

Influenza dei ritmi circadiani e del Jet Lag sulla prestazione atletica

Pier Luigi Fiorella

Commissione Medico-Scientifica della F.I.D.A.L., Istituto di Medicina dello Sport CONI-FMSI, Bologna

Simona Briglia

Istituto di Medicina dello Sport CONI-FMSI, Bologna

Eugenio Pagano Dritto

Istituto di Medicina dello Sport CONI-FMSI, Bologna

Giuseppe Fischetto

Commissione Medico-Scientifica della F.I.D.A.L.

I ritmi circadiani

La cronobiologia studia i ritmi biologici, cioè quei caratteri che si presentano come una sequenza di eventi ciclici nel tempo e che allo stato stazionario si succedono con lo stesso ordine e con lo stesso intervallo.

L'attività ritmica è un caratteristica fondamentale della materia vivente. L'idea di ritmo è legata al succedersi di fenomeni fisiologici ad intervalli di tempo regolari: per esempio, la successione del giorno e della notte, delle stagioni dell'anno, della veglia e del sonno. La parola ritmo deriva dal greco e significa scorrere, fluire. Tuttavia nell'uomo la capacità di percepire o misurare il passare del tempo o i ritmi, viene riferita alla sintesi delle esperienze e delle informazioni provenienti dagli organi di senso (e propriocettivi), dai cosiddetti orologi interni e dalla costante elaborazione degli impulsi che provengono dall'ambiente. Il sistema nervoso ha dunque la capacità di percepire il passare del tempo e di dividere gli eventi in ordine sequenziale.

I ritmi biologici possono essere distinti in *ritmi esogeni* e *ritmi endogeni*; i primi costituiscono la risposta di un determinato organismo ad uno stimolo circolare proveniente dall'ambiente esterno, mentre i secondi sono originati dall'interno dell'organismo stesso.

Ogni organismo possiede un proprio orologio biologico che è una rappresentazione rielaborata dei cicli temporali esterni.

In condizioni fisiologiche esistono quattro ritmi sincronizzati con i cicli dell'ambiente:

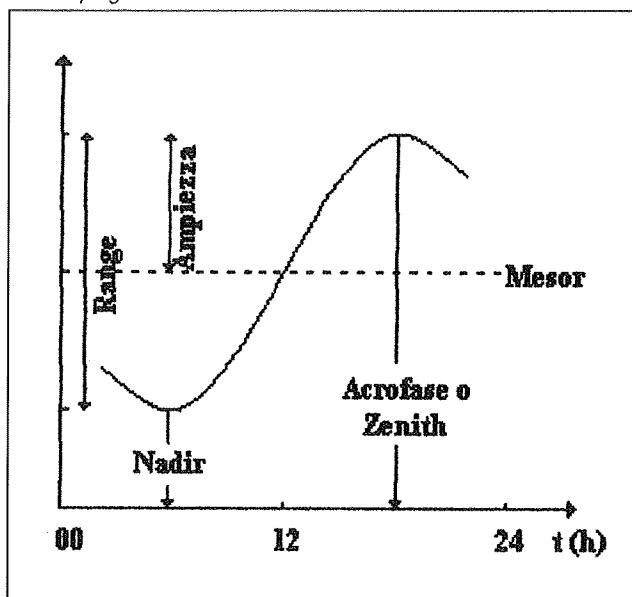
- *ritmi circadiani*: ciclo la cui durata è di circa 24 ore (± 4 h);
- *ritmi ultradiani*: hanno un periodo inferiore alle 20 ore (es. il ciclo del sonno il cui periodo è di circa 90 minuti);
- *ritmi infradiani*: hanno un periodo superiore alle 28 ore;
- *ritmi circamensili*: la cui durata è di circa 28 giorni;
- *ritmi circannuali*: la cui durata è di circa 365 giorni.

In particolare i ritmi circadiani sono sincronizzati con la rotazione della Terra attorno al proprio asse per mezzo del ciclo luce-buio, e descrivono oscillazioni periodiche di circa 24 ore.

I ritmi biologici disegnano nel tempo curve di tipo sinusoidale (fig. 1) le cui caratteristiche principali sono:

- Mesor: la linea media di stima statistica del ritmo;
- Ampiezza: la differenza tra valore massimo e minimo diviso due;
- Range: differenza tra valore massimo e minimo;
- Acrofase o Zenit: valore temporale a cui corrisponde il picco. Può essere misurato in gradi

Figura 1 - Rappresentazione grafica di un ritmo di tipo circadiano. Per le spiegazioni vedi testo.



angolari (0°-360°) o in termini di tempo. Se il ritmo non è sinusale si parla di tempo di picco;

- Nadir: valore temporale a cui corrisponde il valore minimo.

Le variazioni cicliche di un determinato carattere biologico sono il risultato dell'interazione tra componenti endogene ed esogene.

Le prime si identificano con il così detto "orologio biologico", insieme di strutture che scandiscono il ritmo. Il pace-maker più importante è il nucleo so-prachiasmatico, localizzato nella parte anteriore dell'ipotalamo vicino al chiasma ottico. Esso è in comunicazione, tramite vie neuronali e neuroumorali, con altri centri ipotalamici e ghiandole neuroendocrine. Anche se non sono state ancora identificate, bisogna ricordare che esistono altre strutture coinvolte nella ritmogenesi poiché la distruzione totale del SNC non abolisce tutti i ritmi circadiani. Una caratteristica importante dell'"orologio biologico" rilevata in seguito a studi su soggetti in isolamento temporale è il "free-runs": un aumento progressivo del periodo del ritmo proporzionale al tempo di isolamento. La dilatazione progressiva del periodo di un ritmo sta ad indicare che esistono dei sincronizzatori dell'orologio biologico sulle 24h del giorno; sono le componenti esogene.

Le componenti esogene più importanti sono: il ciclo giorno-notte, sonno-veglia e le abitudini di vita, e nell'atleta gioca un ruolo fondamentale l'esercizio fisico.

La radiazione luminosa agisce sull'orologio biologico tramite il tratto retino-ipotalamico che permette il trasferimento dell'informazione luminosa dalla retina al SNC, dove avviene la modulazione dei diversi caratteri biologici tramite variazioni della produzione di neurotrasmettitori. In particolare la radiazione luminosa inibisce la produzione di melatonina dalla ghiandola pineale: essa svolge un ruolo importante nella regolazione del sonno ed è proprio nelle ore notturne che si ha l'acrofase del ritmo.

Alla luce sono poi collegate le abitudini sociali; generalmente ci si alza al mattino e la maggior attività si svolge di giorno quando c'è luce e la temperatura è più alta e ci si riposa di notte.

Nell'uomo, tra i parametri biologici dotati di ritmicità i più studiati sono:

LA TEMPERATURA CORPOREA

Presenta il suo valore minimo durante il sonno, tra le 4.00 e le 6.00 a.m.; inizia poi ad aumentare prima del risveglio e continua a crescere finché non raggiunge il suo zenith (valore massimo) alle ore 16-18.

L'ampiezza varia tra 0,4 e 0,5°C nell'adulto.

Il sonno e l'esercizio fisico sono i fattori che maggiormente influenzano la temperatura. Essa ha il suo centro regolatore nell'ipotalamo anteriore: i neuroni dell'area preottica dell'ipotalamo anteriore e posteriore ricevono due tipi di segnali, uno proveniente dai recettori per il caldo ed il freddo attraverso i nervi periferici e l'altro dalla temperatura del sangue che irorra l'ipotalamo. I due segnali vengono integrati nel centro termoregolatore che provvede a mantenere il bilancio tra produzione di calore (soprattutto a livello muscolare) e dispersione (per evaporazione, convezione, irraggiamento e conduzione) per mantenere costante la temperatura corporea.

L'APPARATO CARDIOCIRCOLATORIO

La *frequenza cardiaca* presenta valori diversi durante l'arco del giorno con un picco intorno alle ore 15. L'ampiezza delle variazioni è compresa tra il 5 e il 15%. Variazioni simili si sono riscontrate per gli altri parametri cardiaci: frazione di eiezione, gitata cardiaca e pressione.

Pressione e frequenza sono particolarmente influenzati da fattori esogeni quali l'esercizio fisico, l'alimentazione, la posizione del corpo, lo stato di riposo etc. tanto che alcuni Autori si chiedono se c'è una reale componente endogena per questi parametri.

APPARATO RESPIRATORIO

Gli indici di capacità forzata espiratoria (FEV) e picco di flusso espiratorio (PEF) presentano variazioni giornaliere con valori minimi tra le ore 3 e le ore 8. Queste alterazioni interessano soprattutto i soggetti asmatici; a queste osservazioni si può associare il rilievo dell'accentuazione dei sintomi durante la notte e nel primo mattino e la maggior gravità dell'asma.

SISTEMA ENDOCRINO

L'*ormone della crescita* (GH), prodotto dalle cellule somatotrope dell'ipofisi anteriore, presenta una secrezione pulsatile alla quale si sovrappongono picchi costanti che insorgono durante le fasi 3 e 4 del sonno (1-4 ore dopo l'addormentamento) ai quali si deve lo zenit di secrezione del GH (tra le ore 24 e le ore 4). La secrezione del GH è anche influenzata da numerosi fattori esogeni quali i pasti, la temperatura e l'esercizio fisico che ne modulano la secrezione.

Il *cortisolo* presenta, come il GH, i suoi valori massimi tra le ore 4 e le ore 8. La sua produzione è stimolata da un ormone ipofisario, la corticotropina (ACTH), che ha secrezione pulsatile con valori minimi intorno alle ore 23-24 e massimi nelle prime ore del mattino. Tra i fattori esogeni che inducono

una aumentata secrezione di cortisolo ricordiamo principalmente lo stress psicofisico ed il sonno.

L'*adrenalina* e la *noradrenalina* plasmatiche presentano un picco nel primo pomeriggio. Probabilmente le catecolamine sono coinvolte nelle variazioni dell'attivazione psicofisica, o arousal. I risultati degli studi hanno messo in evidenza un picco del livello di attivazione durante le ore di veglia particolarmente nelle ore serali. Questo aspetto è rilevante ai fini della prestazione del soggetto perché influenza la predisposizione individuale all'esercizio fisico intenso, inoltre per ciò che riguarda gli sport di squadra sembra condizionare l'abilità dei singoli nel lavoro e l'affiatamento del gruppo.

METABOLISMO

Il *glucosio* plasmatico si mantiene pressoché costante nelle 24 ore; ciò è legato al fatto che un'ampia serie di fenomeni metabolici influenzano la concentrazione plasmatica dello stesso. Il glucosio presenta un ritmo ultradiano con oscillazioni di piccola ampiezza a cui si aggiungono 3 picchi in corrispondenza dei pasti e un 4° picco al termine del sonno.

Il *consumo di ossigeno* (VO₂) presenta variazioni nell'arco del giorno e raggiunge il valore minimo intorno alle 4.00. Riguardo ai fattori che condizionano il consumo di O₂ ci sono opinioni diverse: secondo Minors e Waterhouse esso è condizionato dalle variazioni della temperatura corporea; Reilly invece ha dimostrato come tali variazioni spieghino solo il 37% del range dei valori di VO₂. Probabilmente anche le variazioni dei livelli di catecolamine circolanti influenzano la cinetica del VO₂.

APPARATO GASTROINTESTINALE E SISTEMA ESCRETORIO

Esistono ritmi circadiani con picco nelle ore diurne per motilità, velocità di assorbimento e attività degli enzimi gastrointestinali e per secrezione acida gastrica. Secondo Goo la *velocità di svuotamento gastrico* è diminuita del 50% dopo un pasto assunto alle ore 20 rispetto allo stesso assunto alle ore 8. Da uno studio di Robertson si evidenzia come il

pH urinario presenti un ritmo circadiano speculare rispetto a quello degli elettroliti urinari: il pH raggiunge valori di massima acidità di notte (pH = 5) e risale verso valori più basici con il progredire delle ore fino a raggiungere il massimo nel pomeriggio (pH = 8).

Curiosamente, un parametro che pare essere influenzato dalle ore del giorno è la *statura*. Già in condizioni di riposo durante l'arco della giornata la colonna vertebrale è sottoposta a carichi compressivi con un progressivo schiacciamento dei dischi intervertebrali (per riduzione della componente liquida) che regredisce durante il riposo notturno.

La statura presenta una variazione di 0,9-1,1% nell'arco del giorno, con il picco positivo intorno alle ore 7 e quello negativo alle ore 24 (Reilly 1984, Wilby 1987).

La maggior rigidità vertebrale che si riscontra nelle ore serali si associa ad un aumento del rischio di lesione ed è in parte compensato dall'aumento della forza dei muscoli dorsali che si realizza in queste ore. Infine, se consideriamo l'adattamento del singolo individuo ai differenti ritmi biologici possiamo distinguere due tipologie di soggetti: quelli che vivono di giorno ("darks") e quelli che vivono di notte ("owls"). Fanno parte del primo tipo i soggetti che si alzano presto e vanno a letto presto; appartengono al secondo tipo gli individui che, al contrario, si alzano e vanno a dormire tardi.

I mattinieri mostrano una maggiore attivazione adrenergica al mattino di quanto non facciano i nottambuli e tra le due tipologie c'è poi uno sfasamento di alcune ore nel raggiungimento dei massimi livelli di attenzione e di tono dell'umore.

Tra queste due tipologie esistono delle differenze per ciò che riguarda l'acrofase: cioè i ritmi circadiani si conservano ma variano i valori temporali in cui si realizzano zenith e nadir.

Ritmi circadiani ed esercizio fisico

Si è cercato di misurare in condizioni controllate ed individualmente alcune caratteristiche dell'eserci-

zio fisico in modo da descriverne l'eventuale andamento circadiano.

RENDIMENTO PSICOMOTORIO ED ABILITÀ (DESTREZZA)

Il *tempo di reazione* è una componente molto importante nelle specialità di velocità. Esso presenta un picco nelle prime ore della sera in coincidenza con quello della temperatura corporea: ciò può essere spiegato considerando che per incrementi di 1°C di temperatura la velocità della conduzione nervosa aumenta di 2,4 m/sec.

Spesso c'è una relazione inversa tra velocità d'esecuzione ed accuratezza del gesto, per cui si può ipotizzare che l'accuratezza presenti il suo nadir (valore minimo) nelle prime ore della sera. È importante perciò considerare se la specialità richiede maggior velocità di reazione e/o accuratezza di esecuzione.

Salti e lanci in cui è di primaria importanza la corretta esecuzione del gesto sono probabilmente meglio eseguiti quando il livello di attivazione è basso (nelle prime ore del mattino).

Anche i processi mentali e la memoria a breve termine presentano il loro zenith nelle prime ore del mattino, ciò è importante soprattutto per gli sport di squadra dove vengono messe a punto tattiche e schemi di gioco.

Il ritmo circadiano della prestazione psicomotoria presenta un declino nelle ore postprandiali e a ciò si può associare il calo di prestazione che si realizza nel primo pomeriggio; il peggioramento si mantiene indipendentemente dal valore della temperatura corporea e dalla presenza o meno del pasto.

MOBILITÀ E RIGIDITÀ ARTICOLARE

La mobilità articolare intesa come range di movimento presenta per un'ampia gamma di movimenti una variabilità di tipo circadiano. Secondo Gifford l'ampiezza del ritmo è del 20% rispetto al valore medio (con una notevole differenza tra individui) e lo zenith si registra tra le ore 12 e le ore 24.

L'andamento della rigidità articolare del ginocchio è simile a quello della temperatura corporea, cioè è

minore nelle prime ore della sera quando la temperatura raggiunge i valori più alti. Bisogna comunque tener presente che tale ritmo non è influenzato solo da fattori endogeni ma soprattutto da fattori esogeni primo fra tutti il livello di attività fisica eseguita.

FORZA MUSCOLARE

Indipendentemente dal gruppo muscolare valutato e dalla velocità di contrazione, la forza presenta il suo massimo nelle prime ore della sera, con un andamento simile a quello della temperatura corporea e con un'ampiezza del 6% circa. Il ritmo è in parte regolato da fattori endogeni visto che persiste anche in condizioni di privazione del sonno, ed in caso di alterazione del ritmo sonno-veglia si modifica lievemente.

La misura della forza isometrica dei muscoli estensori del ginocchio mostra due picchi: il primo al termine del mattino, il secondo nel tardo pomeriggio e nelle prime ore della sera. Nel periodo di tempo che intercorre tra i due picchi si ha un declino della forza.

Anche le misure effettuate durante contrazione concentrica ed eccentrica presentano lo stesso andamento.

POTENZA ESPLOSIVA

Hill e Smith, utilizzando il Wingate test ed effettuando 4 misurazioni al giorno (ore 3.00 - 9.00 - 15.00 - 21.00), hanno rilevato un picco di potenza massima più ampio dell'8% nelle ore serali rispetto a quello registrato nelle prime ore del mattino (3.00). Un andamento simile è stato rilevato anche per la potenza media, mentre altri Autori non hanno evidenziato una differenza così marcata.

Una possibile causa di tali discrepanze va ricercata nelle differenti metodologie di studio (tipo di riscaldamento, tipo di strumentazione, tipo di test etc).

Nel caso dell'atleta d'élite, occorre innanzitutto chiedersi: l'allenamento (in particolare per quanto riguarda volume ed intensità) può influenzare i ritmi circadiani sino ad ora considerati?

Gli studi eseguiti hanno evidenziato una notevole variabilità, per cui alcuni ritmi sembrano mantenersi, altri sembrano modificarsi in ampiezza.

TEMPERATURA CORPOREA

Con l'esercizio si ha un aumento della temperatura rettale ma tale incremento non risente delle variazioni circadiane. Lo zenit e l'ampiezza del ritmo della temperatura non cambiano durante l'esercizio sia esso submassimale che massimale.

PARAMETRI CARDIOCIRCOLATORI

Gli studi eseguiti mostrano risultati contrastanti per ciò che riguarda le variazioni di ritmo della *frequenza cardiaca*. In alcuni casi (Choen, 1980) la frequenza massimale non presenta ritmicità, in altri presenta ritmo di tipo circadiano con nadir nelle ore notturne (Wahlberg e Åstrand 1973, Cohen e Muehl 1977), in altri mantiene il ritmo rilevato a riposo ma con minore ampiezza (Reilly e al. 1984, Reilly e Brooks 1990, Hill 1996). Altri autori hanno rilevato solo una ampiezza maggiore dopo privazione parziale di sonno. La difficoltà nel determinare durante l'esercizio le variazioni di ritmo della frequenza cardiaca sono probabilmente legate ai diversi fattori che la influenzano: metabolici, termici, nervosi etc. Per quanto riguarda la pressione solo quella diastolica sembra presentare una ritmicità di tipo circadiano con acrofase tra le ore 00 e le ore 2 (Cabri e al. 1988).

PARAMETRI VENTILATORI

La *ventilazione* (VE) in risposta all'esercizio mantiene la ritmicità presente in condizioni di base con un aumento dell'ampiezza del 20-40% (Reilly e Brooks). In seguito a privazione parziale di sonno si registra un aumento di VE sia in condizioni di esercizio submassimale che massimale.

PARAMETRI METABOLICI

Anche per quanto riguarda le variazioni circadiane del metabolismo aerobico (submassimale e massimale) i risultati non sono concordati.

Per quanto riguarda carichi submassimali e massimali, il VO₂ secondo alcuni Autori (Horne e Pettit

1984, Reilly e Brooks 1982, Burgon 1992) non presenta modificazioni significative; secondo altri (Faria e Drummond 1982, Deschenes 1998, Hill 1996) si riscontrano variazioni circadiane con valori massimi nel pomeriggio (maggiori del 4-10%).

Il VO₂ max inoltre sembra essere condizionato dalla *privazione parziale del sonno* che lo riduce significativamente (Mougin 1991).

La percezione dell'intensità dell'esercizio (RPE) secondo alcuni (Deschenes 1998, Reilly 1984, Faria e Drummond 1982), non è influenzata dalle ore del giorno né in condizioni submassimali né in condizioni massimali; secondo altri (Reilly e al. 1982, 1983), presenta ritmicità con picco nelle prime ore del pomeriggio.

Il quoziente respiratorio (R, ossia il rapporto tra anidride carbonica prodotta ed ossigeno consumato, indicativo del rapporto tra carboidrati e grassi utilizzati) mostra un ritmo circadiano a riposo e in condizioni submassimali: zenith alle ore 8 e nadir alle ore 16 (Deschenes 1998).

In condizioni di esercizio massimale il quoziente respiratorio non presenta ritmicità (Hill 1996).

Per quanto riguarda il metabolismo anaerobico, la concentrazione plasmatica di *lattato* mostra a riposo un ritmo simile a quello del quoziente respiratorio; l'ampiezza è però così piccola da non poter attribuire ad esso un significato fisiologico.

In condizioni massimali il lattato tende a modificare la propria ritmicità: lo zenith non è più alle 8.00 ma alle 20.00 (Hill 1992, Reilly e Baxter 1983, Deschenes 1998).

Il lattato plasmatico varia anche in seguito a privazione parziale del sonno: concentrazioni più elevate si rilevano sia in condizioni di esercizio submassimale che di esercizio massimale (Mougin 1991), probabilmente per una maggiore attivazione adrenergica.

Per quanto concerne le catecolamine, solo la nora-drenalina (NA) presenta in condizioni massimali una ritmicità statisticamente significativa con zenith nel tardo pomeriggio.

Avendo le catecolamine un'azione inotropa positiva e stimolando la glicogenolisi nel muscolo scheletrico,

le variazioni di NA, pressione sistolica e concentrazione di lattato sono consensuali (Hedge e al. 1987).

SPORT DI RESISTENZA

Gli studi eseguiti da Hessemer (1984) e Atkinson e Reilly (1995) sembrano sostenere l'ipotesi secondo cui la performance nell'atleta di endurance (fondisti e maratoneti) migliora se la temperatura corporea è mantenuta più bassa.

Hessemer (1984) ha evidenziato come la riduzione della temperatura corporea corrispondente all'ampiezza del ritmo circadiano (0,5-0,8°C) un'ora prima di un test submassimale, si associa ad un significativo aumento del carico di lavoro.

Atkinson e Reilly (1995) hanno evidenziato una significativa correlazione tra il carico di lavoro sostenuto dagli atleti durante 80 min. di esercizio sotto-massimale ed il periodo del giorno. Alla sera, quando la temperatura corporea raggiunge i valori più elevati, il carico di lavoro scelto dai soggetti è inizialmente più elevato, ma diminuisce significativamente dopo 50-60 minuti. Al contrario al mattino si registra un progressivo incremento del carico di lavoro scelto dal soggetto, proporzionale all'incremento della temperatura corporea, che si mantiene stabile negli ultimi 20-30 minuti.

SPORT DI VELOCITÀ

La performance sembra essere sensibile a piccole *variazioni del ciclo sonno-veglia ed all'orario dei pasti*. Nelle specialità di velocità essa presenta un andamento di tipo non sinusoidale con incremento nelle prime ore del giorno fino alle ore 13, calo post-prandiale, che raggiunge valori minimi intorno alle ore 15, ed incremento successivo con nuovo picco intorno alle ore 19.

Un aspetto di ordine pratico molto importante è che anticipando di 2 ore il risveglio e l'ora dei pasti si modifica di conseguenza anche la curva di performance ed il picco serale si registra con circa due ore di anticipo (alle ore 17 invece che alle ore 19) (Javierre 1995).

L'ALLENAMENTO

L'efficacia di un programma di allenamento può essere associata all'orario del giorno in cui l'atleta è abituato a lavorare (a maggior intensità) e/o all'orario del giorno in cui l'atleta gareggia.

Per ciò che riguarda l'orario in cui l'atleta è abituato ad allenarsi intensamente, alcuni Autori hanno evidenziato un ritmo circadiano anche nella scelta soggettiva del carico di lavoro con zenith nel pomeriggio-sera e ampiezza di circa il 7% (Atkinson e Reilly 1995, Coldwells et al. 1993).

Considerando che anche gli atleti sono influenzati nei loro ritmi dai fattori esterni, svolgere l'allenamento intenso al mattino per almeno 2-3 settimane induce una variazione del ritmo circadiano, con la possibilità ad esempio di evitare la riduzione di prestazione che si osserva al mattino.

Gli studi inerenti l'efficacia dei programmi di allenamento di endurance in funzione dell'orario di svolgimento, pur in assenza di conclusioni univoci, sembrano suggerire che l'allenamento aerobico è più efficace se eseguito nel primo pomeriggio (Torii et al. 1992).

Per quanto riguarda invece le specialità di potenza, l'incremento della forza muscolare sembra essere maggiore se l'allenamento viene svolto nel tardo pomeriggio rispetto al mattino; una delle possibili spiegazioni potrebbe essere il livello plasmatico significativamente più elevato del testosterone e dell'ormone della crescita registrato al termine dell'allenamento serale rispetto a quello del mattino (a parità ovviamente di carico di lavoro).

Il Jet Lag

Il Jet Lag può essere definito come la sensazione di disorientamento cui va incontro l'organismo nel rapido attraversamento di numerosi fusi orari (tipicamente legato ai viaggi aerei transmeridiani), dovuto principalmente alla desincronizzazione dei ritmi biologici dell'organismo.

In seguito all'attraversamento di numerosi meridiani, il nostro organismo inizialmente conserva le caratteristiche del punto di partenza, ma il nuovo ambiente esterno ed in particolare il ciclo giorno-notte provoca una desincronizzazione esterna dei ritmi circadiani abituali, forzando il nostro organismo ad adattarsi alla nuova situazione.

Contemporaneamente, si instaura una desincronizzazione interna da attribuirsi alla diversa inerzia adattativa delle funzioni dell'organismo che determina la cosiddetta "sindrome da disadattamento circadiano" con disturbi del sonno, sensazione di stanchezza, facile affaticabilità, problemi gastro-intestinali, alterazione del tono dell'umore, irritabilità, difficoltà di concentrazione.

Mentre variazioni di fuso sino a due ore non comportano disturbi rilevanti, oltre le tre ore iniziano a manifestarsi i sintomi del jet lag e tale sintomatologia aumenta proporzionalmente alla differenza del fuso orario.

I sintomi del jet lag che seguono ai viaggi aerei transmeridiani sono ben documentati in letteratura (gli equipaggi delle compagnie aeree ad esempio, riferiscono disturbi del sonno la prima notte nel 60-70% dei casi, e nel 30% al terzo giorno) e ciò ha indotto molti Autori a ritenere che il jet lag possa influenzare negativamente anche le prestazioni atletiche, anche se questa conclusione non è condivisa da tutti i ricercatori.

La direzione del viaggio influenza la severità e la durata del jet lag; infatti negli spostamenti aerei verso occidente la sintomatologia regredisce più velocemente rispetto ai viaggi verso oriente.

Klein e Wegmann hanno calcolato che sono necessari circa 3 giorni per resincronizzare a livello psicomotorio i ritmi dopo un viaggio aereo dalla Germania agli Stati Uniti, mentre sono necessari circa 8 giorni per viaggi in direzione opposta.

Questo è in relazione al fatto che il periodo naturale dei ritmi circadiani del nostro organismo è maggiore di 24 ore (circa 27 ore), e quindi ogni ritmo si adatta più rapidamente alle variazioni se il suo ciclo è allungato piuttosto che ridotto.

Naturalmente variazioni di fuso intorno alle 12 ore, non comportano più differenze tra est ed ovest.



Non sembra esserci relazione tra la frequenza degli spostamenti e la sintomatologia del jet lag: una scarsa sintomatologia in occasione di un viaggio non garantisce lo stesso risultato in un successivo ritorno.

La severità dei sintomi non è mai immediata all'arrivo ma si manifesta dopo 2-3 giorni circa.

Generalmente possiamo affermare che per un completo adattamento necessita circa 1 giorno per ogni ora di fuso attraversato, anche se per quanto riguarda la capacità di prestazione, il periodo necessario può essere anche più lungo (ovviamente le differenze individuali sono molto importanti).

Per cercare di ridurre il più possibile il tempo di adattamento è fondamentale sincronizzare immediatamente i fattori esterni (allenamento/riposo, giorno/notte, pasti, abitudini di vita etc.) al nuovo ambiente.

Cosa possiamo fare per ridurre la sintomatologia del jet lag e favorire un rapido adattamento?

PRIMA DELLA PARTENZA

Preadattamento: è possibile regolare il sonno e la veglia in funzione del luogo di destinazione (ossia in avanti o in dietro) ma non oltre le 2 ore; oltre le due ore viene a desincronizzarsi il ritmo naturale (dettato principalmente dalla luce solare) e iniziano a comparire i primi disturbi.

DURANTE IL VIAGGIO

Appena iniziato il viaggio regolare l'orologio sull'ora locale di destinazione, in modo da iniziare a regolare le proprie abitudini (pasti, attività mentale, sonno etc).

Ricordarsi che in aereo per favorire il sonno è consigliabile una cena leggera a base di carboidrati (i quali attraverso un complesso meccanismo inducono la produzione di serotonina, ormone che tra le varie funzioni regola anche il sonno) e vanno evitati

caffè (stimolante) e gli alcolici (azione diuretica). Durante il viaggio nelle ore di veglia cercare di evitare la posizione immobile per lungo tempo; cercare di camminare quando possibile e, da seduti, eseguire alcuni esercizi isometrici e di stretching.

Evitare l'uso di farmaci ipnotici (benzodiazepine) in quanto potrebbero influenzare successivamente (in maniera negativa) la performance motoria.

Tra i farmaci, buoni risultati nella riduzione della sintomatologia del jet lag e nel miglioramento della qualità del sonno sono stati ottenuti con l'utilizzo della melatonina.

ALL'ARRIVO

È fondamentale sincronizzarsi immediatamente con il nuovo ambiente; l'esposizione alla luce solare è il fattore più importante.

Una lieve attività fisica all'arrivo favorisce il riposo/sonno successivo e velocizza il processo di adattamento.

L'attività fisica sembra essere il più importante resincronizzatore dei bioritmi nell'atleta, ma occorre evitare nei primi 5-6 giorni carichi di lavoro elevati sia per intensità che per volume.

Evitare nei primi giorni il "sonnellino" indotto dal precedente fuso orario; se possibile esporsi alla luce solare ed essere mentalmente attivi (se necessario utilizzare stimolanti come caffè e thé).

Cercare di riprendere velocemente le usuali abitudini di vita.

Un'ulteriore strategia è rappresentata dall'uso della *fototerapia*, mediante una luce brillante di determinata intensità e durata (essendo la luce il principale sincronizzatore ambientale); nonostante i numerosi studi apparsi in letteratura è ancora lontana una realizzazione pratica e ben codificata della fototerapia. Attualmente l'utilizzo della melatonina (ormone prodotto dall'epifisi) sembra essere la terapia farmacologica più efficace per ridurre principalmente i disturbi del sonno e favorire la resincronizzazione dell'orologio biologico; la melatonina però non è permessa in molti paesi europei, anche se è liberamente venduta come integratore alimentare negli Stati Uniti (viene consigliata la somministrazione di 2-3 mg nel pomeriggio o alla sera durante i viaggi verso est e durante la notte o al primo mattino nei voli verso ovest).

Gli studi più recenti sembrano indicare come in un prossimo futuro l'uso di melatonina combinata all'esposizione alla luce brillante, potrà dare risultati ancora più soddisfacenti.

In conclusione, in considerazione della complessità dei fenomeni legati all'influenza della cronobiologia e del jet lag sull'attività fisica, possiamo affermare che l'osservazione di poche ma importanti regole, il buon senso, e soprattutto l'esperienza individuale (saper ascoltare i segnali che invia il proprio organismo è una dote importantissima) costituiscono le principali armi per ridurre i disagi indotti dalle variazioni dei ritmi circadiani.

Bibliografia

Arendt J. (1992), *The pineal*. In: Touitou Y., Haus E., editors. *Biological Rhythms in clinical and laboratory medicine*. Berlin: Springer-Verlag, 348-62.

Aschoff J. (1965), Circadian rhythms in man. *Science*, 48: 1427-32.

Atkinson G., Codwells A., Reilly T., et al. (1993), *Circadian rhythmicity in self-chosen work-rate*. In: Gutenbrunner C., Hildebrandt G., Moog R., editors. *Chronobiology and chronomedicine*. Ba-

sic research and applications. Frankfurt am Main: Peter Lang-Verlag, 478-484.

Atkinson G., Reilly T. (1996), Circadian variation in sport performance. *Sports Med.*, Apr. 21(4), 292-312.

Atkinson G., Reilly T. (1995), Effects of age and time of day preferred work-rates during prolonged exercise. *Chronobiol. Int.*, 12: 121-9.

Atkinson G. (1994), *Effects of age on human circadian rhythms in physiological and performance measures* [thesis]. Liverpool: John Moores University.

- Baumgart P., Walger P., Fuchs G., et al. (1989), Twenty-four hour blood pressure is not dependent on endogenous circadian rhythm. *J. Hypertens.*, 7: 331-4.
- Burgoon P.W., Holland G.J. et al. (1992), A comparison of morning and evening "types" during maximum exercise. *J. Appl. Sport Sci. Res.*, 6: 115-9.
- Cabri J., Claris J.P. et al. (1988), Circadian variation in blood pressure responses to muscular exercise. *Ergonomics*, 31: 1559-66.
- Cohen C.J. (1980), Human circadian rhythms in heart rate response to a maximal exercise stress. *Ergonomics*, 23: 591-595.
- Cohen C.J., Muel G.E. (1977), Human circadian rhythms in resting and exercise pulse rates. *Ergonomics*, 20: 475-9.
- Coldwells A., Atkinson G., Reilly T., et al. (1993), Self-chosen work-rate determines day-night differences in work capacity. *Ergonomics*, 36: 313.
- Deschenes M.R., Sharma J.V. et al. (1998), Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 77: 249-256.
- Down A., Reilly T., Parry-Billings M. (1985), Time of day and performance of the Wingate Anaerobic Test. *J. Sports Sci.*, 3: 214.
- Faria I.E., Drummond B.J. (1982), Circadian changes in resting heart rate and body temperature, maximal oxygen consumption and perceived exertion. *Ergonomics*, 25: 381-6.
- Gaultier C., Reinberg A., Girard F. (1977), Circadian rhythm in lung resistance and dynamic lung compliance of healthy children. Effect of two bronchodilatators. *Respir. Physiol.*, 31: 169-82.
- Gifford L.S. (1987), Circadian variation in human flexibility and grip strength. *Aust. J. Physiotherapy*, 33: 3-9.
- Goo R.H., Moore J.G., Greenberg E., et al. (1987), Circadian variation in gastric emptying of meals in man. *Gastroenterology*, 93: 515-8.
- Halberg F., Vallbona C., Dietlin L.F. (1970), Human circadian circulatory rhythms during weightlessness in extraterrestrial flight or bedrest with and without exercise. *Space Life Sci.*, 2: 18-32.
- Hedge G.A., Colby H.D., Goodman R.L. (1987), *Clinical endocrine physiology*. Saunders, Philadelphia, pp. 297-315.
- Hessemer V., Langusch D., Bruck K., et al. (1984), Effects of slightly lowered body temperature on endurance performance in humans. *J. Appl. Physiol.*, 57: 1731-7.
- Hill D.W. (1996), Effect of time of day on aerobic power in exhaustive high-intensity exercise. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 36: 155-60.
- Hill D.W., Borden D.O., Darnaby K.M., et al. (1992), Effect of time of day on aerobic and anaerobic responses to high intensity exercise. *Can. J. Sports Sci.*, 17: 316-9.
- Hill D.W., Cureton K.J., Collins M.A., Grisham S.C. (1989), Diurnal variations in responses to exercise of "morning types" and "evening types". *J. Sport Med. Phys. Fitness*, 28: 213-9.
- Hill D.W., Smith J.C. (1991), Circadian rhythm in anaerobic power and capacity. *Can. J. Sports Sci.*, 16: 30-2.
- Howley E.T. (1976), The effect of different intensities of exercise on the excretion of epinephrine and norepinephrine. *Med. Sci. Sports*, 8: 219-224.
- Horne J.A., Pettit A.N. (1984), Sleep deprivation and the physiological responses to exercise under steady state conditions in untrained subjects. *Sleep*, 7: 168-79.
- Javierre C., Calvo M., Diez A., Garrido E., Segura R., Ventura J.L. (1996), Influence of sleep and meal schedules on performance peaks in competitive sprinters. *Int. J. Sports Med.*, 17: 404-408.
- Jehue R., Treet D., Huizenga R. (1993), Effect of time zone and game time changes on team performance: National Football League. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25 (1): 127-131.
- Kleitman N. (1963), *Sleep and wakefulness*. Chicago: University of Chicago Press.
- Manfredini R., Manfredini F., Fersini C., Conconi F. (1998), Circadian rhythms athletic performance and jet lag. *Br. J. Sports Med.*, 32: 101-106.
- Minors D., Waterhouse J. (1981), *Circadian rhythms and the human*. London: Wright PSG.
- Monk T.H., Leng V.C. (1982), Time of day effects in simple repetitive tasks: some possible mechanisms. *Acta Psychol. (Amst)*, 51: 207-21.
- Monk T.H. (1992), *Chronobiology of mental performance*. In: Touitou Y., Haus E., editors. Biologi-

- cal Rhythms in clinical and laboratory medicine. Berlin: Springer-Verlag, 1992; 208-13.
- Mougin F., Simon-Rigaud M.L., Davenne D., et al. (1991), Effects of sleep disturbances on subsequent physical performance. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 63: 77-82.
- Ralph M.R., Foster R.G., Davis F.C. et al. (1990), Transplanted suprachiasmatic nucleus determines circadian period. *Science*, 247: 975-8.
- Reilly T. (1990), Human circadian rhythms and exercise. *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, 18: 165-80.
- Reilly T., Baxter C. (1983), Influence of time of day on reactions to cycling at a fixed high intensity. *Br. J. Sports Med.*, 17: 128-30.
- Reilly T., Brooks G.A. (1986), Exercise and the circadian variation in body temperature measures. *Int. J. Sports Med.*, 7: 358-62.
- Reilly T., Brooks G.A. (1990), Selective persistence of circadian rhythms in physiological responses to exercise. *Chronobiol. Int.*, 7: 59-67.
- Reilly T., Down A. (1992), Investigation of circadian rhythms in anaerobic power and capacity of the legs. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 33: 343-7.
- Reilly T., Down A. (1986), *Time of day and performance on all-out arm ergometry*. In Reilly T., Watkins J., Borms J., editors. Kin-anthropometry III. London: E and FN Spon, 296-300.
- Reilly T., Marshall S. (1991), Circadian rhythms in power output on a swim bench. *J. Swim. Res.*, 7: 11-13.
- Reilly T., Tyrrell A., Troup J.D.G. (1984), Circadian variation in human stature. *Chronobiol. Int.*, 1: 121-6.
- Reilly T., Young K., Seddon R. (1983), Investigation of biorhythms in female athletic performance. *Appl. Ergon.*, 14: 215-7.
- Reinberg A., Motohashi Y., Bordeleau P., et al. (1988), Alteration of period and amplitude of circadian rhythms in shift workers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 57: 15-25.
- Robertson W.G., Hodgkinson A., Marshall D.H. (1977), Seasonal variation in the composition of urine from normal subjects: a longitudinal study. *Clin. Chim. Acta*, 80: 347-53.
- Sinnerton S., Reilly T. (1992), *Effects of sleep loss and time of day in swimmers*. In: Maclarens D., Reilly T., Lees A., editors. Biomechanics and medicine in swimming: Swimming science VI. London: E and FN Spon, 399-405.
- Torii J., Shinkai S., Hino S., et al. (1992), Effect of time of day on adaptive response to a 4-week aerobic exercise program. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 32: 79-92.
- Touitou Y., Touitou C., Bogdan, et al. (1989), Circadian and seasonal variations of electrolytes in ageing humans. *Clin. Chim. Acta*, 180: 245-54.
- Walberg I., Astrand I. (1973), Physical work capacity during the day and at night. *Work Environ. Health*, 10:65-8.
- Wever R. (1979), Influence of physical workload on free running circadian rhythms of man. *Pflugers Arch.*, 38: 119-26.
- Wilby J., Linge K., Reilly T., et al. (1987), Spinal shrinkage in females: circadian variation and the effects of circuit weight-training. *Ergonomics*, 30: 47-54.
- Winget C.M., DeRoshia C.W., Holley D.C. (1985), Circadian rhythm and athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17: 498-516.
- Wolf W. (1962), Rhythmic functions in living systems. *Ann. NY Acad. Sci.*, 98: 753-1326.
- Wright V., Davson D., Longfield M.D. (1969), Joint stiffness its Characterization and significance. *Biol. Med. Eng.*, 4: 8-14.
- Youngstedt, O'Connor P.J. (1998), The Influence of Air Travel on athletic performance. *Sports Med.*, sep 28 (3):197-207.
- Zulch K.J., Hossman V. (1967), 24-hour rhythm of human blood pressure. *Ger. Med. Monthly*, 12: 513-8.