

**Marco Milani-Comparetti**  
*Direttore Istituto di Biologia  
e Genetica, Università di Ancona*



## **LA CAPACITÀ DI OTTENERE GRANDI PRESTAZIONI È PREDETERMINATA, CIOÈ È BIOLOGICAMENTE DEFINITA SIN DALLA NASCITA?**

### **1. Generalità**

Questa è la prima domanda alla quale cerchiamo di dare oggi una risposta, ed io impiegherò tale risposta sui brevi paragrafi in cui si articola la "sintesi" che è stata distribuita ai partecipanti.

Premetto che non ho previsto figure, e che non ritengo di dare neppure una trattazione introduttiva dei concetti della genetica perché ne manca il tempo; ricordiamo tuttavia che quando si parla di ciò che è predeterminato sin dalla nascita si parla, in pratica, di genetica.

### **2. Fattori biologici e fattori tecnologici**

Il limite biologico delle grandi prestazioni sportive esiste certamente, anche se solo a parità di condizioni ambientali in generale, e tecnologiche in particolare, ed è in gran parte determinato geneticamente (e cioè oggetto di variabilità genetica interindividuale e, come tale, suscettibile di selezione attitudinale).

Potremmo fare esempi come quelli motoristici o della vela (sport evidentemente non compresi nell'ambito delle competenze della FIDAL) in cui i fattori biologici hanno certamente rilevanza ma i fattori tecnologici hanno altrettanto certamente la prevalenza: un guidatore di Formula Uno può essere un campione, ma se il mezzo tecnico non è competitivo (vedi attualmente il duo Alboreto/Ferrari) il limite tecnologico prevale su quello biologico.

In diversi "sport", la componente tecnologica prevale e quella biologica è assai ridotta, fino al solo controllo da parte del sistema nervoso; in alcuni sport la componente atletica è parziale; in altri essa invece è più o meno prevalente.

In diversi sport la componente strutturale, costituzionale dell'atleta, è prevalente (statura, statura seduta, grande apertura), e questa è in pratica geneticamente predetermina-

ta, come hanno dimostrato gli studi (soprattutto col “metodo gemellare”) di Gedda, Venerando e me stesso qui a Roma, quelli di Klissouras a Montreal e poi ad Atene, di Tanner in Inghilterra, della Fischbein a Stoccolma, di Schwarz in Russia.

### 3. Sport a prevalente componente biologica

Se prendiamo lo “Annuario dello Sport 1986” vi troviamo una pagina di indice che elenca gli sport su due colonne (ricordiamo che si parla di “sport” e non di singole specialità sportive) e fra questi troviamo, ad esempio, football americano, pattinaggio su ghiaccio, pesca sportiva, sci, tamburello, tiro al volo, bob, alpinismo. Ebbene, anche questi sport presentano dei limiti biologici nelle rispettive prestazioni sportive, ma come faremmo a definire un “record”? Ad esempio nel calcio il record sarebbe forse di avere fatto più reti? E potremmo mettere questo “record” sullo stesso piano di un altro sport di squadra come la staffetta 4×400? A me pare di no.

Perciò se vogliamo parlare di limite biologico del primato sportivo credo che più o meno ci dobbiamo limitare all'atletica leggera nelle sue diverse specialità (ed ecco la specificità dell'argomento per la FIDAL che oggi ci ospita al Foro Italico insieme alla Fondazione Giulio Onesti), alla canoa, al canottaggio, al ciclismo, al nuoto ed al sollevamento pesi: il resto degli sport difficilmente si adatta al tipo di ragionamento che vogliamo fare.

Gli sport di cui ho parlato condividono in genere la lotta contro unità fisiche misurabili (il tempo, lo spazio, il peso...) e non soltanto contro la valentia degli avversari, per cui i relativi primati sono definiti e confrontabili. È vero tuttavia che in diverse specialità la componente tecnologica può avere grande rilevanza (basti pensare a quella che è stata la storia dei primati nel salto con l'asta: la modifica della sostanza di cui è fatta appunto l'asta ha determinato un “salto” in avanti delle prestazioni-limite che non è evidentemente dovuto a fattori biologici).

Perciò se da un lato è noto che l'evoluzione tecnologica ha dato, e certo ancora può dare, un contributo rilevante all'elevazione delle prestazioni, soprattutto in alcuni sport, è anche vero che esistono fattori biologici di variabilità i cui limiti estremi possono essere ricercati attraverso la selezione attitudinale da un lato e l'allenamento dall'altro.

### 4. Dilatazione artificiale dei limiti biologici (Doping)

Occorre tuttavia tener presente che tali limiti biologici naturali possono essere artificialmente dilatati, a partire da “condizionamenti” fisici o psichici fino ad arrivare al doping. A questo proposito, conviene ricordare che nel trattare dei limiti biologici non vogliamo prendere in considerazione le situazioni che mettono in pericolo la salute o addirittura la vita, deviando dal normale equilibrio dell'organismo, come ha ricordato stamane il Presidente Carraro. L'evoluzione tecnologica applicata alla biologia dello sport può consentire di superare certi limiti biologici naturali e una domanda ricorrente, nel poco tempo che ho, è proprio questa: se si hanno delle azioni che fanno superare il limite biologico naturale, dobbiamo ritenere che ciò sia lecito, oppure dobbiamo ritenere che il limite biologico *naturale* debba essere il vero fattore limitante nella prestazione sportiva?

La velocità di conduzione nervosa, la velocità di contrazione muscolare ed altri parametri (fra cui quelli strutturali) sono esempi di fattori che condizionano le prestazioni nella maggior parte degli sport. Ebbene, questi fattori sono indubbiamente biologicamente limitati, se pure con certi ambiti di variabilità interindividuale da cui deriva l'utilità della selezione su più ampi campioni di popolazione. Non è, tuttavia, prevedibile che il progresso

## 5. La dinamica del progresso dei primati sportivi

Fra le possibili illustrazioni del mio argomento (che forse saranno presentate in relazioni successive) vi sono quelle che esprimono la dinamica dei primati sportivi attraverso il tempo fino ai nostri giorni. Analizzando tale dinamica possiamo osservare che nei 400 metri piani, nei 400 hs e nei 110 hs esiste bensì tuttora un progresso nei limiti del primato, ma si tratta di frazioni di secondi talmente minime da permetterci di ritenere che stiamo ormai tendendo all'asintoto. In altre parole, in questo tipo di sport sembra che ormai siamo arrivati al limite biologico; forse è ancor più meritorio, dato proprio il minimo margine di progresso ulteriore, che qualcuno riesca ancora a migliorare il primato ma, se non succede qualche cosa di... rivoluzionario, non possiamo più prevedere un progresso apprezzabile nelle prestazioni.

E quale potrebbe essere questo fatto rivoluzionario? Io penso a qualche nuova componente tecnologica (anche se non saprei proprio pensare quale) mentre è assai più difficile ipotizzare una nuova componente biologica (a meno che un giorno le nuove tecniche dell'ingegneria genetica consentano di introdurre nei cromosomi umani un qualche gene estraneo o sintetico che consenta una via metabolica più efficiente di quelle che noi evolutivamente abbiamo sviluppato... Forse fra qualche tempo potremo ipotizzare anche questo, ma anche in questo caso ed a maggior ragione dobbiamo chiederci se un intervento del genere sarebbe lecito!.

Comunque, tornando alle nostre tabelle dell'evoluzione dei primati sportivi, ripeto che possiamo ritenere di essere ormai giunti al limite biologico per i primati dei 100 metri piani e dei 110 ostacoli; siamo vicinissimi al limite per i 200 ed i 400, e un poco più lontani per gli 800. Se invece osserviamo l'andamento dell'evoluzione del primato sportivo in gare come i 1.500, 5.000 e 10.000 metri, vediamo che ancora il grafico del progresso dei primati è relativamente lineare verso l'alto, il che ci indica con molta chiarezza che siamo ancora molto lontani dal limite biologico.

Non sta a me indicare quale sia il fattore (o fattori) da utilizzare per far ulteriormente progredire questi limiti di prestazione sportiva: è questo uno dei campi che sono ancora ben aperti per la ricerca.

## 6. Dagli sport di potenza a quelli di resistenza

Dato che la mia relazione precede quelle dei colleghi può ben darsi che qualcuno di loro più tardi riprenda magari assai più estesamente e con figure, lo stesso argomento, ma in ogni modo mi sembra opportuno dare qui un accenno a quelle che secondo me sono le ragioni del più ampio margine di progresso residuo potenziale in queste gare che tendono ad essere classificate come gare di resistenza.

Con un'enorme semplificazione di concetti biologici credo che possiamo affermare che l'insieme dei fattori metabolici che condizionano la performance nelle gare di sprint o di potenza è molto più limitato (prevalentemente all'interno del muscolo striato) di quello dei fattori metabolici che analogamente entrano in gioco (allargati al sistema respiratorio e cardiocircolatorio ed al metabolismo lipidico, ad esempio) man mano che ci spostiamo verso le gare di resistenza. Ed il fatto che la tendenza all'asintoto (ossia, in pratica, al livellamento dei primati) non sia ancora dimostrata in alcuna delle specialità di resistenza ci dice che esiste ancora un ampio spazio entro il quale operare per selezionare ed affinare i fattori biologici di progresso in questo campo.

E, del resto, il fatto stesso che, con la complessità dei fattori metabolici in gioco, sia più difficile isolare quelli più significativi, quelli più geneticamente determinati e quelli più modificabili con l'allenamento, spiega perché le stesse ricerche di biologia dello sport

nelle gare di resistenza non abbiano ancora condotto verso il limite del record: la complessità dei fattori metabolici in gioco rende più difficile identificare i fattori di selezione attitudinale (per quei caratteri condizionanti che sono geneticamente determinati).

## 7. Alcune ragioni del progresso dei primati sportivi

Lo spostamento verso l'alto degli stessi limiti biologici nei primati sportivi è una realtà che ha diversi motivi, pur se tende progressivamente, come abbiamo visto, a rallentare il ritmo del relativo incremento.

Tra i motivi principali dell'incremento possiamo citare (e ne ha già parlato il prof. Kirsch) anzitutto l'allargamento della base di soggetti tra i quali avviene la selezione: è evidente che ciò permette di identificare un maggior numero di soggetti eccezionalmente dotati (ricordiamo che la selezione naturale ha favorito i portatori di certi alleli per i diversi geni, in quanto i più adatti per le condizioni prevalenti dell'adattamento evolutivo all'ambiente, ma la variabilità assicurata dalle mutazioni determina il verificarsi occasionale di portatori di geni mutanti che possono essere "più adatti" in condizioni particolari, quali quelle di un primato sportivo. E tanto più rari sono tali mutanti, tanto più difficile è identificarli in assenza di una larga base di popolazione che pratichi lo sport).

Un altro fattore biologico di progresso è la cosiddetta eterosi (o "lussureggiamento degli ibridi"), ben nota in genetica animale e soprattutto vegetale, in cui l'incrocio tra individui appartenenti a ceppi o varietà diverse della stessa specie tende a dare figli plus-varianti rispetto alle caratteristiche di ognuno dei ceppi parentali. Lo stesso fenomeno si verifica particolarmente in questo secolo nelle popolazioni dei paesi cosiddetti civili, in cui il progresso dei mezzi di comunicazione determina un aumento di "vagilità", ossia del diametro entro il quale mediamente un individuo trova il proprio partner. A questo fenomeno viene attribuita la massima parte della responsabilità per quella che è stata chiamata la "tendenza secolare" all'aumento, ad esempio, della statura media della popolazione, come anche all'anticipazione della pubertà. Ed è evidente che a queste modifiche possono corrispondere aumenti di capacità funzionali tradotti anche in incremento della performance sportiva. Molto sinteticamente possiamo esprimere il concetto dell'eterosi, dicendo che se un individuo ("omozigote") ha ricevuto lo stesso gene da entrambi i genitori avrà una sola disponibilità di materiale genetico, ma se ha ricevuto due alleli diversi per lo stesso gene ("eterozigote") ha la possibilità di scegliere quella più adatta alle diverse esigenze...

Terzo fattore (e questo è particolarmente critico a proposito di allenamento e condizionamento nell'età più precoce), poiché come è noto la funzione sviluppa l'organo, un notevole contributo allo sviluppo di diverse strutture e funzioni biologiche, anche di notevole importanza per l'attività sportiva, deriva non solo dall'allenamento ma anche dall'anticipazione dell'età di inizio dell'allenamento stesso. Aumento del numero di cellule in un determinato tessuto od organo, differenziamento specifico di determinate strutture, sono la conseguenza di un più precoce reclutamento di cellule e strutture in organi ed apparati sotto lo stimolo funzionale (e viceversa, naturalmente: se non vi è lo stimolo funzionale nel periodo dell'organogenesi, certi organi tendono a ridurre il proprio differenziamento).

Anche in questi casi tuttavia è ben noto che una stimolazione eccessiva e troppo precoce induce il rischio di deviare dall'equilibrio naturale cui una millenaria evoluzione ha condotto l'organismo umano. Un esempio non sportivo ma che ben rappresenta la situazione è dato dall'attuale tendenza, nei paesi più ricchi, alla iperalimentazione infantile; ciò conduce ad un aumento degli adipociti, cioè delle cellule del tessuto adiposo in cui l'organismo deposita le riserve di grassi; la conseguenza ne sarà una tendenza all'obesità, e di riflesso un aumento di patologia metabolica ed un accorciamento della vita. Ebbene, se

noi introduciamo sempre più precocemente un tipo di allenamento, in determinanti casi, in

determinate strutture possiamo ancora trovarci nel momento in cui si differenziano le cellule. Ciò può portare un certo vantaggio a breve termine, differenziando l'organismo a favore delle richieste di una certa attività sportiva, ma può ben darsi che più tardi ne derivi un danno anche serio per l'equilibrio dell'organismo stesso.

## 8. I primati sportivi femminili

Un caso particolare riguarda i primati femminili. Siamo ormai ben lontani dalla considerazione tradizionale che l'organismo femminile sia delicato, poco resistente: anzi viene man mano confermato che il massimo progresso delle prestazioni femminili si verifica proprio nelle gare di resistenza.

La differenza tra i record maschili e quelli femminili permane massima nelle prestazioni che comportano sforzi muscolari di tipo "esplosivo", in cui fattore condizionante è la componente di massa muscolare col relativo corredo strutturale e metabolico che prevale nel fenotipo maschile.

Diminuisce, invece, progressivamente la differenza tra prestazioni maschili e femminili quando passiamo alle prestazioni di resistenza (vedi, se non sbaglio, il fatto che attualmente il record nella traversata della Manica è detenuto da una donna). A un certo punto, il sesso maschile rimane il sesso forte nel senso di *potenza* muscolare, ma il sesso femminile si qualifica come il più forte nel senso di *resistenza* allo sforzo prolungato.

Ciò appare doversi mettere in relazione alla diversa consistenza del tessuto adiposo, quale sorgente di energia per le prestazioni di lunga durata; infatti ATP, creatinfosfato, glicogeno e glucosio sono i metaboliti di pronto impiego presenti nel muscolo e più abbondanti nei maschi, mentre i lipidi del tessuto adiposo richiedono più tempo per essere metabolizzati, ma contengono circa 10 volte l'energia fornita dai glicidi a parità di massa trasportata (ed infatti anche nel maschio vediamo il volume muscolare ridursi ed il metabolismo energetico spostarsi verso l'utilizzazione dei lipidi quando, col progredire dell'età, si passa dalle gare di sprint a quelle di resistenza).

È opportuno ricordare, a proposito di tali argomenti, che se in alcuni sport di potenza i records femminili si sono recentemente avvicinati a quelli maschili ciò è avvenuto troppo spesso attraverso prassi di allenamento e condizionamento che chiamerei distorcenti: il risultato è bensì l'aumento della prestazione sportiva, ma ciò è troppo spesso accompagnato da tali alterazioni metaboliche (nel tentativo di mimare il diverso metabolismo maschile e la relativa prestazione) che lo stesso fenotipo ne viene alterato, perdendo diverse connotazioni della femminilità a partire dall'interruzione del ciclo mestruale fino alla caratteristica distribuzione del tessuto adiposo. Anche in tali situazioni si deve riflettere se esse debbano essere considerate lecite.

Ancora una notazione vorrei fare a proposito dei primati sportivi femminili: come abbiamo visto, l'allargamento della base popolazionistica entro cui operare le selezioni dei soggetti particolarmente dotati è uno dei fattori principali del progresso dei primati sportivi; ebbene, in questo campo esiste certo ancora un ampio margine di progresso, considerando quanto ristretta è stata tradizionalmente la quota di popolazione femminile che praticava lo sport e quanto ancora la relativa diffusione sia lenta in molte popolazioni.

## 9. Quali ricerche per ottimizzare il limite biologico nello sport?

E, per finire, vorrei indicare quale sia il tipo di ricerca che meglio si adatta a rispondere alla domanda che mi è stata fatta, cioè alla domanda "quali sono i fattori biochimici, strutturali o psicologici che sono condizionanti per il progresso dei primati sportivi?"

Con quale metodo? Studiando le differenze tra campioni e controlli, ed anche tra campioni e controlli allenati o non allenati nella popolazione; e in particolare (chi mi conosce sa che vengo dall'Istituto Gregorio Mendel di Genetica Medica e Gemellologia) studiando i gemelli. Infatti, i gemelli identici sono l'unico caso in cui, se noi sottoponiamo un individuo umano ad una qualsiasi condizione sperimentale (come per esempio un allenamento o una gara) abbiamo la possibilità di verificare quale è stato il risultato di quella condizione sperimentale rispetto alla sua assenza, in quanto disponiamo di un soggetto geneticamente identico.

Occorre, infatti, studiare la variabilità degli individui nella prestazione sportiva distinguendo tra variabilità genetica e variabilità ambientale. Variabilità genetica significa poi fare selezione attitudinale per trovare coloro che sono più adatti ad ogni singolo tipo di pratica sportiva, mentre variabilità ambientale significa quale allenamento, quale condizionamento praticare per ottenere il massimo risultato sportivo. Questo può essere fatto già oggi studiando i gemelli, e potrà essere fatto forse più dettagliatamente nel futuro con il ricorso alla genetica molecolare.

Vorrei ricordare, tuttavia, che quando svolgemmo le ricerche di biologia dello sport mediante i gemelli, in collaborazione tra l'Istituto Mendel e l'Istituto di Medicina dello Sport esse riguardarono solo coppie gemellari non allenate. L'estensione dello studio dell'attività sportiva propriamente detta non fu realizzata, in quanto avrebbe richiesto di selezionare coppie gemellari monozigotiche di cui uno solo sarebbe stato sottoposto ad allenamento: si tratta indubbiamente di un metodo non facile, ma il possibile risultato fa ritenere che il gioco varrebbe la candela, per cui mi permetto di tornare a proporre al CONI ed alla FIDAL una simile ricerca, in cui metterei volentieri a disposizione la mia competenza specifica.

Bisogna poi accettare quali sono i momenti critici di plasmabilità dell'organismo per ognuno dei diversi parametri che condizionano la performance sportiva, per vedere qual'è il punto critico dell'età di inizio dell'attività sportiva in genere (o presportiva) e quale il punto d'inizio dell'attività sportiva specifica per ogni sport. Di questo fattore critico, finora valutato piuttosto empiricamente, occorre riuscire a valutare le conseguenze, sia quelle favorevoli sia quelle dannose, in quanto il rischio è quello di riuscire sì ad ottenere dei primati sportivi ma di far poi pagare un prezzo troppo alto agli interessati negli anni che seguono (cosa che assume sempre maggiore rilevanza col prolungamento dell'età della popolazione).

Ma a questo punto occorre constatare che gli argomenti impliciti nella risposta alla domanda che mi era stata posta sono tanti e complessi che io potrei parlare per tutta la durata del convegno, ma il tempo a disposizione è finito e perciò mi fermerò qui, ringraziando per l'attenzione.