina, mentre la Guanina solo con la Citosina. All'interno della doppia elica i filamenti corrono in senso opposto, cioè la direzione dall'estremità 5' alla 3' di ogni filamento è invertita rispetto all'altra.

I filamenti vengono perciò definiti antiparalleli (fig1) (2).

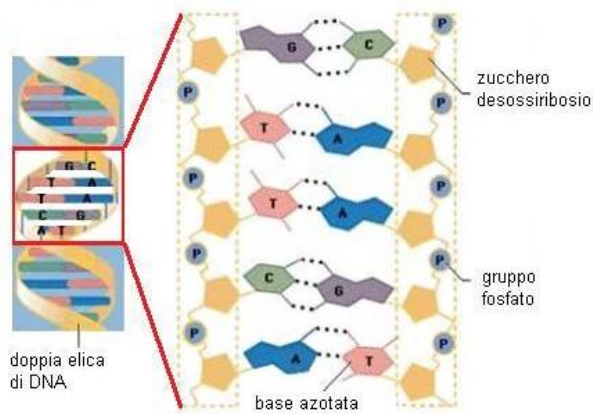


Figura 1: Struttura a doppia elica del DNA.

Una caratteristica fondamentale del materiale genetico è la capacità di fornire copie esatte di se stesso; nella struttura doppia e complementare dell'elica del DNA è contenuto il meccanismo che permette questa autoreplicazione.

Nel momento della duplicazione del DNA, che avviene nel nucleo, la doppia elica si apre, a seguito della rottura dei legami ad idrogeno tra le basi azotate (tramite gli enzimi elicasi), e ciascun filamento funge da stampo per la sintesi (mediante l'enzima DNA-polimerasi) del filamento complementare, utilizzando i nucleotidi già presenti nella cellula. Il risultato della duplicazione sono due copie di molecole di DNA identiche a quella iniziale (fig 2) (2).

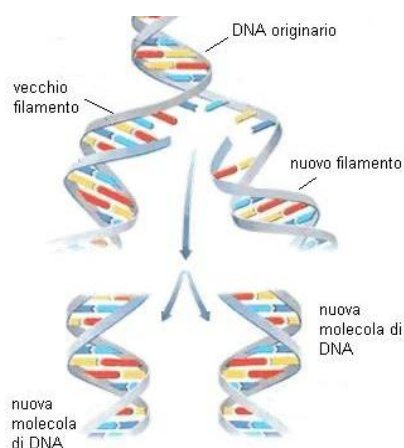


Figura 2: Schema di duplicazione di una molecola di DNA.

Durante la duplicazione è possibile che la DNA-polimerasi crei appaiamenti scorretti tra i nucleotidi, per cui, durante la duplicazione, differenti enzimi hanno un'attività di controllo che porta alla correzione degli errori.

Questa funzione è fondamentale, perché il DNA è il depositario dell'informazione che non può essere cambiata, altrimenti si hanno delle mutazioni. L'informazione nel DNA è data dalla sequenza dei nucleotidi; la molecola del DNA è il codice che contiene le istruzioni per le strutture e le funzioni cellulari; queste istruzioni sono eseguite dalle proteine, anch'esse in possesso di un "linguaggio" biologico altamente specifico; è necessario quindi passare dal DNA alle proteine. Il DNA viene trascritto a mRNA (acido ribonucleico) nel nucleo e l' mRNA tradotto a proteine nel citoplasma. L'mRNA è un filamento a singola elica di nucleotidi fatti da zucchero (ribosio) legato ad un gruppo fosfato e ad una base azotata che può essere: Adenina (A) o Uracile (U) (al posto della Timina) o Citosina (C) o Guanina (G); l'mRNA si forma a partire dal DNA seguendo sempre il principio della complementarietà a partire da un filamento stampo, grazie all'enzima RNA-polimerasi a questo punto l'mRNA viene tradotto in proteine utilizzando strutture citoplasmatiche quali i ribosomi. La traduzione da un linguaggio nucleotidico ad amminoacidico è possibile mediante il codice genetico, secondo cui triplette di nucleotidi codificano per un amminoacido; si ottengono così sequenze di amminoacidi che costituiscono la struttura primaria delle proteine. La molecola, che fa da tramite tra il linguaggio nucleotidico e quello amminoacidico, è la molecola di tRNA (2).

2.2 GENETICA DI POPOLAZIONE

Per comprendere la genetica di popolazione è necessario definire alcuni concetti di base della genetica. Il gene è un frammento di DNA, quindi una specifica sequenza nucleotidica, che codifica per una specifica proteina e rappresenta dunque l'unità funzionale della trasmissione genetica. L'insieme di tutti i geni di un individuo rappresentano il suo genotipo, mentre l'insieme delle caratteristiche visibili di un individuo, dipendenti dal suo genotipo, rappresentano il fenotipo. Siccome ogni

individuo è diploide, ogni singolo gene è presente in duplice copia, eccetto alcuni geni sul cromosoma Y che nel maschio sono presenti in singola copia. Esistono delle forme alternative dei geni definite alleli; ad ogni allele è associata una certa frequenza, per cui esisteranno alleli più frequenti ed altri meno frequenti all'interno della popolazione; tutto ciò è oggetto di studio della genetica di popolazione. La genetica di popolazione è quella branca della genetica che si occupa dello studio della distribuzione dei geni nella popolazione e dei fattori che mantengono o cambiano la frequenza di geni e genotipi di generazione in generazione. La maggior parte degli esseri umani presenta delle differenze che possono essere in variazione continua (statura, colore della cute etc) o discontinua (presenza o assenza di un enzima, gruppi sanguigni etc). Alcune di queste variazioni dipendono soprattutto dall'influenza dell'ambiente sul genotipo, ossia dalle interazioni tra eredità e habitat, altre invece, sono strettamente dovute a fattori ereditari, ossia i cromosomi. Alla base della genetica di popolazione vige la legge di Hardy-Weinberg, secondo cui le frequenze alleliche dei genotipi rimangono costanti di generazione in generazione. Se la legge di Hardy-Weinberg non ammettesse eccezioni, è ovvio che dovremmo osservare in natura una immutabilità della specie. È altrettanto palese che ciò non avviene e che, anzi, è vero il contrario, ossia le specie si evolvono continuamente, le frequenze alleliche infatti variano a seguito di fattori capaci di modificare l'equilibrio di Hardy-Weinberg, quali le mutazioni, la migrazione, la selezione naturale e gli incroci non casuali (15;16).

Le caratteristiche legate ad una prestazione sportiva possono essere intese ed incluse nell'ambito dell'interazione tra caratteri geneticamente determinati ed interazioni ambientali, realizzando quindi una azione fenotipica sul genotipo associato alle prestazioni motorie.

3. PREDISPOSIZIONE GENETICA E PRESTAZIONE SPORTIVA

3.1 FATTORI EREDITARI E ALLENABILITA'

Per ereditarietà si intende la trasmissione delle caratteristiche di un individuo alla sua progenie e il fattore che viene trasmesso prende il nome di carattere ereditario, cioè qualunque caratteristica di un organismo che si possa riconoscere in maniera riproducibile secondo criteri definiti. In genetica i caratteri ereditari sono tenuti sotto controllo con l'indice di ereditarietà (H^2), che fornisce la misura dell'influenza dei fattori ambientali sulla manifestazione dei geni ereditati. Gli indici di ereditarietà, come già anticipato, variano da popolazione a popolazione e dipendono dalla variabilità ambientale. Si definisce controllo genetico alto quando è superiore al 50%, medio tra il 40 e il 50% e scarso se inferiore al 40% (6).

Uno degli argomenti più discussi nello sport di elevata prestazione è rappresentato dalla relazione che esiste tra fattori genetici e fattori legati all'allenamento (fattori ambientali) nel determinare il risultato sportivo di un atleta.

I Campioni olimpici e altri atleti di elevato livello, hanno capacità sportive straordinarie e il loro talento è in parte geneticamente determinato (6). L'allenabilità, cioè la reazione positiva all'allenamento, può essere definita come la capacità di migliorare il proprio potenziale motorio, in risposta agli stimoli d'allenamento, tenuto conto dell'età, del sesso e della struttura dei carichi di allenamento.

Per capire sia la natura del talento sportivo, sia le possibilità e i limiti dell'allenamento, occorre rispondere a domande che appartengono al campo della genetica dello sport, ovvero: se l'ereditarietà contribuisca al successo sportivo, quale sia la dotazione genetica di molte caratteristiche somatiche e funzionali e fino a che punto la risposta agli stimoli d'allenamento dipenda da fattori genetici.

Gli approcci specifici delle ricerche genetiche, che possono essere applicati allo sport, comprendono studi su gemelli, su famiglie e studi sperimentali sull'allenabilità (10). Gli allenatori e i ricercatori hanno notato che, normalmente, i genitori dei grandi atleti presentano un livello maggiore di sviluppo fisico e funzionale rispetto alla popolazione normale e spesso hanno esperienze nello sport di alto livello (6). Alcuni di essi hanno ottenuto risultati di eccellenza, come dimostrano i due esempi nella Tabella 1 (6).

GENITORI	RISULTATI SPORTIVI	FIGLI	RISULTATI SPORTIVI
<u>Madre:</u> Szekeli Eva (Ungheria) <u>Padre:</u> Gyarmati Deszo (Ungheria)	Nuoto: Campionessa olimpica nel 1952, medaglia d'argento nel 1956. Pallanuoto: Campione olimpico nel 1952,1956,1964; medaglia d'argento nel 1948, medaglia di bronzo nel 1960.	<u>Figlia:</u> Gyarmati Andrea (Ungheria)	Nuoto: medaglie di argento e di bronzo nel 1972, Campionessa europea e due medaglie d'argento nel 1970.
<u>Padre:</u> Montano Mario Aldo (Italia)	Scherma: medaglia d'oro nei Giochi olimpici del 1972; medaglia d'argento nei Giochi olimpici 1976 e 1980 (a squadre).	<u>Figlio:</u> Montano Aldo (Italia)	Scherma: medaglia d'oro (individuale) e d'argento (a squadre) nei Giochi olimpici del 2004.

Tabella 1: Esempi di dinastie sportive; Campioni olimpici, vincitori di medaglie.

Certamente, ogni atleta di alto livello (Campione olimpico, Campione mondiale o vincitore di medaglie olimpiche) è unico. Lo studio di simili casi è di notevole interesse per comprendere la natura del talento sportivo e l'importanza dei fattori legati all' ereditarietà.

Le dinastie sportive possono essere spiegate da due fattori: pratica sportiva fin dalla prima infanzia e predisposizione genetica trasmessa ai figli. Molto spesso i figli di un grande atleta vengono avviati allo sport fin dalla prima infanzia. Per questo è possibile che le loro condizioni di allenamento siano state più favorevoli di quelle della popolazione media; dunque, l'influenza di questo fattore non può essere trascurata (4;9). Tuttavia, genitori con risultati sportivi eccellenti dovevano essere

geneticamente predisposti verso alcune attività sportive, per cui i vantaggi legati all'ereditarietà, in parte, vengono trasmessi ai loro discendenti. La probabilità di riuscire nello sport d'elevata qualificazione è, quindi, molto più elevata nei figli dei campioni. Per comprendere meglio i concetti sopracitati, è opportuno considerare quanto è stato scoperto da alcuni studi. Kovar nel 1979 (14), valutando gli alberi genealogici di alcuni atleti di alto livello, è arrivato alla conclusione che l'attività sportiva e le capacità di movimento dei genitori degli atleti erano maggiori di quelle della popolazione normale (non praticante sport), infatti circa il 57% dei padri ed il 35% delle madri degli atleti di alto livello erano stati atleti. Fu stabilito che anche le sorelle ed i fratelli carnali degli atleti erano in possesso di capacità e qualità motorie considerevolmente maggiori di quelle dei non praticanti: oltre la metà (53,7%) delle sorelle di questi atleti praticavano sport, nei fratelli questa percentuale saliva quasi al 70% (14). Un successivo studio condotto da Sergijenko nel 1997 (14) ha confermato questi risultati, sottolineando in più che i figli dei grandi atleti hanno il 50% di probabilità di ereditare notevoli capacità sportive, anche se, generalmente, non si tratta di quelle tipiche degli sport nei quali eccellevano i genitori. Questa probabilità sale al 75% nel caso di figli di una coppia di grandi atleti (come è il caso di Andrea Gyarmati); la percentuale aumenta poiché la trasmissione ereditaria delle capacità sportive avviene sia in linea paterna che materna (6).

3.2 SOMATOTIPO E CAPACITA' MOTORIE: LIMITI E ALLENABILITA'

Il metodo più usato per stabilire l'ereditarietà di molte caratteristiche è lo studio su gemelli; tale metodo, però, presenta limitazioni notevoli (6).

Per questo motivo solo un ridotto numero di studi può essere ritenuto metodologicamente corretto. Un somatotipo, inteso come insieme di dimensioni

corporee di lunghezza, di larghezza (diametri) e di massa grassa, è soggetto a tipi diversi di controllo genetico.

Tale controllo appare notevole per le dimensioni in lunghezza, medio per quanto riguarda quelle in larghezza e la massa muscolare, scarso per la massa grassa (7).

L'importanza di queste dimensioni, in quanto indicatori della predisposizione verso questo o quello sport, è diversa (tabella 2) (6).

CARATTERISTICHE	CONTROLLO GENERALE GENETICO	VALORE MEDIO APPROSSIMATIVO DI H ²
Misure longitudinali: statura, arti superiori e inferiori, piedi.	elevato	70%
Misure trasversali e diametri, spalle, torace, ecc	medio	50%
Grasso corporeo totale	scarso	20 – 30%
Massa muscolare	medio	40%

Tabella 2: Indice di ereditarietà relativo alle caratteristiche somatiche.

La più importante proprietà somatica (quasi completamente sottoposta a controllo genetico), che determina fortemente la predisposizione individuale alle discipline di velocità o di resistenza, è il rapporto tra fibre di tipo(II) a contrazione rapida (fast twitch o FT) e fibre di tipo(I) a contrazione lenta (slow twitch o ST), che non varia durante la vita di un individuo, e può non essere sottoposto ad allenamento o esserlo solo molto scarsamente. Per questa ragione occorre tener conto di questa variabile nei primi stadi della selezione sportiva.

Lo stesso discorso vale anche per quanto riguarda l'ereditarietà di molte capacità motorie per le quali, però, il controllo genetico è inferiore, mentre l'allenabilità maggiore, rispetto alle caratteristiche somatiche viste precedentemente (tabella 3) (6).

CARATTERISTICHE	CONTROLLO GENERALE GENETICO	VALORE MEDIO APPROSSIMATIVO DI H2
Potenza anaerobica lattacida	elevato	70 – 80%
Potenza anaerobica lattacida	medio	circa 50%
Picco di lattato ematico	elevato	circa 70%
Capacità aerobica (VO_{2max})	scarso-medio	circa 30%
Massima forza isometrica	scarso	20 – 30%
Resistenza alla forza	medio	40 – 50%
Tempo di reazione	scarso	20 – 30%
Coordinazione dei movimenti delle braccia	medio	circa 40%
Orientamento spaziale	elevato	circa 60%
Equilibrio	medio	circa 40%
Frequenza dei movimenti	medio	40 – 50%
Mobilità articolare	medio	circa 40%

Tabella 3: Indice di ereditarietà relativo alle capacità motorie.

La caratteristica metabolica più studiata è stata la massima capacità aerobica (VO_{2max}) per la quale si è arrivati alla conclusione che si tratterebbe di una caratteristica allenabile, in quanto il rispettivo (H^2) risulterebbe essere pari circa al 30% (scarsa) (6;5). Un livello particolarmente elevato di determinazione genetica, e quindi di scarsa allenabilità, è stato trovato per la potenza anaerobica (specialmente quella lattacida) e il picco di lattato ematico; ne consegue che, la forza esplosiva, le capacità di velocità, ecc. sono sottoposte ad un forte controllo genetico. Un contributo di livello elevato da parte dei fattori genetici è stato rilevato nelle capacità coordinative, che sono controllate dai livelli superiori del sistema nervoso, quali l'orientamento spaziale e l'intelligenza motoria. Le relazioni tra capacità dipendenti dall'ereditarietà a la risposta all'allenamento possono essere descritte da queste tre opzioni:

- 1) La capacità motoria è notevolmente determinata dal punto di vista genetico, e anche l'effetto dell'allenamento su questa capacità dipende notevolmente dall'ereditarietà. In questo caso, lo stato finale della capacità di prestazione sportiva dell'atleta è decisamente condizionato dal punto di vista genetico.
- 2) La capacità motoria è notevolmente determinata dal punto di vista genetico, ma l'effetto dell'allenamento su di essa dipende moderatamente o scarsamente

dall'ereditarietà; in questo caso, lo stato finale della prestazione dell'atleta è moderatamente determinato dal punto di vista genetico.

3) Sia la capacità motoria sia la sua allenabilità, dipendono scarsamente da fattori ereditari; in questo caso lo stato finale della capacità motoria degli atleti è scarsamente determinato dall'ereditarietà e altri fattori (preparazione, recupero, ecc..) sono di importanza primaria. I risultati di questi studi (6) hanno confermato le osservazioni precedenti: maggiore è il controllo genetico, minore è l'allenabilità e viceversa; lo stesso vale per le grandi differenze nella risposta individuale all'allenamento. Occorre sottolineare che, gli atleti di elevata qualificazione sono soggetti che hanno ereditato molte doti somatiche e fisiologiche, come anche la capacità di rispondere bene all'allenamento. La combinazione di questi due fattori determina la possibilità di raggiungere un elevato livello di abilità motorie e può essere considerata come la principale predisposizione che caratterizza il talento sportivo. Il risultato finale dell'allenamento (maestria tecnica e motoria), però, dipende anche dalla preparazione a lungo termine dell'atleta. Ciò offre un ampio spazio di libertà alla creatività degli allenatori, permettendo loro di compensare, anche se solo parzialmente, le limitazioni genetiche. Inoltre, ci sono altri fattori che influenzano l'allenabilità come età, sesso e livello iniziale delle capacità motorie dell'atleta (6). Un altro importante fattore di supporto all'allenabilità, sono le condizioni di vita: alimentazione, riposo sufficiente, ristabilimento biologico, condizioni per una normale attività di studio e di lavoro, clima psicologico e condizioni sociali appropriate. L'esperienza di molte generazioni di atleti fornisce una quantità di esempi nei quali l'aver abbandonato uno stile di vita razionale ha distorto gli effetti dell'allenamento e, in casi estremi, ha condotto alla perdita della capacità di adattamento.

4. CARATTERISTICHE GENETICHE DELLE PRESTAZIONI DI VELOCITA' E DI RESISTENZA

Dal punto di vista dello sport di vertice, la capacità di prestazione fisica dell'uomo può essere descritta attraverso le sue principali forme di sollecitazione: rapidità, forza, mobilità articolare, coordinazione e resistenza.

Sebbene non vi sia alcuno sport o disciplina sportiva in cui domini esclusivamente una sola di esse, e anche se questa suddivisione è piuttosto teorica, nelle diverse discipline sportive domina questa o quella di tali forme di sollecitazione.

La resistenza può essere definita come la capacità di un soggetto di utilizzare una percentuale elevata del proprio massimo consumo di ossigeno per lunghi periodi di tempo, è una dote allenabile e perfettibile dell'organismo, caratterizzata da lavoro protratto, comunque effettuato, prodotto dal modulato integrarsi di vari complessi, metabolici, organici e psichici, in relazione alla bioindividualità atletica del soggetto (1).

Tale definizione già pone in rilievo che, da un lato, la capacità di resistenza è specifica (la resistenza nel ciclismo è diversa dalla resistenza nella corsa), dall'altro che, dal punto di vista fisiologico, una gara della durata di quindici minuti non è identica a una gara che dura un'ora.

Per rapidità, invece, si intende la capacità di realizzare un'azione motoria nel minimo lasso di tempo possibile nelle condizioni esistenti (3).

È importante precisare che è impossibile che queste due capacità (resistenza e rapidità) si esprimano ad un livello molto elevato nello stesso individuo.

Come criterio generale della capacità di resistenza, generalmente si assume il massimo consumo di ossigeno ($VO_{2\ max}$); il più elevato consumo di ossigeno, che il

soggetto è in grado di raggiungere durante un lavoro fisico strenuo, è l'espressione della massima potenza aerobica.

Di solito si utilizza il massimo consumo di ossigeno relativo $\text{ml} / (\text{Kg} \times \text{min})$.

I valori di soggetti di sesso maschile non allenati sono da 40 a 45 $\text{ml} / (\text{Kg} \times \text{min})$, mentre quelli dei soggetti femminili sono di circa 5 litri inferiori; ovviamente questi dati vengono assunti come valori medi. Grazie all'allenamento, soggetti notevolmente dotati per la resistenza, arrivano a valori di VO_2 di circa 80 – 85 $\text{ml} / (\text{Kg} \times \text{min})$ (maschi) e di 75 – 80 $\text{ml} / (\text{Kg} \times \text{min})$ (femmine).

Allo stesso modo si può mostrare che il massimo consumo relativo di ossigeno, in particolare nella corsa, aumenta con la distanza di gara, per poi tendenzialmente diminuire di nuovo nel caso di gare di durata superiore ad una - due ore (fig 3) (3).

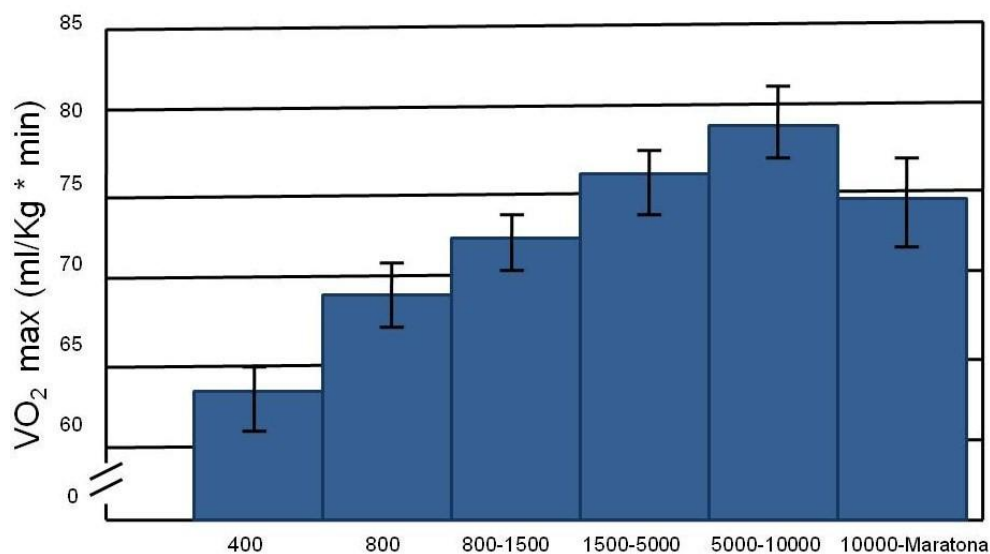


Figura 3: Rapporto tra massimo consumo relativo d'ossigeno e lunghezza della distanza nelle gare di corsa dell'atletica leggera.

In passato, si pensava che il fattore limitante il $\text{VO}_{2 \text{ max}}$ fosse rappresentato dalle dimensioni del cuore o dalla formazione di ipertrofia miocardica (3).

Successivamente, è stato possibile dimostrare che i parametri che lo limitavano potevano essere rappresentati, invece, dalla capacità di ossidazione dei substrati

nella muscolatura interessata al lavoro e in carichi di durata molto elevata anche da ulteriori fattori, come la capacità di immagazzinare glicogeno (3).

In definitiva si può dire che il $\dot{V}O_{2\max}$ è una misura globale ed integrata di tutti quei meccanismi che presiedono al trasporto di O_2 fino alla sua utilizzazione all'interno dei mitocondri della cellula muscolare; cioè il complesso integrato cuore – polmone – muscolo (fig 4) (3).

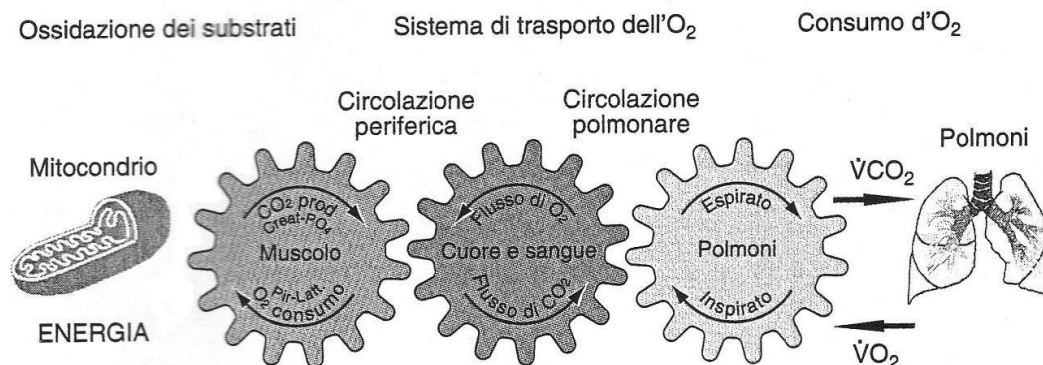


Figura 4: Rappresentazione schematica dei fattori che determinano il $\dot{V}O_{2\max}$. L'ossigeno entra nel circuito polmonare attraverso l'aria inspirata, raggiunge il cuore attraverso la circolazione polmonare, viene veicolato attraverso la circolazione periferica al muscolo che lavora, e qui viene utilizzato come componente nell'ossidazione del consumo energetico.

Il massimo consumo di ossigeno non svolge alcun ruolo nelle prestazioni elevate di rapidità, il cui presupposto è rappresentato dalla rapida trasformazione dell'energia dall'ATP e dal creatinfosfato e anche dalla glicolisi anaerobica.

Queste diverse capacità della muscolatura, che rappresentano il presupposto per prestazioni elevate nella velocità o nella resistenza, possono essere rappresentate, indirettamente, dalla curva lattato – prestazione in un test a carichi crescenti sull'ergometro a nastro.

Un soggetto allenato, dotato per la resistenza, presenta una crescente sollecitazione delle vie metaboliche anaerobiche solo ad un livello molto elevato di lavoro (fig 5a) (3).

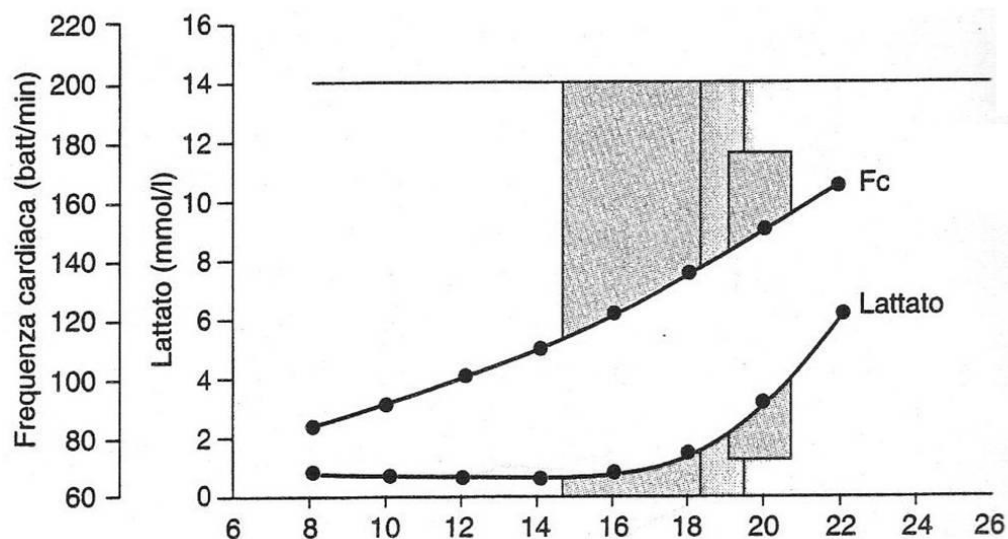


Figura 5a: Curva lattato-prestazione rilevata in un test a carichi crescenti in un corridore di fondo.

Un velocista sollecita sempre più il suo metabolismo anaerobico già a circa 12 Km/h e, perciò, visibilmente, non mostra qualità di resistenza rispetto a questa forma di lavoro (fig 5b) (3).

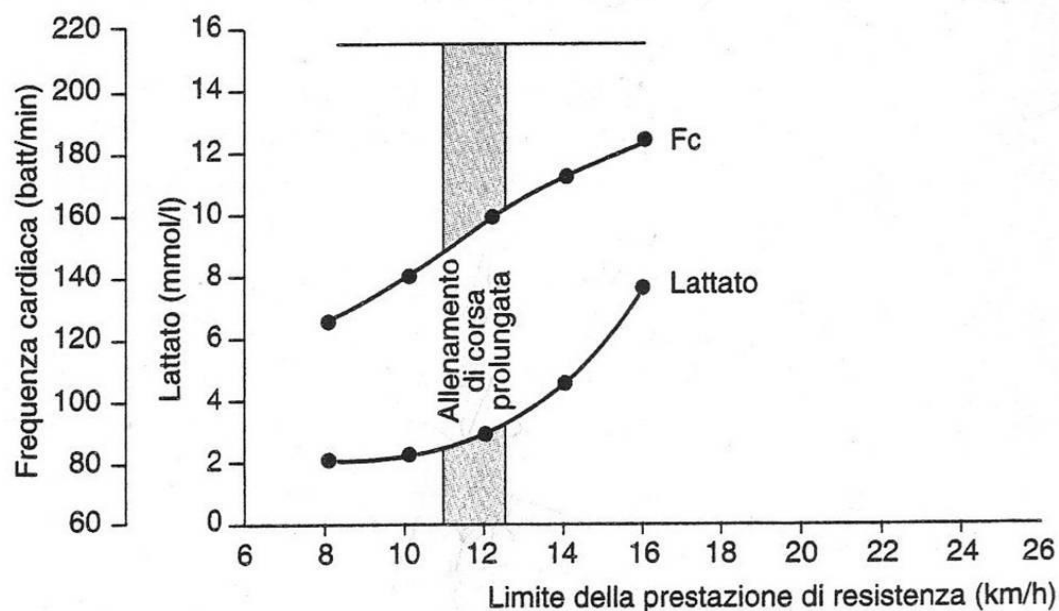


Figura 5b: Curva lattato-prestazione rilevata in un test a carichi crescenti su un velocista.

Il presupposto fisiologico fondamentale è rappresentato, principalmente, da una diversa tipologia delle fibre muscolari nella muscolatura impegnata nel lavoro (3).

Gli atleti di resistenza di classe mondiale presentano una totale prevalenza di fibre di tipo I, che può arrivare al 90% della muscolatura. Invece, nei velocisti prevalgono le fibre veloci di tipo IIa e IIx (fig 6) (3).

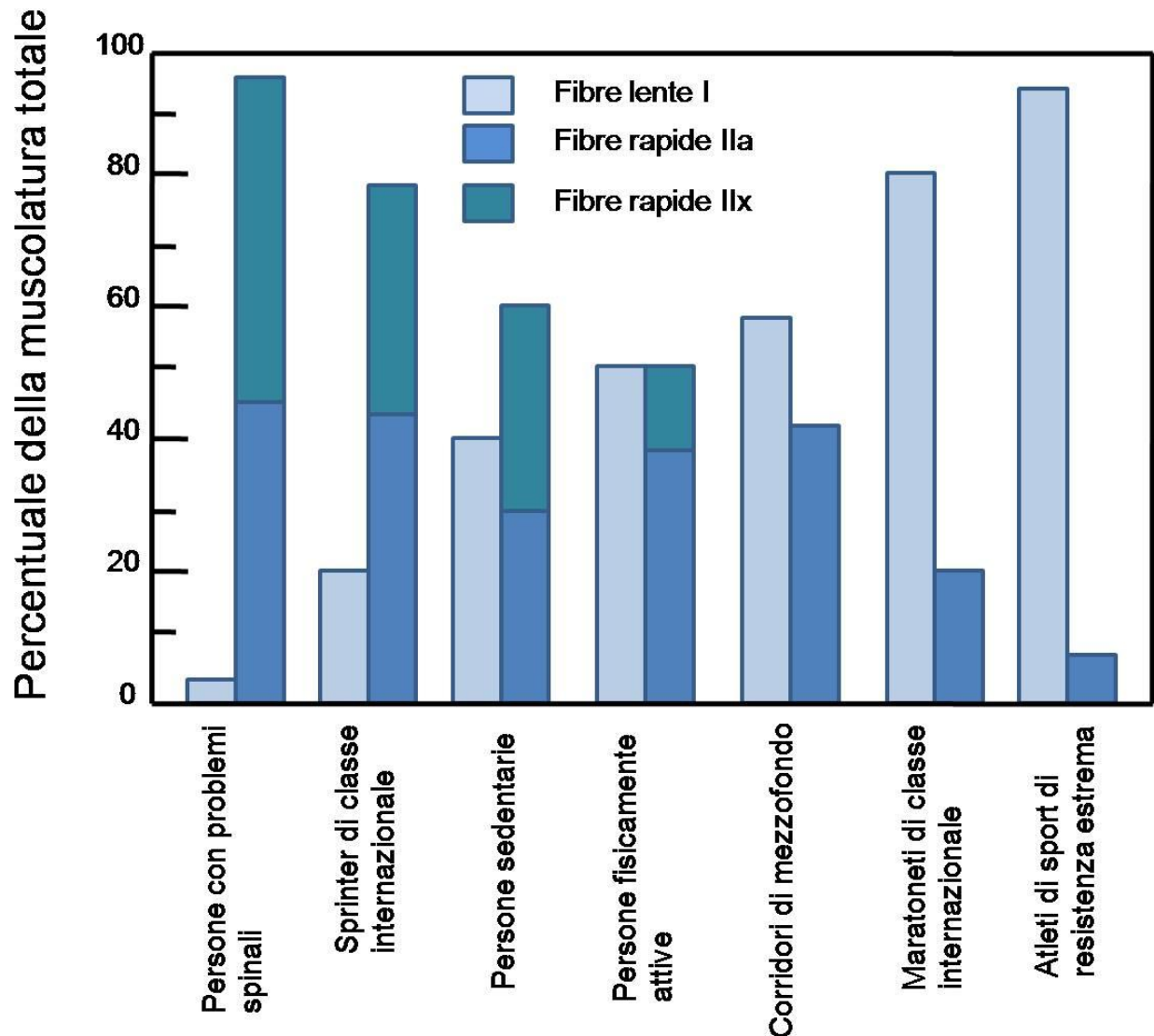


Figura 6: Distribuzione dei vari tipi di fibre negli atleti di vertice e nelle persone non allenate.

E' interessante sapere che vi sono anche ulteriori tipi di fibre muscolari, che non si manifestano nell'uomo, ad esempio le fibre estremamente veloci di tipo IIb compaiono solo nei roditori, in quanto servono per la loro sopravvivenza, permettendo una grande velocità di fuga.

Le diverse proprietà di questi tipi di fibre sono ben note (Tabella 4) (3).

TIPO DI FIBRA	I	IIA	IID [2X]	IIB [2X]
<i>Presenza</i>	<i>uomo/roditori</i>	<i>uomo/roditori</i>	<i>uomo/roditori</i>	<i>solo roditori</i>
Isoforma di MHC prevalente	I	Ila	Ild	Ilb
Tipo di contrazione	lenta	veloce	veloce	molto veloce
Affaticabilità	scarsa	media	elevata	molto elevata
Flusso di sangue	elevato	elevato	scarso	scarso
Metabolismo, attività dell'ATPasi	scarso	medio	elevato	elevato
Tasso di fosfati macroenergetici	scarso	medio	elevato	elevato
Capacità glicolitica	scarsa	media	elevata	elevata
Capacità ossidativa	elevata	elevata	media	scarsa
Metabolismo dei grassi	elevato	medio	scarso	scarso

Tabella 4: Tipi di fibre del muscolo scheletrico e loro proprietà principali.

Secondo una serie di ricerche anche l'uomo sarebbe dotato di tipi di fibre muscolari molto veloci come "blue-print", che però vengono sopresse da meccanismi genetici. Perciò, sembra che la tipologia fenotipica delle fibre muscolari non sia stabilita a livello del DNA, ma che chiaramente, la loro evoluzione dipenda dall'innervazione neuromuscolare; questa ipotesi è sostenuta da esperimenti di denervazione ed innervazione incrociate (3).

È altresì vero che lo schema di innervazione è geneticamente prestabilito e, dunque, limitatamente allenabile.

Il tipo di fibre muscolari, comunque, rappresenta solo uno dei presupposti necessari della capacità di prestazione, sia nel campo della velocità sia in quello della resistenza.

La prestazione degli sprinters è determinata da ulteriori fattori, rappresentati dalla coordinazione neuromuscolare e dal livello di forza.

L'allenamento della forza svolge un ruolo importante, anche perché le fibre veloci si ipertrofizzano maggiormente, e tale fenomeno si rende evidente in un aumento della superficie della sezione trasversa del muscolo (3).

Una delle ragioni per le quali, malgrado una percentuale relativamente elevata di fibre veloci, le persone non allenate non dispongono di una elevata capacità di prestazione di velocità, è rappresentata dalla mancanza di un elevato livello di forza e da una coordinazione neuromuscolare non ottimale.

Un'elevata capacità di prestazione di resistenza, in particolare nelle distanze più brevi, oltre che dalla tipologie di fibre e, quindi, dalla notevole capacità di ossidare substrati, dipende, in una certa misura, anche dalla coordinazione neuromuscolare e dalla resistenza locale alla forza.

Come si è visto in questi ultimi anni, un ruolo viene svolto anche dal sistema di trasporto dell'ossigeno, oppure, nelle forme di carico più prolungate, dalla quantità di substrati.

Anche in questo caso, alcuni di questi presupposti sono più o meno allenabili. Il problema dell'importanza dei fattori genetici, riferito ad alcune capacità particolari, è stato oggetto di discussioni annose; per quanto riguarda la capacità di prestazione sportiva nei settori della velocità e della resistenza, per stabilire quanto siano determinate da fattori genetici, ci si è serviti soprattutto di studi su gemelli (3).

I gemelli monozigoti, rispetto ai dizigoti, mostrano un rapporto significativamente più elevato, che sottolinea chiaramente l'importanza dei presupposti genetici (12).

Bouchard ha studiato un altro punto di vista molto interessante, cioè il fenomeno, ben noto agli allenatori, per cui anche la diversa allenabilità degli atleti dipende chiaramente da fattori genetici, riuscendo a dimostrare che gemelli monozigoti, con lo stesso materiale genetico di partenza possono essere allenati più o meno nella stessa misura per quanto riguarda l'aumento del massimo consumo relativo

d'ossigeno, ma che l'allenabilità di coppie differenti di gemelli monozigoti può essere chiaramente diversa.

Perciò, come accennato nei capitoli precedenti, la predisposizione genetica della capacità di prestazione fisica presenta almeno due importanti componenti fondamentali: da una parte un corredo di base fisiologico, non allenato (come la tipologia delle fibre muscolari, la coordinazione neuromuscolare, il sistema di trasporto di ossigeno, la quantità di substrati), dall'altra una capacità di reazione o di adattamento alle corrispondenti azioni di allenamento.

In media questi due presupposti genetici dovrebbero determinare già fino al 75–95% la capacità di prestazione, mentre altri fattori influenti, come la diversa qualità e quantità di allenamento, l'alimentazione e i fattori ambientali, sembrano essere responsabili della percentuale restante, che, comunque, è strettamente decisiva nello sport di alta prestazione.

Il fatto che, per quanto riguarda la capacità di prestazione di velocità e resistenza, si debba attribuire un'importanza essenziale all'influenza dei fattori genetici, può essere efficacemente dimostrato attraverso l'evoluzione delle gare di corsa.

Di fatto, a livello del fenotipo, si possono identificare determinati gruppi etnici che hanno un talento unilaterale e, quindi, anche presupposti genetici speciali per determinate prestazioni sportive.

Un'analisi dei migliori velocisti e corridori di fondo mostra che questi vengono reclutati in gruppi etnici circoscritti.

5. DIFFERENZE ETNICHE DELLA CAPACITA' DI PRESTAZIONE UMANA

Il dominio dei corridori africani (principalmente keniani ed etiopi) nelle corse di mezzofondo e fondo non può essere attribuito esclusivamente ad una superiorità genetica. Questa scorretta convinzione, diffusa tra atleti e tecnici occidentali, rende molto difficile la possibilità di far tornare in auge le grandi scuole europee di mezzofondo e fondo. Per tanto tempo gli europei hanno vinto la maggior parte delle medaglie alle Olimpiadi, ma se si considerano, invece, le medaglie complessivamente attribuite nelle prove maschili nel mezzofondo breve e prolungato delle Olimpiadi e dei Campionati del Mondo dal 1983 ad oggi, si nota che il predominio è passato al continente africano. Interessante è individuare i fattori e le cause che hanno determinato questo ribaltamento della situazione, cercando anche di capire cosa hanno di così eccezionale gli atleti africani rispetto al resto del mondo. Pur avendo ottenuto nel corso degli anni qualche risultato buono, o addirittura ottimo a livello individuale, le discipline di resistenza dell'atletica leggera italiana si trovano in una situazione di "crisi di identità", dovuta a molteplici cause. La storia dell'atletica ci insegna che nazioni o gruppi etnici, che in un dato periodo sembravano superiori a tutti gli altri, dopo poco tempo non lo erano più.

Tutto ciò ci fa capire che per lo meno fino ad oggi, non sono stati fattori etnici (e quindi genetici) ad avere il peso maggiore sull'evoluzione delle prestazioni; se così fosse stato, del resto, non sarebbe successo che, pochi anni dopo, quelli che erano i tempi ottenuti esclusivamente dagli atleti della nazione che in quel momento dominava, venissero raggiunti da corridori di nazioni diversissime.

Per capire quali possano essere i vantaggi degli atleti africani, occorre esaminare i principali fattori che determinano la prestazione di endurance e analizzare se essi

abbiano, realmente, una superiorità incolmabile. I fattori che possono determinare le capacità prestative di un atleta possono essere suddivisi in intrinseci (caratteristiche genetiche, alcuni meccanismi fisiologici e alcune caratteristiche psicologiche) e estrinseci (l'ambiente sociale, abitudini di vita, allenamento e condizioni ambientali). Tale suddivisione è in parte artificiosa, data l'influenza reciproca che gli uni possono avere sugli altri.

FATTORI INTRINSECI

Caratteristiche genetiche.

Allenatori, atleti e persone comuni tendono spesso a ritenere che i corridori africani siano geneticamente superiori a quelli europei. I vari studi per ora compiuti però, non hanno potuto né escludere, né confermare la superiorità genetica africana e una loro maggiore allenabilità (8).

Fattori fisiologici.

I fattori fisiologici principali che determinano le prestazioni di endurance, di solito, sono il massimo consumo di ossigeno ($VO_{2\text{ max}}$), l'economia della corsa e la frazione di $VO_{2\text{ max}}$ sostenibile. Per quanto riguarda il massimo consumo di ossigeno, studi hanno evidenziato che risulta simile tra keniani e caucasici, anche tra atleti di medio basso livello (8).

L'economia della corsa consiste nella possibilità dell'atleta di correre ad una certa velocità con una minore richiesta energetica; chi possiede una migliore economia della corsa può lavorare più a lungo ad una data velocità, oppure permettersi velocità più elevate con pari richiesta energetica.

A riguardo di questo aspetto, esistono opinioni contrastanti, dalle quali però emerge come aspetto più significativo che i neri sudafricani, pur con un $VO_{2\text{ max}}$ notevolmente inferiore e la stessa economia alla velocità di gara, sono in grado di ottenere prestazioni simili ai bianchi sudafricani, poiché riescono a mantenere una

percentuale più alta del $\text{VO}_2 \text{ max}$. Anche gli atleti keniani di élite, a confronto con gli atleti caucasici di pari livello, sembrerebbero avvantaggiati proprio per quello che riguarda la capacità di sostenere una più alta percentuale di utilizzo del $\text{VO}_2 \text{ max}$.

Volitività e motivazione.

Nelle gare di mezzofondo e di fondo la volitività e la motivazione hanno di sicuro un ruolo molto importante, assieme ad altri aspetti, nel determinare le prestazioni, in allenamento come in competizione.

Nei finali di gara c'è sempre un duello di menti e di volontà, a vincere è chi non cede fino all'ultimo metro; la motivazione quindi permette una attivazione massimale del sistema nervoso centrale che consente di ottenere risultati inaspettati, apparentemente irraggiungibili con l'aumentare della fatica. Nell'allenamento degli atleti neri vi è una costante: la capacità di compiere molti lavori ad elevata intensità, ma soprattutto con ampia disponibilità mentale. Oggi negli atleti africani possiamo riscontrare una forte componente psicologia di superiorità che, a sua volta, determina negli atleti caucasici una condizione di inferiorità psicologica. È necessario quindi intervenire per migliorare negli atleti caucasici gli aspetti volitivi e motivazionali. Alcuni studi (8) hanno evidenziato che i giovani corridori keniani utilizzano negli allenamenti intensità di corsa nettamente superiori a quelle dei pari età scandinavi; una volta diventati corridori adulti di alto livello, questi keniani hanno nei loro muscoli un maggior numero di capillari per ogni fibra e una più alta concentrazione di alcuni enzimi. Sembra che queste caratteristiche non siano ereditarie, ma la conseguenza di un duro allenamento.

Quindi si può supporre che una motivazione del decadimento dell'atleta caucasico sia dovuta a metodi di allenamento errati e obsoleti e alla paura degli stessi di affrontare intensità di lavoro davvero allenanti, indispensabili per ottenere l'adattamento.

FATTORI ESTRINSECI

Stile di vita e attività quotidiana.

Possiamo notare che i keniani, fin dall'infanzia, conducono una vita di tipo rurale, determinata da lunghi spostamenti compiuti a piedi, e con l'accettazione della fatica come elemento presente nella vita di tutti i giorni. Inoltre sia i keniani che gli etiopi sono abituati a correre e quindi allenarsi con gli atleti più affermati del villaggio, dovendo sostenere elevate intensità di lavoro.

Questi comportamenti e atteggiamenti inducono quindi una predisposizione all'allenamento atletico, anche quello più duro, senza riserve mentali e con la massima serenità.

Per spiegare il successo degli atleti etiopi, in particolare dei maratoneti, Scott et al. (2003) (8) non escludono l'esistenza di doti genetiche, ma sostengono che, per raggiungere prestazioni di eccellenza internazionale, siano determinanti l'attività svolta per recarsi a scuola (oltre il 70% dei maratoneti etiopi di elite compiva di corsa, ogni giorno dai 5 ai 10 km e qualcuno arrivava a 100 km settimanali) e, inoltre, il fatto di vivere oltre i 2000 m sul livello del mare come succede all'80% delle popolazioni Arsi e Shewa, alle quali appartiene oltre il 70% dei maratoneti.

Da questo punto di vista, le popolazioni caucasiche sono sicuramente svantaggiate a causa delle migliori condizioni di vita e della riduzione dell'attività fisica che, oltre a diminuire le potenzialità competitive dei caucasici, ha effetti socialmente più pericolosi, determinando un aumento delle patologie degenerative in età sempre più giovanile.

Allenamento.

Uno dei più importanti fattori tra i quali ricercare i motivi dell'attuale superiorità africana è costituito dall'allenamento. È stato detto in precedenza come una delle caratteristiche peculiari degli atleti africani sia la capacità di mantenere, durante la

gara, più alte percentuali del $\text{VO}_{2 \text{ max}}$ rispetto ai caucasici. È possibile che sia proprio l'allenamento a consentire all'atleta di lavorare a percentuali molto alte del proprio $\text{VO}_{2 \text{ max}}$.

Secondo Coetzer, Noakes (1993) (8), per esempio, durante allenamenti sui 10 Km, i fondisti sudafricani neri corrono ad un'intensità di circa il 93-94% del loro $\text{VO}_{2 \text{ max}}$, mentre i loro connazionali bianchi raggiungono solamente l'87-88%. Per i neri, inoltre, l'intensità supera l'80% del $\text{VO}_{2 \text{ max}}$ nel 36% del totale dei chilometri percorsi in allenamento, mentre per i bianchi questo succede soltanto per il 14% del chilometraggio. Saltin et al. (1995) (8) sostengono inoltre che i programmi di allenamento di diversi atleti keniani di alta qualificazione prevedono pochi lavori a bassa intensità e molti allenamenti di qualità.

Gli stimoli dovuti all'allenamento ad alta intensità determinano un maggior intervento e quindi adattamento di fibre IIa (veloci-ossidative), capaci, a differenza delle fibre di tipo I, di utilizzare efficacemente il meccanismo glicolitico e, se opportunamente stimulate, sono anche in grado di produrre grandi quantità di energia (ATP) con il meccanismo aerobico e quindi, a pari velocità di corsa, si produrrà meno acido lattico. L'allenamento orientato verso l'intensità, come quello principalmente sostenuto dai corridori neri, favorisce in allenamento il reclutamento di fibre che permetteranno in gara di sostenere richieste energetiche più alte.

È quindi possibile che la capacità di lavorare ad alte percentuali del $\text{VO}_{2 \text{ max}}$ sia legata agli adattamenti fisiologici, indotti dall'allenamento ad alta intensità e all'abitudine "mentale" nel sostenere frequentemente sforzi così intensi che sono, in ogni caso, differenti a seconda della specialità di resistenza praticata.

I keniani e gli etiopi inoltre, indipendentemente dal valore individuale, tendono ad allenarsi in gruppo; ciò li sprona ad impegnarsi di più. L'intensità non rappresenta per loro un freno, ma una condizione naturale per migliorarsi e per competere con gli

atleti di élite. Gli atleti keniani, inoltre, utilizzano moltissimo gli allenamenti in salita, con criteri ed obiettivi che, a volte, hanno ben poco a che vedere con quelli fisiologici o biomeccanici tipici dei tecnici e degli atleti caucasici. L'obiettivo principale ricercato dai tecnici e atleti africani, è semplicemente quello di creare la massima difficoltà nel correre (a volte persino in quadrupedia!) e la maggior fatica possibile.

È certo, in ogni caso, che, chi in allenamento raggiunge abitualmente livelli più elevati di fatica, non soltanto diventa capace di sopportare meglio elevati gradi di fatica fisica e mentale, ma soprattutto determina nel proprio organismo adattamenti maggiori di chi, invece, non arriva mai oltre certi gradi di affaticamento.

Vivere ed allenarsi in altitudine.

E' opinione diffusa che uno dei "segreti" del dominio dei corridori keniani ed etiopi consista nel fatto che essi vivono in quota. Schmidt et al. (2002) (8), per esempio, sostengono che l'esposizione cronica all'altitudine e l'allenamento svolto in quota rappresentano una combinazione sinergica, che determina gli adattamenti favorevoli responsabili dei successi degli atleti africani.

Va però considerato che, fra le popolazioni che vivono sopra i 2000 m, soltanto quelle africane raggiungono risultati straordinari nel mezzofondo e nel fondo.

Molti atleti keniani, inoltre, risiedono ormai per gran parte dell'anno lontani dal loro paese, vivono e si allenano a livello del mare, ma nonostante ciò, mantengono livelli prestativi assai elevati.

Anche gli atleti bianchi dell' endurance, in ogni caso, da tempo hanno introdotto l'allenamento in quota nei loro programmi di allenamento.

Sono noti i vantaggi e gli svantaggi che possono derivare dall'allenamento in quota, soprattutto gli adattamenti ematici e muscolari (13).

Oltre a questi adattamenti, nuovi studi sembrano evidenziare altri vantaggi derivanti dall'allenamento in quota.

Saunders et al. (2004) (8), infatti, hanno constatato che, in un gruppo di corridori di medio - alto livello, in seguito ad un periodo di allenamento in altura, si aveva anche un notevole miglioramento dell' economia della corsa e questo sembrerebbe ancora un vantaggio per gli atleti africani.

In conclusione si può dire che il dominio dei corridori africani, (keniani ed etiopi in particolare) nelle corse di mezzofondo e fondo, non può essere attribuito esclusivamente a una sorta di superiorità genetica.

Questa errata convinzione è un ostacolo serio alla possibilità di far tornare in auge le grandi scuole europee del mezzofondo e del fondo, compresa quella italiana. Indubbiamente i fattori intrinseci rivestono un ruolo molto importante nella determinazione delle prestazioni in qualsiasi specialità sportiva. Nonostante questo, si pensa ci sia molto da fare per quanto riguarda i fattori estrinseci per tentare di colmare, o almeno ridurre, il "gap prestativo" che si è creato negli ultimi anni.

Si può ritenere che a far sì che gli atleti africani siano attualmente molto più forti degli europei, contribuiscano principalmente tre elementi:

- la pratica di molta corsa fin da ragazzi
- la diversa mentalità con la quale viene affrontata la fatica dell'allenamento
- le differenze nelle metodiche di allenamento

Per tentare di colmare l'attuale dislivello tra africani e europei, la "sfida" culturale per tutti i tecnici delle discipline di mezzofondo e fondo dell'atletica leggera è la revisione delle metodiche di allenamento, dei criteri di selezione dei talenti (11), del rilancio di una mentalità "competitiva", non rassegnata a subire passivamente questo evidente predominio degli atleti del continente africano.

Solo tramite questo tipo di revisione e cambiamento culturale, si potrà assistere ad un' inversione di tendenza.

6. LIMITI DELLA CAPACITA' DI PRESTAZIONE UMANA

Il fatto che in molte discipline sportive, in particolare negli sport di resistenza e nello sprint, siano stati raggiunti i limiti dell'allenabilità e anche della capacità di prestazione, si può rilevare dall'importanza crescente che hanno assunto il concetto di superallenamento nella medicina e nella scienza dello sport.

Se si analizza l'evoluzione dei 100 m e della maratona negli ultimi cento anni, è evidente un miglioramento continuo della capacità di prestazione, ma se ci soffermiamo solo sugli ultimi quindici anni, soprattutto nelle gare di sprint, non si può provare che vi sia stato un progresso notevole, perché la curva dei record si è appiattita e probabilmente tende al limite, quindi, insieme al limite dell'allenabilità, diventa visibile anche quello della capacità di prestazione. Fino al 1992-1993 questa tendenza era visibile anche nel settore delle corse di fondo, mentre dalla metà degli anni novanta, nelle distanze dei 1500 m in su fino alla maratona, vi è stato un improvviso miglioramento dei risultati.

Questi improvvisi balzi in avanti nello sviluppo dei records fanno avanzare il notevole sospetto che vi siano stati interventi diretti a manipolare la capacità di prestazione (3), considerando che, nelle corse di fondo, non vi è stata alcuna evoluzione tecnica, o cambiamenti importanti delle forme di allenamento e neppure un reclutamento di atleti da altri importanti gruppi etnici. Però, se questo improvviso aumento dei risultati fosse stato provocato anche da una manipolazione del sistema di trasporto dell'ossigeno, ad esempio per impiego non lecito di eritropoietina, ciò rappresenterebbe, tuttavia, una interessante prova che nello sport di alto livello assoluto, il sistema di trasporto dell'ossigeno rappresenta realmente il fattore limitante per ottenere risultati di massimo livello nelle discipline di resistenza.

Dal punto di vista dell'allenabilità o della possibilità di influenzarla, inoltre, è probabile che proprio gli atleti, (geneticamente) più dotati dal punto di vista della

muscolatura periferica, profitterebbero ancora di più di questo genere di manipolazioni.

Per la velocità si può pensare ad un meccanismo analogo. Anche qui potrebbe essere che atleti particolarmente dotati come muscolatura periferica, attraverso metodi di manipolazione (doping), non soltanto arrivino a livelli più elevati di forza, ma che questo ulteriore sviluppo della forza sia anche meglio utilizzato dal punto di vista coordinativo.

Un campo, nel quale sembra che ancora non siano stati raggiunti i limiti della capacità di prestazione umana, è quello che riguarda tale capacità nell'età matura ed oltre.

L'evoluzione degli ultimi venticinque anni ha dimostrato che, sia nel settore della resistenza, sia in quello della velocità, i risultati possono essere mantenuti ad un livello molto elevato, maggiore di quanto non si supponesse fin ora.

La ragione per la quale ciò avviene solo ora deve essere attribuita ai maggiori stimoli finanziari che vi sono nello sport di alto livello, che portano gli atleti a prolungare la loro carriera sportiva.

Inoltre, i cambiamenti demografici hanno portato ad una crescita numerica delle persone di età più avanzate, per cui il potenziale di reclutamento di partecipanti allo sport per anziani è, anche esso, aumentato. Infine, esiste una maggior disponibilità a dedicarsi ad un allenamento continuo ed impegnativo anche in età avanzate, alla quale hanno contribuito anche le moderne metodiche di allenamento che cercano ridurre il più possibile i processi fisiologici dell'invecchiamento e le moderne possibilità diagnostiche e terapeutiche della medicina dello sport.

Dal punto di vista medico, ciò non va considerato negativamente, se esiste un rapporto razionale tra questo atteggiamento verso la pratica sportiva e lo stato di salute.

7. CONCLUSIONI

Da quanto scritto in questi capitoli, è possibile estrapolare alcune considerazioni riguardanti le caratteristiche genetiche delle capacità motorie nell'uomo.

Innanzitutto è evidente che i genitori dei grandi atleti presentano un livello maggiore di sviluppo fisico e funzionale rispetto alla popolazione normale.

Tali dinastie sportive possono essere spiegate da due fattori: pratica sportiva fin dalla prima infanzia e predisposizione genetica trasmessa ai figli.

La probabilità di riuscire nello sport d'elevata qualificazione è, quindi, molto più elevata nei figli dei campioni.

Inoltre possiamo osservare che un somatotipo, inteso come insieme di dimensioni corporee di lunghezza, di larghezza (diametri) e di massa grassa, è soggetto a tipi diversi di controllo genetico.

Tale controllo appare notevole per le dimensioni in lunghezza, medio per quanto riguarda quelle in larghezza e la massa muscolare, scarso per la massa grassa.

Lo stesso discorso vale anche per quanto riguarda l'ereditarietà di molte capacità motorie, per le quali però il controllo genetico è inferiore, mentre l'allenabilità maggiore, rispetto alle caratteristiche somatiche citate precedentemente.

In generale si può dire che, maggiore è il controllo genetico, minore è l'allenabilità e viceversa; lo stesso vale anche per le grandi differenze nella risposta individuale all'allenamento.

Se consideriamo nello specifico la capacità di prestazione di velocità e di resistenza, possiamo notare due componenti genetiche fondamentali: da un lato un corredo di base fisiologico non allenato, dall'altro una capacità di reazione o di adattamento alle corrispondenti azioni di allenamento.

Questi due presupposti genetici determinano gran parte della capacità di prestazione, ma bisogna anche valutare e valorizzare ulteriori fattori, quali lo stile di

vita, l'attività quotidiana e l'allenamento, che sono altresì decisivi nel determinare il risultato nello sport di alto livello.

L'importanza dei fattori estrinseci è ben evidente dall'attuale predominio di atleti africani, per quanto riguarda le corse di mezzofondo e fondo dell'atletica leggera.

Questo predominio non può essere attribuito esclusivamente a una sorta di superiorità genetica, come spesso erroneamente si pensa, ma ciò che permette di fare la differenza sono i fattori estrinseci.

Solo un'accurata revisione di essi consentirà di colmare o ridurre il "gap prestativo" che oggi esiste in queste discipline tra caucasici ed africani (soprattutto etiopi e keniani).

Bisogna inoltre ricordare che, negli ultimi anni, la curva dei records si è appiattita e probabilmente tende al limite, quindi, insieme al limite dell'allenabilità, diventa visibile anche quello della capacità di prestazione.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Arcelli E., Ferretti F. – Calcio preparazione atletica. – edizioni correre.
2. Curtis H., Sue Barnes N. – Invito alla biologia. – ed. Zanichelli.
3. Dickhut HH. – Genetica e limiti della capacità di prestazione umana. – Scuola Dello Sport n°60-61, Gennaio-Giugno 2004.
4. Eriksson M., Rasmussen F., Tynelius P. – Genetic factors in physical activity and the equal environment assumption: the Swedish young male twins study. – Behavior Genetics. 36(2):238-47, Mar. 2006.
5. Ijzerman J., Damen T., Koens G., Collée T. – Improving talent identification and development in young distance runners. – IAAF New Studies in Athletics. 23(3):35-48, 2008.
6. Issurin V., Lustig G., Szopa J. – Ereditarietà e allenabilità. - Scuola Dello Sport n°65, Aprile-Giugno 2005.
7. Joosen A., Gielen M., Vlietinck R., Westerterp KR. – Genetic analysis of physical activity in twins. – The American Journal of Clinical Nutrition. 82:1253-9, Sep. 2005.
8. La Torre A., Impellizzeri F., Dotti A. – La leggenda del corridore africano. – Scuola Dello Sport N°67, 2005.
9. Lauderdale DS., Fabsitz R., Meyer JM., Sholinsky P., Ramakrishnan V., Goldberg J. – Familial determinants of moderate and intense physical activity: a twin study. - Medicine & Science in Sports & Exercise. 29(8):1062-8, Aug. 1997.
10. Maia JA., Thomis M., Beunen G. – Genetic factors in physical activity levels: a twin study. – American Journal of Preventive Medicine. 23(2 Suppl):87-91, Aug. 2002.

11. Peltola E., Hill R., Price AC., Simpson B. – Talent identification at Qatar's ASPIRE Academy. - IAAF New Studies in Athletics. 23(3):49-52, 2008.
12. Prud'homme D., Bouchard C., Leblanc C., Landry F., Fontaine E. – Sensitivity of maximal aerobic power to training is genotype-dependent. - Medicine & Science in Sports & Exercise. 16(5):489-93, Oct. 1984.
13. Rossi H. – Maratoneti Keniani d'élite, l'effetto di differenti altitudini sul volume e l'intensità degli allenamenti. – Scienza e Sport n°1, Gennaio-Marzo 2009.
14. Sergijenko L. – I limiti genetici delle prestazioni sportive. – Scuola Dello Sport n°52, Luglio-Settembre 2001.
15. Williams P.L., Wendell-Smith C.P. – Embriologia. – edi.ermes.
16. Young John Z. – La scienza dell'uomo: Biologia, Evoluzione e Cultura. – Boringhieri.