

Fattori di interdipendenza tra sistema senso-percettivo e movimento umano

Rapporto tra apparato visivo e corsa prolungata

Piero Incalza, allenatore, collaboratore Fidal

1. L'uomo come sistema integrato

La metodologia della ricerca scientifica ha prodotto studi sempre più accurati e precisi, ha indagato e continua ad indagare in ogni campo dello scibile al fine di carpirne tutti i segreti. Anche le scienze inerenti lo studio dell'uomo non si sono sottratte agli approfondimenti, a nuove scoperte, a teorizzare ipotesi, a proporre modelli funzionali sempre più aggiornati. Tale impostazione (per certi versi inevitabile) ha prodotto un indirizzo prettamente specialistico e settoriale nella formazione, con un conseguente approccio "a compartimenti" nell'indagine fenomenica. Ed è per ta-

le ragioni che si avverte, oggi, la necessità di rinverdire un principio antico, per certi versi ovvio, per il quale l'uomo non può considerarsi come sommatoria di parti ma, al contrario, un complesso unico, inscindibile, plastico nelle funzioni, nelle risposte e negli adattamenti. La visione *olistica* ha caratterizzazioni più articolate e complesse rispetto al modello di studio analitico di tipo seriale. Dimostrare e riprodurre una relazione di causa/effetto trattando unità elementari tra loro adiacenti è più semplice rispetto all'ipotesi che il sistema vada analizzato nel suo insieme, con la possibilità che tra la causa e l'effetto si interpongano una serie di organi e apparati sì da "allontanare" i

due momenti e rendere quanto mai complicata la relativa diagnosi. Un po' come accade con il semplice esperimento della trasmissione della quantità di moto: alcune biglie sono sospese, una a contatto dell'altra; muovendo la prima e lasciandola oscillare, si assiste all'immediato spostamento dell'ultima, con tutte le altre assolutamente immobili al loro posto. *Molto spesso, l'organo bersaglio evidenzia un malessere o una disfunzione che origina da altri distretti apparentemente lontani tanto nella struttura quanto nella funzione.* A ben guardare, anche la terminologia riferita all'essere umano enfatizza l'accezione di globalità ed integralità: individuo, organismo, sistema, apparato...

2. Proprietà comuni dei sistemi percettivi

Le funzioni vitali degli esseri complessi sono legate, in larga misura, alla possibilità di comunicazione tra cellule, tessuti e organi. Nell'uomo si sono sviluppate diverse vie di collegamento che consentono uno scambio continuo di segnali tra i vari distretti. Il processo di *diffusione* è il modo più semplice di comunicazione ma è inefficace tra cellule lontane. A questo è adibito il *sangue* che compie, in meno di 60", il periplo del sistema circolatorio, e diffonde le sostanze essenziali in tutti i tessuti. Ancora più veloce è la trasmissione dell'*informazione nervosa* che viaggia a 120 m/s. L'integrazione



e la coordinazione dei sistemi di comunicazione permettono di interfacciare, in tempi rapidi, gli oltre 70 mila miliardi di cellule che compongono il corpo umano. Le vie di percezione ed elaborazione delle informazioni presentano elementi comuni. Uno stimolo (sia esso interno o esterno) agisce su un recettore il quale è in grado di convertirlo in potenziale elettrico graduato. Se il segnale supera l'intensità di soglia, si genera un *potenziale di azione* che viaggia dal recettore sino alle aree sensoriali del sistema nervoso centrale. I recettori sensoriali si caratterizzano per tipo di funzione e complessità di struttura. Le forme più semplici sono rappresentate dai recettori somatici (con terminazioni libere o incapsulate), le più complesse dagli organi di senso speciali, con recettori altamente differenziati. Gli stimoli meccanici, chimici, termici o luminosi sono trasdotti dai recettori in impulsi decodificabili dal sistema nervoso. Il

passaggio importante, ancora non del tutto noto, risiede nel capire come il SNC elabora le informazioni sulla base degli stimoli ricevuti.

3. Anatomia e Fisiologia dell'apparato visivo

Il recettore sensoriale della visione è l'occhio. Esso riceve gli stimoli dall'ambiente esterno attraverso cornea e cristallino e li proietta sulla retina (struttura nervosa sensibile alla stimolazione luminosa).

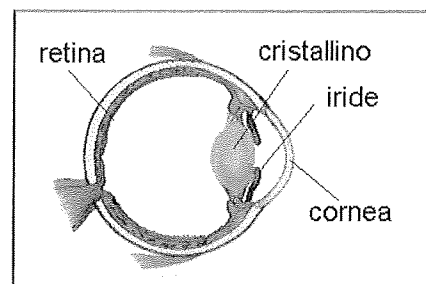
I fotorecettori di cui è composta la retina (coni e bastoncelli) trasmettono il segnale luminoso attraverso le vie della visione fino alle aree cerebrali responsabili della decodificazione del segnale (area 17).

E' importante rilevare che la differenza morfologica e funzionale dei recettori retinici divide la retina in due zone: una centrale, formata esclusivamente da coni, ed una periferica, for-

mata esclusivamente da bastoncelli. La zona centrale, denominata fovea, è la regione deputata alla visione dei particolari (forma, colore, ecc.). La retta che unisce l'oggetto fissato con la fovea si definisce *asse visuale*.

Esula da questo lavoro un approfondimento in merito, per cui si rimanda alla letteratura per ulteriori dettagli. L'unico richiamo che si ritiene opportuno fare è relativo ai movimenti extraoculari ed alle modalità di accomodazione.

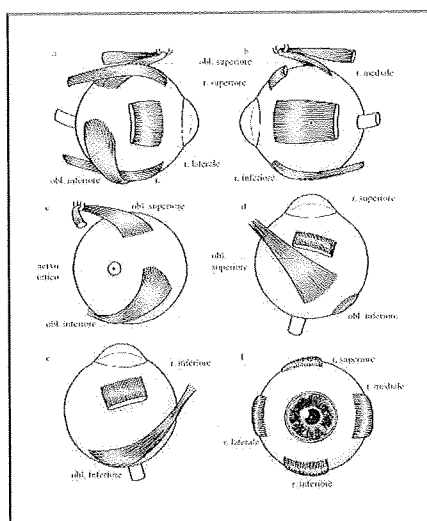
I muscoli deputati al compimento dei movimenti extraoculari sono sei per ogni singolo occhio: retto inferiore, retto superiore, retto interno, retto esterno, piccolo obliquo e grande obliquo. Ogni movimento viene determinato dalla sinergia di tutti i sei muscoli, per questo, quando l'occhio compie un movimento, tre muscoli si contraggono ed i tre antagonisti, di conseguenza, si rilassano.



L'*accomodazione* è il processo con cui l'occhio modifica la forma del cristallino per la messa a fuoco degli oggetti.



E' resa possibile dalla presenza dei muscoli ciliari, ancorati al cristallino da un fascio di fibre anelastiche (zonula). Se i muscoli ciliari sono rilassati, la zonula va in trazione e il cristallino si appiattisce per la visione a distanza. Se i muscoli si contraggono, la zonula si rilassa e il cristallino (elastico) assume una forma rotondeggiante per diminuire la distanza focale.



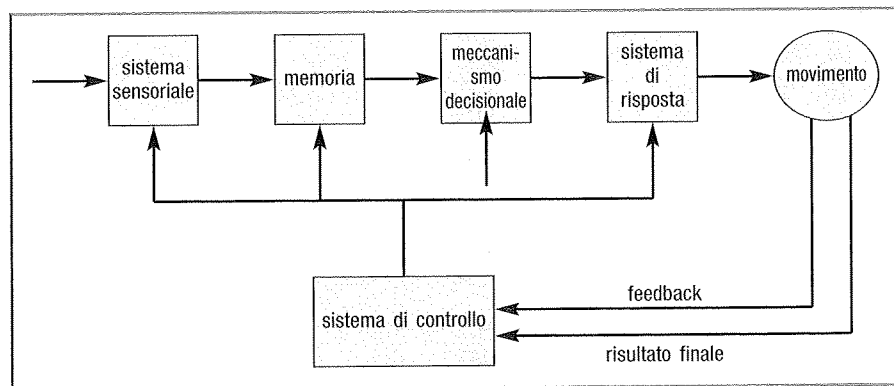
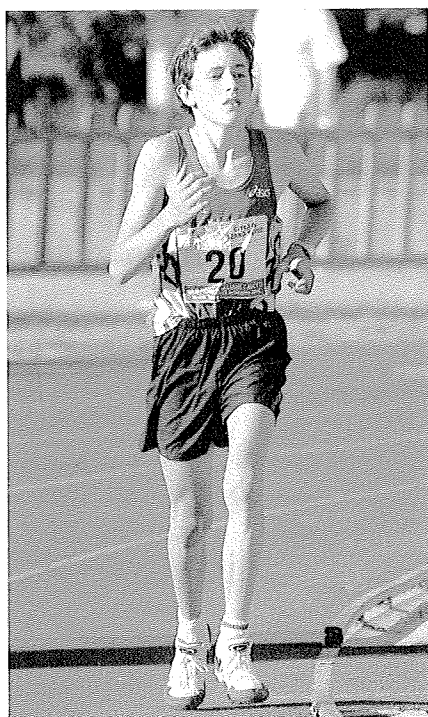
Esiste una stretta correlazione tra allineamento degli assi visuali e accomodazione. Questi delicati equilibri tra i sei muscoli extraoculari ed i muscoli dell'accomodazione, come è facile capire, possono in qualche modo alterarsi e determinare dei difetti anche visivi che devono essere corretti attraverso l'uso degli occhiali, ma anche tramite esercizi specifici (*training visivo*).

4. La vista ed altre vie sensoriali durante il movimento umano

Il processo di elaborazione nervosa riferita al movimento può prevedere diverse sequenze ed è dipendente dalla tipologia del compito motorio. In tutti i casi, però, i recettori sensoriali inviano al SNC una gran quantità di informazioni che, a loro

e tante le interferenze. Si è soliti valutare la prestazione nell'ultima fase del suo articolato processo: l'esecuzione. A ben guardare, anche se i meccanismi di retroazione consentono di sorvegliare tutto l'iter del processo, in ogni passaggio si annida la possibilità che si verifichi un errore, inducendo gli organi effettori a produrre un movimento scorretto.

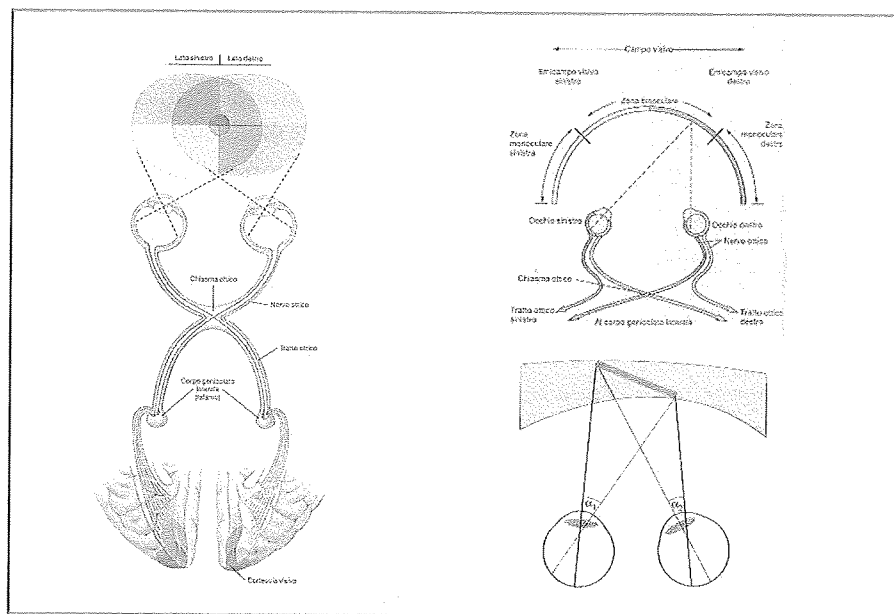
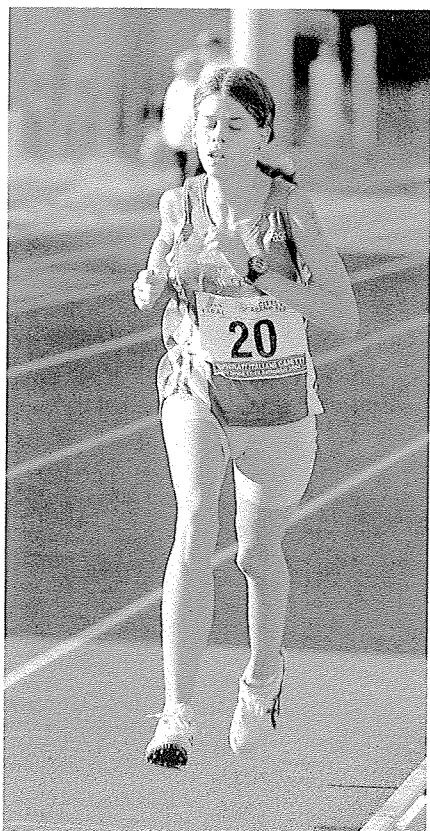
Purtroppo, le informazioni che i sistemi sensoriali trasmettono all'elaboratore (SNC) non sempre sono reali. Nel movimento umano, per quanto i recettori cinestetici, acustici, vestibolari si sforzino a mandare messaggi, l'apparato visivo fornisce più dell'80% delle informazioni sull'ambiente esterno (L. Stankov). E' evidente, quindi, che la ricezione di un'immagine distorta costituisce un sicuro motivo di risposta motoria inadeguata. E' noto che il risul-



volta, vengono analizzate e selezionate. Solo quelle ritenute utili sono impiegate per ideare, rispondere, modulare, correggere un movimento. Gestire l'informazione non è semplice, soprattutto quando gli stadi dell'elaborazione sono più di uno

tato sportivo è legato al **processo di allenamento**. La continuità nella somministrazione del carico è basilare nello sviluppo della capacità di prestazione. *La casistica è piena di atleti di alta qualificazione costretti ad interrompere la pre-*

parazione a causa di patologie legate al lavoro muscolare. Nelle discipline "di contatto" è frequente il trauma diretto ed acuto; negli sport ciclici le patologie riguardano, essenzialmente, la sommazione microtraumatica nella reiterazione del gesto. In quest'ultimo caso, è prassi attribuire la responsabilità dell'evento all'eccessiva proposta del carico. Senza considerare che, se ciò fosse vero, nei movimenti simmetrici la comparsa del trauma dovrebbe essere bilaterale e non, come sempre accade, a spese di un solo arto. *Gli stati infiammatori o degenerativi a carico dell'apparato locomotore, in ambito sportivo, non possono essere risolti curando gli effetti (come spesso accade) ma scoprendo ed eliminando le cause.*



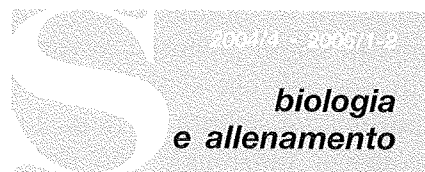
4.1. La zona di visione binoculare

Occorre fare una distinzione tra campo visivo e campo di visione. Il **campo visivo** è l'insieme dei punti dello spazio che un occhio riesce a percepire contemporaneamente. Il **campo di visione** è la parte di spazio che un occhio può percepire in perlustrazione. Quella parte di spazio che entrambi gli occhi riescono a percepire simultaneamente è definita **campo di visione binoculare**. La sovrapposizione dell'immagine da due angolazioni lievemente diverse consente di percepire l'oggetto in forma tridimensionale, a differenza delle zone periferiche (monoculari) a visione bidimensionale. La corretta percezione stereoscopica è un elemento fondamentale nell'elaborazione della risposta motoria. Le indagini ottiche di routine accertano la capacità visiva della zona centrale della retina (fovea) di ogni singolo occhio e ne

prescrivono l'eventuale correzione con lenti adeguate. Non è sufficiente. Si è osservato che anche alcuni soggetti con emmetropia bilaterale, risultavano positivi ai test cinesiologici per effetto di altre disfunzioni quali la dominanza, lo sdoppiamento, l'inerzia accomodativa, l'astigmatismo latente, l'interferenza di altri nervi cranici... e, in condizioni particolari (stress, stanchezza, scarsa intensità luminosa), tali anomalie si amplificano in misura evidente.

4.2. Fisio-patologia

Il corretto funzionamento della visione dipende da una serie di cofattori, i più importanti dei quali sono: lo stato refrattivo, il sistema motorio e il sistema accomodativo. *Spesso la semplice correzione ottica non è suffi-*

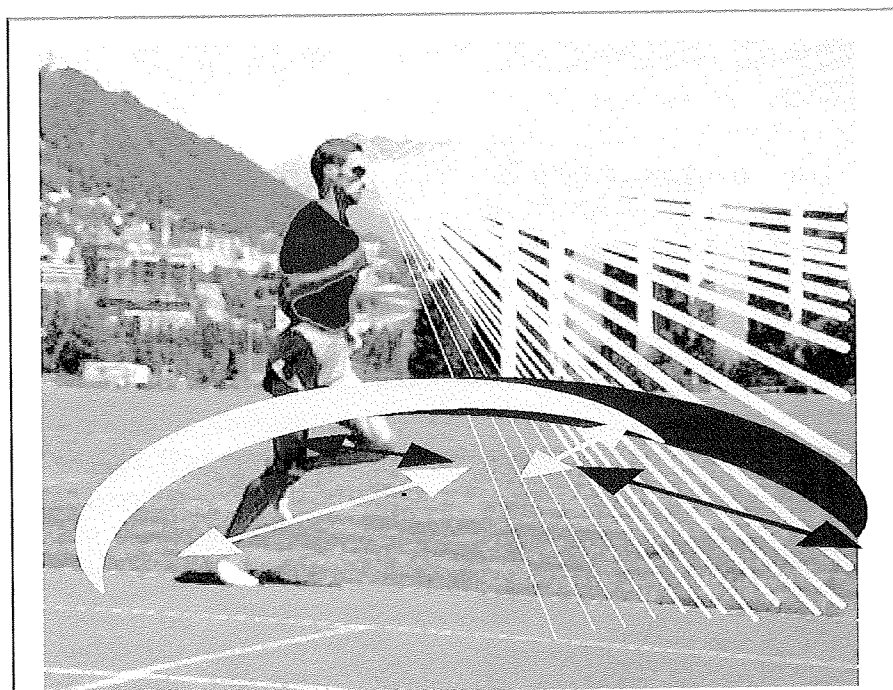


ciente a risolvere il problema.

Lo sviluppo della capacità visiva completa il proprio iter nei primi anni di vita. La nitidezza delle immagini e la coordinazione di entrambi gli occhi consentono, al processo di maturazione funzionale, di svolgersi senza intoppi. La più insignificante delle disfunzioni, in questo periodo, non si limita a coinvolgere il futuro funzionamento della visione ma può influire, in misura rilevante, sul normale sviluppo psichico e motorio del bambino. La prassi clinica vuole che, superata l'età dell'infanzia, l'individuo perda gran parte delle facoltà di controllo nervoso e di trasduzione dei segnali del sistema visivo e che, in seguito, non sarà più possibile recuperare le funzioni perdute. Una parziale inversione di tendenza, per alcune delle disfunzioni ritenute "irrecuperabili" in età adulta, scaturisce da diverse esperienze (tra cui le nostre) maturate negli ultimi anni. *Un accurato protocollo di esercitazioni ortottiche ha permesso di modificare le facoltà visive, in modo particolare nei difetti di convergenza e di stereopsi.* Per assurdo, sono proprio le disfunzioni più lievi (come il microstrabismo o "sindrome di monofissazione") a creare seri problemi, tanto nella diagnosi quanto nella terapia. *L'astigmatismo* (in associazione a miopia o ipermetropia), anche nei quarti di diottria, determina modificazioni posturali avvertibili per cui, chi svolge attività sportiva, va sempre corretto. La sequenza funzionale che porta

alla capacità visiva ottimale è costituita dall'allineamento degli assi visuali, dalla fusione e dalla stereopsi. Non esiste visione tridimensionale se gli occhi non convergono in modo sincrono sull'oggetto e se, a livello corticale, le due immagini (provenienti da sx e da dx) non sono fuse con percezione unica. Intanto le neuroscienze presta-

no sempre maggiore attenzione alle implicazioni sensoriali sul movimento volontario. Andersen (1995), Boussaoud (1998), Henriques (1998) ed altri hanno dimostrato che *lo sguardo può influenzare le scariche neuronali dei lobi parietale e frontale*, incidendo direttamente sulla direzione e sull'ampiezza dei movimenti.

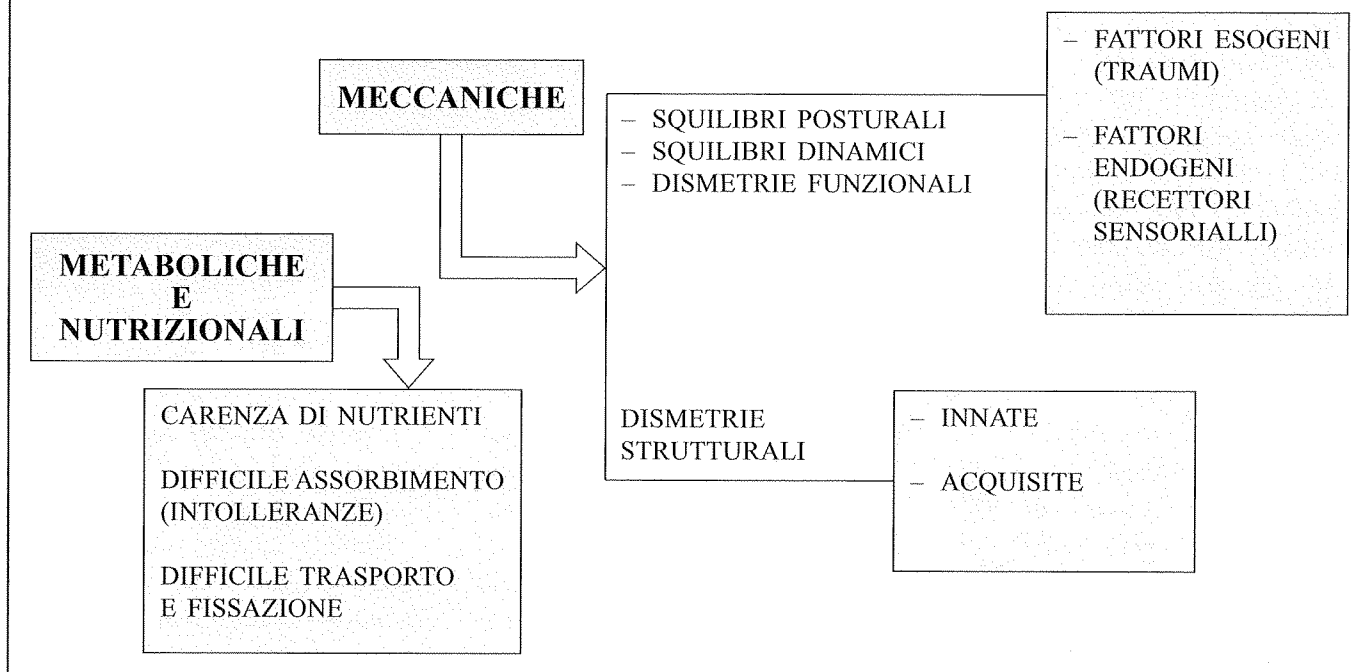


Campo visivo - La stereopsi fornisce informazioni per valutare le distanze



Campo visivo - Stereopsi e visione monoculare - Giallo: occhio Sx / Rosso dx

CAUSE DI INFORTUNIO PER SOVRACCARICO FUNZIONALE NELLA CORSA PROLUNGATA (SOLLECITAZIONE REITERATE)

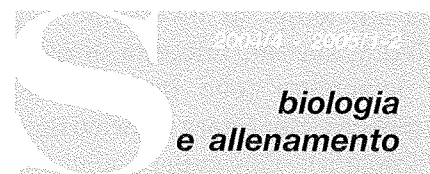


5. Biomeccanica della corsa prolungata

Il modello meccanico della corsa, in quanto gesto atletico, non dipende dalla velocità di percorrenza. La successione ciclica prevede un'alternanza tra una fase di volo e una di mono-appoggio. A sua volta, quest'ultima fase, viene distinta in un momento di lavoro negativo (contrazione eccentrica - sostegno) e di uno positivo (contrazione concentrica - spinta). Una descrizione simile potrebbe far pensare al fatto che tutti corrano alla stessa maniera. Nella realtà è vero il contrario: ogni atleta potrebbe essere individuato solo per il suo modo di correre. Tanto più nella corsa prolungata, nella quale la velocità ridotta (rispetto al massimo

potenziale motorio dell'atleta) consente adattamenti personalizzati ancora più evidenti. La fase più delicata dell'intero ciclo (e che maggiormente distingue ogni corridore) è la presa di contatto del piede col terreno. Il sistema frena e trasferisce energia meccanica all'interno del muscolo. Tale energia può, in parte, essere riutilizzata nella successiva fase positiva per effetto delle strutture elastiche (attive e passive) di cui è dotato l'apparato locomotore (ossa, legamenti, tendini e, soprattutto, gli elementi elastici muscolari). La scelta della soluzione per rendere efficace ed economico il gesto della corsa, si configura paradossale: per "caricare gli elastici" e stimolare il riflesso da stiramento, è necessa-

rio accumulare energia all'interno del muscolo in fase di frenata (Cavagna 1989). Questo comporta una diminuzione dell'inerzia e un'attivazione accentuata di unità motorie, con conseguente maggior consumo di ATP. Al contrario, una fase di volo meno accentuata riduce l'oscillazione verticale del centro di massa (risparmio di energia) ma, come già accennato, riduce la quantità di moto all'impatto e, di conseguenza, l'accumulo di energia nella struttura elastica dell'arto inferiore. La specializzazione, per un atle-



ta di lunghe distanze, consiste (essenzialmente) nel consolidare le abilità specifiche per correre, ad una determinata velocità, col miglior **rendimento meccanico** possibile. Alcuni atleti (non molti) riescono a modificare, in modo congruo, i parametri della tecnica di corsa, adeguandoli alla variazione di velocità e alle diverse superfici (pista, strada, cross), tanto da essere competitivi in varie distanze del mezzofondo e fondo.

5.1. La fase di pre-contatto

Si è già accennato al fatto che il momento più delicato dell'intero ciclo è rappresentato dalla presa di contatto del piede a terra. *Durante la fase di volo, il sistema di controllo è privato di informazioni importanti che provengono dai recettori del piede.* A questo punto, la quasi totalità delle informazioni relative all'ambiente circostante provengono dal campo visivo.

Vi siete mai trovati nella situazione di scendere le scale di sera e, all'improvviso, sia andata via la luce? Un attimo di panico ci coglie, avendo perso la sicurezza dell'appoggio successivo. Se, per ritornare alla corsa, il muscolo reagisse con la contrazione solo alla stimolazione meccanica dei fusi neuro-muscolari e degli organi del Golgi (riflesso miotatico), si realizzerebbe un ritardo nella risposta, con gravi ripercussioni sia sui tempi di inversione del lavoro, sia sull'integrità di ossa e legamenti (che da soli dovrebbero sopportare il carico dell'impatto). Per evitare che ciò



Fase di pre-contatto: i distretti muscolari dell'arto inferiore sono attivati prima che il piede tocchi il suolo

avvenga, il sistema nervoso comanda al muscolo di contrarsi un attimo prima del contatto, predisponendolo ad assorbire in forma attiva l'impatto del piede a terra. La **stereopsi** fornisce un'informazione essenziale in questa delicata fase.

5.2. Il ruolo degli input sensoriali durante il movimento

Renè Descartes sosteneva che la prova dell'esistenza umana è legata alla facoltà di "pensare". Più semplicemente si può affermare che il vivere in forma com-



piuta è strettamente legato al “percepire”. I comportamenti e i movimenti non possono essere disgiunti dal processo di analisi sensoriale che esplora, informa, controlla, corregge ogni manifestazione, rapportando il mondo interiore a quello circostante. La raccolta delle informazioni provenienti dall’ambiente esterno è essenziale in tutti i momenti relazionali, ma esaltano la loro efficacia ed importanza in campo sportivo ed agonistico. L’atleta esperto riesce a discernere le informazioni e le analizza in forma globale, adattandole alle situazioni ed elabora risposte immediate e congrue; quello inesperto dà medesima importanza a tutti gli input sensoriali e cerca di analizzarli tutti in ordine seriale. “Adoperano l’attenzione come se fos-

se un meccanismo a capacità illimitata e, peraltro, tendono a lavorare, già in questa fase, al massimo delle capacità del sistema, raggiungendo assai presto uno stato di fatica e di stress”. (Rossi, 1986). Da questo punto di vista, le specialità di corsa prolungata non presentano particolari difficoltà nella realizzazione e nel controllo del compito motorio. Fuori dal campo visivo, importanti informazioni provengono dagli analizzatori acustici (presenza degli avversari, incitamento del pubblico, suggerimenti dell’allenatore), da quelli tattili e termici (vento, temperatura), dai chemocettori (sensazione dello stato di affaticamento).

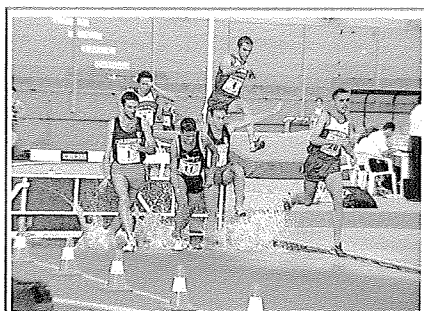
L’integrazione di diversi segnali sia esogeni che endogeni consente di percepire il trascorrere del tempo. Questa informazione è basilare per stabilire il livello di intensità lavorativa (velocità), parametro essenziale nella scelta della distribuzione delle energie. *Elementi di notevole disturbo per i segnali senso-percettivi sono la fatica e lo stress.*

La distorsione del segnale ha, come conseguenza, una risposta motoria inadeguata e poco economica, specie negli atleti inesperti o poco allenati.

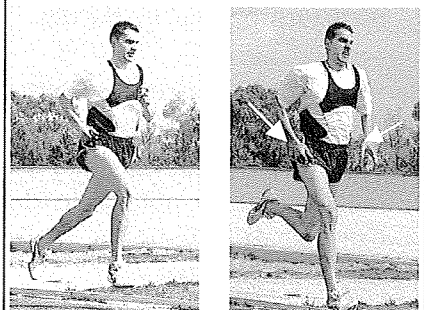
6. Esperienze con atleti di livello nazionale e con dilettanti (amatori)

Le considerazioni e i ragionamenti dei paragrafi precedenti scaturiscono dalle esperienze

fatte con atleti/e di livello nazionale ed internazionale, specialisti delle varie distanze della corsa prolungata (dagli 800 metri alla maratona). Nell’ultimo biennio, si è indagato anche su un gruppo di atleti/e amatori praticanti le corse su strada (dai 10km alla maratona). Si rese necessario approfondire tali tematiche in relazione al fatto che era quasi impossibile trovare un corridore di lunghe distanze che non avesse accusato danni (più o meno gravi) all’apparato locomotore. L’idea di fondo nasceva dal principio che *solo un soggetto perfettamente integro e sano può sottoporsi ad un carico di lavoro continuativo*, con l’obiettivo perseguire il massimo risultato in relazione al potenziale motorio posseduto. *Emerse, con sempre maggiore evidenza, che anche particolari insignificanti e, apparentemente, non attinenti con la corsa, determinavano comunque il rallentamento del processo di adattamento e, quindi, della prestazione sportiva. Una disciplina simmetrica, come la corsa, non può produrre danni asimmetrici, se non quando il sistema è privo degli equilibri funzionali corretti.* Eliminare (o ridurre al minimo) le cause originarie delle interferenze sul sistema motorio, può costituire un obiettivo importante da perseguire nella carriera di



Siepi: valutazione dello spazio (ostacoli) e percezione degli avversari



Atteggiamento in corsa: situazione di freschezza (foto a sx) e di affaticamento (foto a dx)

2004/4 - 2005/1-2

**biologia
e allenamento**

un atleta. Negli ultimi quindici anni sono stati raccolti dati relativi a 84 soggetti tra i 15 e 54 anni (63 atleti e 21 amatori): 39 di loro (48%) ha evidenziato difetti alla visione, quasi tutti di lieve entità ma sufficienti ad influire sugli equilibri posturali e dinamici. Questo è ricavabile da una serie di elementi di controllo, tra cui l'osservazione dell'atteggiamento dinamico specifico (nelle varie fasi della corsa), la prestazione in gara, i test cinesiologici, l'asse di Barre, la pedana stabilometrica.

Con alcuni atleti è stato possibile utilizzare altri strumenti di misurazione, come il Muscle Lab - Bosco System abbinato ad elettromiografia.

In ogni caso, i risultati registrati evidenziano una **diretta relazione tra correzione visiva, atteggiamento posturale e risposta motoria**, sia statica (isometrica) che dinamica, indipendentemente dal grado o dal tipo di disfunzione ottica riscontrata. Gli effetti sul rendimento motorio e sulla diminuzione degli infortuni da sovraccarico funzionale, sono stati evidenti. Il trattamento della disfunzione visiva ha prodotto, in molti casi, la scomparsa (o l'importante attenuazione) di fenomeni come cefalee, vertigini, scarsa concentrazione, contribuendo a ristabilire il benessere generale a cui ogni attività umana dovrebbe tendere.

8. Ringraziamenti (in ordine alfabetico)

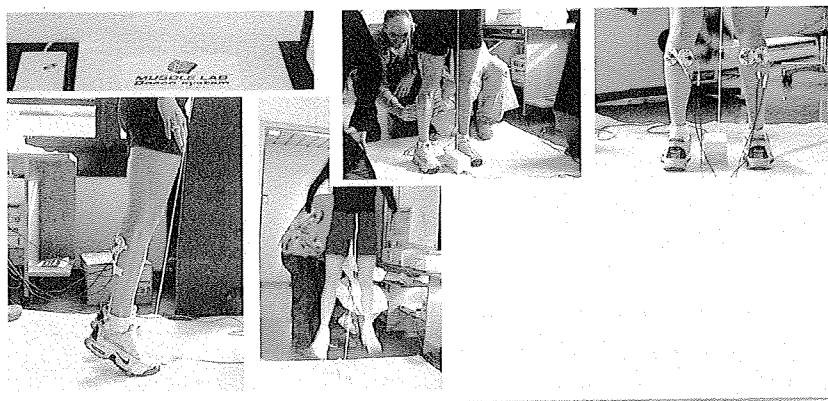
Per gestire l'atleta e per comprenderne con maggior cognizione i delicati meccanismi, mi sono sempre avvalso delle competenze e delle esperienze di un gran numero di colleghi (allenatori) e di professionisti dei diversi campi del sapere. Per quanto attiene ai contenuti e alle esperienze riportate nel presente articolo, ringrazio particolarmente:

- Dott. **Alfonso Bruno**,
Ortopedico - Perfezionato in Terapia Manuale presso l'Università di Parigi 6
- **Giuseppe Capobianco**,
Ottico, Optometrista, Contattologo - Istituto Regionale di Studi Ottici e Optometrici - Vinci
- Prof. **Giovanni Caruolo**,
dottore in Scienze Motorie, Osteopata - AIOT (Accademia di Osteopatia Tradizionale) Pescara
- Dott. **Cosimo Costantino**,
Specialista in Medicina Fisica e Riabilitazione. Ricercatore presso l'Istituto di Clinica Ortopedica di Parma
- Dott. **Alessandro Pennetta**,
Primario Ortopedico - Ospedale Civile Francavilla Fontana - già Responsabile del Centro di Medicina dello Sport di Brindisi

CONDIZIONI PATOLOGICHE O PARA-FISIOLOGICHE RISCONTRATI IN ATLETI DELLA CORSA PROLUNGATA (CON RIPERCUSSIONI SULLE PATOLOGIE DA SOVRACCARICO FUNZIONALE)

DISFUNZIONI VISIVE	48%
MALOCCLUSIONI DENTARIE E DIFETTI DI MASTICAZIONE	32%
TRAUMI POSTPARTO E PRIMA INFANZIA	24%
DISFUNZIONI UDITIVE E/O VESTIBOLARI	19%
TRAUMI O INFORTUNI VARI (CADUTE, INCIDENTI)	65%
STATI FLOGISTICI DEGLI ORGANI SPLANCNICI	22%
POSTUMI DI MALATTIE REUMATICHE (TONSILLITI, FARINGITI)	13%

Soggetti n. 93 - media anni 37.5 ±26



Bibliografia

- Andersen R.A., *Coordinate transformations and motor planning in posterior parietal cortex*, The Cognitive Neurosciences, Cambridge 519-532, 1995
- Bates W.H. M.D., *Popularized his eye exercises in the 1920 book, Perfect Eyesight Without Glasses*
- Bosco C., *La valutazione della forza con il Test di Bosco*, SSS 2002
- Boussaoud D. & altri, *Neurophysiol.* 80:1132-1150, 1998
- Cavagna, *Muscolo e locomozione*, Ed. Cortina 1988
- Henriques D. & altri, *Neurosci.* 18: 1583-1594, 1998
- Hubel D.H., *Eye, Brain and Vision* Scientific, American Books New York 1988
- Kohler M., Stucchi N., Pappaxanthi C., & Pozzo, T. *Effects of partial demonstration observation in motor learning of complex movements*
- Markert C., *Seeing well again without your glasses*, Saffron Walden GB 1983
- Paliaga G.P., *L'esame del visus*, Minerva Medica Torino 1991
- Saibene, Rossi, Cortili, *Fisiologia e Psicologia degli Sport*, EST Mondadori 1986
- Silverthorn D.U., *Human Physiology*, University of Texas 1998
- Stankov L., *Attention and intelligence*, Journal of Educational Psychology 1983

