

Capitolo 7

SISTEMI DI *BIOFEEDBACK* PER IL CONTROLLO POSTURALE

Daniele Giansanti

Centro Nazionale Tecnologie Innovative in Sanità Pubblica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Generalità sul biofeedback

Il *BioFeedBack* (BFB) è una tecnica che addestra nel controllo di funzioni biologiche, rilevandone l'attività e fornendone una rappresentazione visiva e/o uditiva e/o tattile in modo che il paziente impari facilmente a riconoscerle e a controllarle. In particolare, nella riabilitazione motoria, il BFB è uno strumento terapeutico finalizzato alla compensazione di deficit di natura sensoria e motoria mediante l'attivazione di canali sensoriali alternativi. Tale attivazione è stimolata da feedback provenienti in tempo reale dall'elaborazione del segnale fisiologico di controllo, scelto in riferimento allo specifico tipo di terapia necessaria al paziente.

Il meccanismo neurologico attivato dal BFB rimane tuttora da chiarire. Esistono a tuttora due ipotesi consolidate: la prima attribuisce al BFB la capacità di creare nuove connessioni sinaptiche, la seconda lo ritiene solo in grado di attivare sinapsi già esistenti, ma non utilizzate o sotto utilizzate.

Nella medicina riabilitativa il BFB è impiegato principalmente nella rieducazione motoria e nel rilassamento muscolare.

Alcune delle patologie in cui l'uso del BFB svolge un ruolo importante sono: ictus, lesione del midollo spinale, paralisi (cerebrale), sindrome da dolore patello-femorale, deficit del sistema vestibolare. Il BFB viene inoltre comunemente adoperato nella terapia post operatoria (per il rinforzo della muscolatura indebolita e per il rilassamento delle articolazioni contratte), nella cura del bruxismo, dell'incontinenza (con la rieducazione dei muscoli pelvici) e del dolore cronico (es. attraverso il rilassamento muscolare utilizzato nella cura della cervicale).

BFB nel controllo posturale

Il BFB risulta ampiamente utilizzato nelle terapie finalizzate al recupero del controllo posturale in pazienti con limitazioni motorie e problemi di equilibrio.

I sistemi utilizzati in questo ambito sono chiamati in inglese *Balance Prosthesis for Postural Control* (BPFPC). Il controllo della stabilità posturale è un processo che interessa il Sistema Nervoso Centrale (SNC), il sistema muscolo scheletrico e quello sensoriale. In particolare, negli adulti, l'SNC ottiene informazioni utili al controllo del bilanciamento posturale dal sistema somatosensoriale (70%), dal sistema vestibolare (20%) e dalla vista (10%). La stabilità posturale risulta compromessa quando la completezza e l'accuratezza di tali informazioni, che forniscono al SNC dati sull'orientamento del corpo e sul suo movimento, sono limitate da particolari patologie o dal naturale invecchiamento.

La perdita della funzione vestibolare, ad esempio, è dovuta a danni al nervo o agli organi vestibolari e può essere causata da una reazione tossica agli antibiotici (in particolare alla

gentamicina). Essa risulta correlata ad una scorretta acquisizione o trasmissione al SNC delle informazioni (accelerazioni lineari e angolari) relative al movimento della testa.

L'efficienza del sistema somatosensoriale può invece essere compromessa da neuropatie periferiche che comportino una perdita parziale delle informazioni provenienti dai muscoli, dalle articolazioni o dalla pelle, o un ritardo nella loro trasmissione. Tali neuropatie possono essere provocate da infezioni, alcolismo, carenze nutrizionali o dal naturale invecchiamento.

Quando un tipo di informazione (somatosensoriale, vestibolare, visiva) risulta sistematicamente carente (ad esempio, in presenza di una specifica patologia) si rende necessaria la sua compensazione; quest'ultima può avvenire mediante un'informazione supplementare fornita da fonti esterne (terapista, attrezzature di laboratorio, sensori) e tramite canali sensoriali alternativi a quelli usuali. L'informazione compensativa dunque, può essere fornita attraverso il BFB.

Il più comune sistema di BFB finora utilizzato per migliorare la stabilità posturale è quello visivo, in inglese *Visual Biofeedback* (VBF) (1), che fornisce come segnale fisiologico di controllo per il paziente la visualizzazione su monitor dei movimenti del suo centro di pressione, in inglese, *Centre Of Pressure* (COP). Tale tipo di BFB è stato adoperato sin dagli anni '70, con ottimi risultati nella riabilitazione dei pazienti emiplegici e in quelli colpiti da ictus. Tuttavia questo tipo di BFB necessita di apparecchi generalmente costosi e ingombranti, il cui utilizzo è spesso limitato alle cliniche e ai laboratori.

L'audio biofeedback, in inglese *Audio Biofeedback* (ABF) ha ricevuto inizialmente meno attenzione del VBF; nelle prime sperimentazioni inoltre il feedback uditivo era costituito da un semplice segnale di allarme il cui contenuto informativo si sommava spesso a quello video. Negli ultimi anni tuttavia, c'è stato un aumento di interesse verso l'ABF grazie alla possibilità di utilizzare accelerometri e giroscopi di ultima generazione.

Questi dispositivi infatti, possono essere assemblati in sensori capaci di fornire informazioni sulla posizione del paziente con un grado di accuratezza (2-4) comparabile a quello delle pedane dinamometriche, come è stato dimostrato dall'analisi di correlazione tra le accelerazioni del tronco, acquisite dai sensori, e i dati sugli spostamenti del COP, desunti invece dalle piattaforme.

La rappresentazione visiva del COP può dunque essere sostituita dal feedback uditivo delle accelerazioni del tronco del paziente, ovvero del suo centro di massa, in inglese *Centre of Mass* (COM). Quest'ultimo rappresenta infatti un parametro di controllo posturale altrettanto significativo rispetto al COP, ma acquisibile più facilmente, senza dover ricorrere all'utilizzo di una pedana dinamometrica.

L'ABF permette dunque, rispetto al BFB visivo, di utilizzare apparecchi più semplici, meno costosi, e soprattutto portatili, ovvero utilizzabili anche durante le normali attività quotidiane e non solo in strutture cliniche o laboratori specializzati.

BFB di tipo vibro-tattile, in inglese *VibroTactile Biofeedback* (VTBF) sono stati invece utilizzati ad esempio da Wall *et al.* (5-6), dimostrando come anche questo tipo di BFB sia in grado di migliorare l'equilibrio di pazienti sani e vestibolari. Il feedback vibrotattile utilizza, come quello uditivo, solo dei semplici sensori inerziali e non necessita di monitor ingombranti o costose pedane dinamometriche; tuttavia codifica potenzialmente meno informazioni di quello visivo, e risulta di comprensione meno intuitiva.

Attualmente pertanto i BPFPC usano maggiormente sensori di tipo inerziale quali gli accelerometri per misurare i parametri cinematici dell'inclinazione del tronco e tre diverse tipologie di BFB: VTBF, ABF, VBF.

Gli accelerometri sono indossati dai soggetti per misurare le accelerazioni e/o le angolazioni del tronco (7-8), dato che, essendo questi sensori sensibili all'accelerazione di gravità **g** funzionano come degli inclinometri quando l'inclinazione del loro asse varia rispetto alla verticale terrestre.

In Figura 1 è rappresentato uno di questi sensori (7-8) utilizzati in applicazioni di ABF come ad esempio in (2-3) dove sono visibili gli accelerometri. I sensori di velocità angolare sono stati utilizzati per la stima di misure di dispendio energetico durante le misure cliniche in task posturali e correlabili al rischio di caduta (3). Tale sensore è stato pure utilizzato in un'applicazione riportata nel capitolo 9 dedicata alla valutazione dell'inclinazione del collo durante l'utilizzo di una applicazione per smartphone per la prevenzione del *text-neck* (9), una nuova sindrome da abuso di tecnologie smartphone che sta principalmente coinvolgendo i giovani utilizzatori.

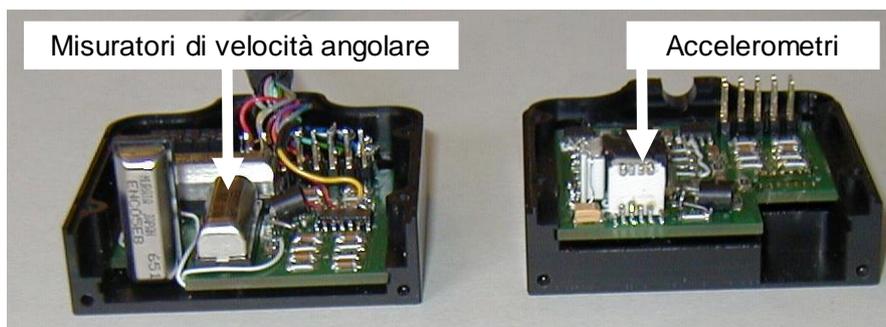


Figura 1. Dispositivo per la misura delle angolazioni del tronco (in evidenza gli accelerometri e i misuratori di velocità angolare)

La Figura 2 riassume per grandi linee le componenti di base di un BPFBC. Dopo la misura dell'accelerazione e/o inclinazione con gli accelerometri, l'informazione viene elaborata e processata opportunamente per il sistema BFB selezionato. Si evidenzia che la misura della risposta clinica del soggetto al trattamento con BFB può essere effettuata anche tramite uno strumento di misura terzo (ad esempio una pedana dinamometrica).

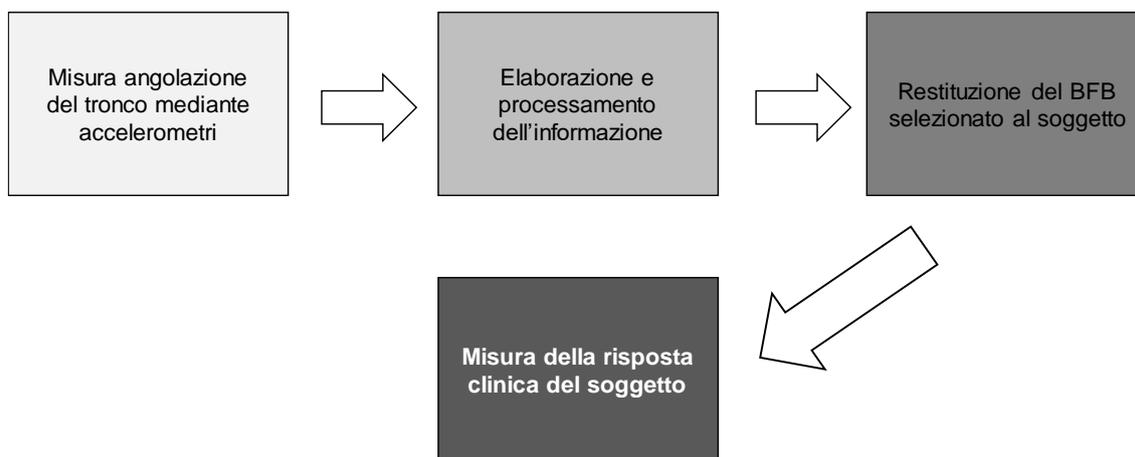


Figura 2. Componenti di base di un sistema BPFBC

Bibliografia

1. Dozza M, Chiari L, Hlavacka F, Cappello A, Horak FB. Effects of linear versus sigmoid coding of visual or audio biofeedback for the control of upright stance. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2006;14:505-12.
2. Chiari L, Dozza M, Cappello A, Horak FB, Macellari V, Giansanti D. Audio-biofeedback for balance improvement: an accelerometry-based system. *IEEE Trans Biomed Eng* 2005; 52:2108-11.
3. Giansanti D, Dozza M, Chiari L, Maccioni G, Cappello A. Energetic assessment of trunk postural modifications induced by a wearable audio-biofeedback system. *Med Eng Phys* 2009;31:48-54.
4. Hegeman J, Honegger F, Kupper M, Allum JH. The balance control of bilateral peripheral vestibular loss subjects and its improvement with auditory prosthetic feedback. *J Vestib Res* 2005;15:109-17
5. Wall C III, Weinberg MS, Schmidt PB, Krebs DE. Balance prosthesis based on micromechanical sensors using vibrotactile feedback of tilt. *IEEE Trans Biomed Eng* 2001;48:1153-61.
6. Kentala E, Vivas J, Wall, C III. Reduction of postural sway by use of a vibrotactile balance prosthesis prototype in subjects with vestibular deficits. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2003;112(5):404-9.
7. Giansanti D, Maccioni G. Comparison of three different kinematic sensor assemblies for locomotion study. *Physiol Meas* 2005;26:689-705.
8. Giansanti D, Maccioni G, Macellari V. The development and test of a device for the reconstruction of 3-D position and orientation by means of a kinematic sensor assembly with rate gyroscopes and accelerometers. *IEEE Trans Biomed Eng* 2005;52:1271-7.
9. Cuéllar JM, Lanman TH. "Text neck": an epidemic of the modern era of cell phones? *Spine J* 2017;17(6):901-2.