

Capitolo 3

CONTAPASSI E DISABILITÀ

Giovanni Maccioni, Daniele Giansanti

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

Contapassi tradizionali

Un movimento moderato è un importante aiuto per la prevenzione di patologie serie come l'obesità, il diabete, le patologie cardiovascolari e, più generalmente per la prevenzione della degenerazione dell'apparato muscolo-scheletrico. Questo convincimento è stato il volano per la progettazione di sistemi semplici e indossabili da utilizzare per il conteggio dei passi, che rappresenta un indice importante dell'attività motoria. Il cosiddetto pedometro o contapassi è oggetto di attenzione tecnologica da parte di numerose industrie proprio con questo fine. Uno dei meccanismi più semplici su cui si basa è di tipo mecatronico; una piccola leva durante il cammino oscilla verticalmente o orizzontalmente a causa delle sollecitazioni dovute al cammino colpendo un opportuno sensore elettronico miniaturizzato. Il numero dei colpi si fa coincidere con il numero dei passi. In genere il pedometro si indossa al livello della cinta, sul fianco destro o sinistro sul polso, sulla caviglia o addirittura internamente alla scarpa. La letteratura mostra un ampio utilizzo di questi pedometri, per esempio, negli studi sulla prevenzione dell'obesità (1), negli studi di prevenzione cardiovascolare (2), nella cura del diabete (3) e nel monitoraggio dell'attività fisica in generale (4). Alcuni autori (5) hanno affrontato uno studio di validazione di 13 modelli di pedometri commerciali su individui sani che effettuano un numero elevato di passi (vicino a 10.000). I risultati hanno mostrato che molte di queste soluzioni commerciali hanno sottostimato il conteggio dei passi di circa il 25% e che molte altre hanno sovrastimato il conteggio dei passi di circa 45%. Keenan e Wilhelm hanno chiarito che i pedometri sono confusi dallo stile del movimento, che può variare in base alle patologie e alle applicazioni come nel caso della malattia del Parkinson (6). Tali studi (5-6) hanno mostrato importanti limiti dei pedometri commerciali. Inoltre, nostri studi preliminari è emerso che la maggior parte dei pedometri (in particolare i più economici) hanno seri limiti di interoperabilità con i tradizionali elaboratori; in breve, mentre è possibile visualizzare il dato relativo al conteggio dei passi sul display, nella maggior parte dei casi risulta impossibile estrarlo per scambiarlo con gli elaboratori tradizionali ad esempio per applicazioni telemediche o di teleriabilitazione. È possibile pertanto affermare che i pedometri commerciali soffrono di diversi limiti. Il primo limite è rappresentato dal fatto che nonostante i pedometri siano stati ampiamente usati, esistono aspetti importanti riguardo all'accuratezza che vanno sicuramente perfezionati. Il secondo è che la prestazione dei pedometri tradizionali degrada con l'aumentare del grado di disabilità del soggetto a causa dello stile del movimento che può confondere il pedometro. Il terzo riguarda l'interoperabilità con gli elaboratori in vista di connessioni su LAN e nella fornitura di parametri derivati.

Verso la progettazione di contapassi innovativi

I contapassi sviluppati specificatamente per il monitoraggio su soggetti con diversa disabilità motoria e in grado di superare i limiti sopra esposti dei contapassi commerciali potrebbero avere

un utile impiego in ambito riabilitazione motoria, per misure ripetitive, per il monitoraggio giornaliero e/o domiciliare eseguiti liberamente / in condizioni di test del cammino o in combinazione con strumenti meccanici di riabilitazione (scale, scivoli, percorsi con corrimano) da poter utilizzare sia in clinica che a casa in ambito teleriabilitativo. Presso l’Istituto Superiore di Sanità sono stati sviluppati due contapassi con questo obiettivo.

Contapassi basato sulla misura dell’espansione del gastrocnemio

È stato sviluppato un primo contapassi basato sulla misura dell’espansione del gastrocnemio (muscolo del polpaccio) durante il cammino. Tale contapassi viene fissato all’altezza del gastrocnemio, il numero dei passi è incrementato monitorando le espansioni del gastrocnemio. Tale contapassi è denominato *Gastrocnemius Expansion Measurement Unit* (GEMU) (8). Il cuore del contapassi è un sensore di forza resistivo, dall’inglese *Force Sensing Resistor* (FSR) che viene posizionato all’altezza del gastrocnemio. È disponibile in due modalità: telemetrica; e con dati scaricabili tramite seriale. Di seguito è illustrata la versione con i dati scaricabili da seriale. La Figura 1 (A-C) illustra per grandi linee i componenti: la cinghia “1”, il sensore “2”, e la posizione del FSR sotto una guaina di gomma “3”. La sezione (D) della Figura 1 indica il posizionamento sul gastrocnemio. La Figura 2 illustra per grandi linee le funzionalità elettroniche; si evidenzia il FSR alimentato, l’alimentazione, e il PIC con il convertitore A/D.

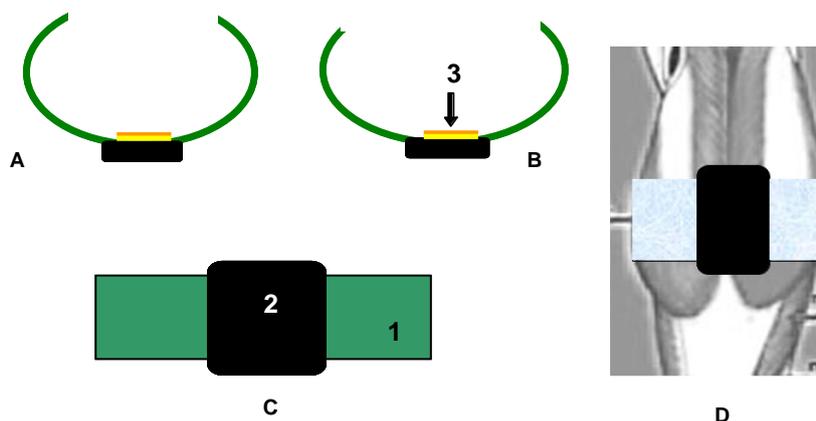


Figura 1. Il contapassi basato sull’espansione del gastrocnemio (GEMU): disegno e fissaggio

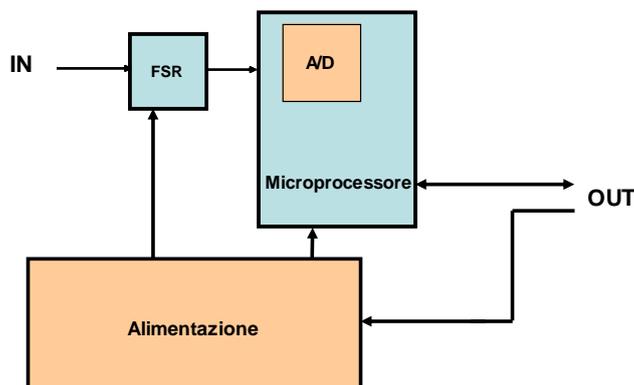


Figura 2. Contapassi basato sull’espansione del gastrocnemio (GEMU): funzionalità elettronica

La Figura 3 illustra i dettagli del posizionamento del FSR. La Figura 4 dettaglia la componentistica elettronica. La Figura 5 illustra il sensore completo di cinghia. La Figura 6 illustra il sensore sull'unità di ricarica.



Figura 3. Contapassi basato sull'espansione del gastrocnemio (GEMU): dettagli sul posizionamento dell'FSR



Figura 4. Il contapassi basato sull'espansione del gastrocnemio (GEMU): Componentistica



Figura 5. Contapassi basato sull'espansione del gastrocnemio (GEMU): sensore e cinghia



Figura 6. Contapassi basato sull'espansione del gastrocnemio (GEMU): sensore e unità per la ricarica

Contapassi integrato con ortesi talizzanti

È stato sviluppato un secondo contapassi integrabile su una molla di codivilla e/o ortesi commerciale di tipo talizzante. Tale contapassi si basa su due sensori di forza resistivi posizionati a livello del tallone e della punta del piede tramite una soletta. Tale sensore è denominato *Sensorized Codivilla Spring* (SECOSP) (9). È disponibile in due modalità: telemetrica e con dati scaricabili tramite seriale. Di seguito è illustrata la versione con i dati inviati telemetricamente. La Figura 7 illustra il posizionamento dei sensori FSR “1” e “2” e successivamente il montaggio delle solette su un'ortesi talizzante di tipo commerciale.

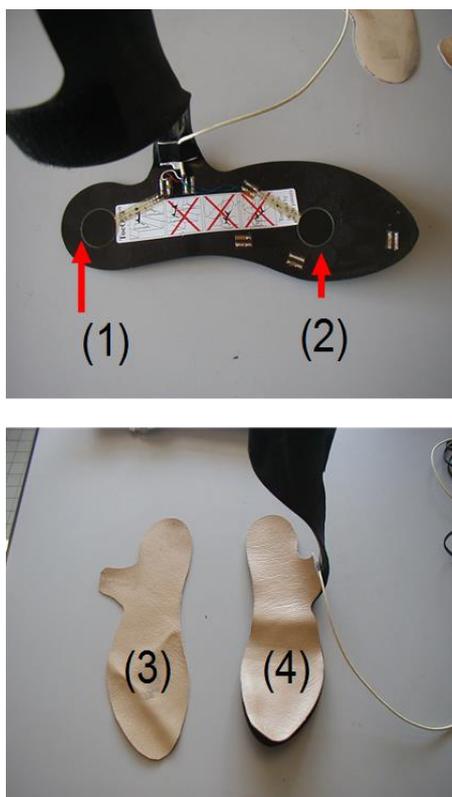


Figura 7. Contapassi SECOSP: posizionamento dei sensori FSR e della soletta

La Figura 8 illustra le componenti. La Figura 9 illustra per grandi linee le funzionalità elettroniche. La Figura 10 illustra le forme d'onda grezze provenienti dai sensori con tre diverse andature.

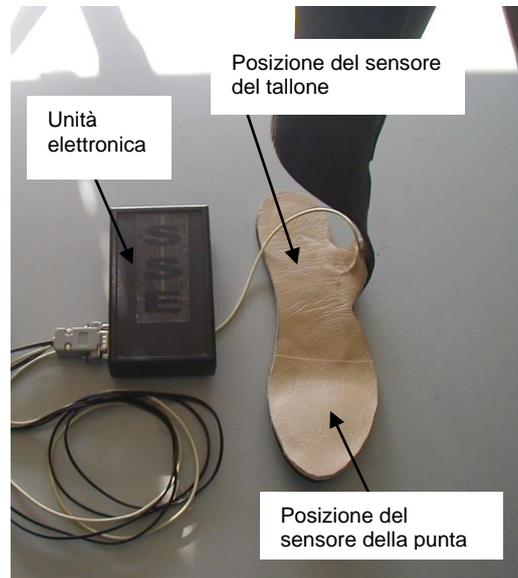


Figura 7. Contapassi SECOSP: componenti

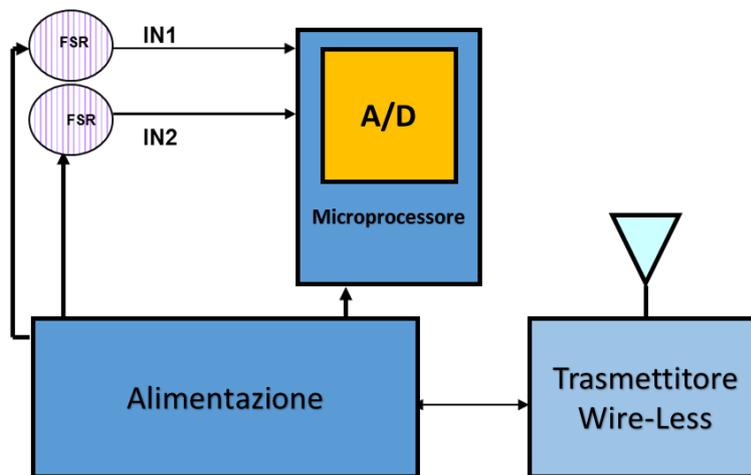


Figura 8. Contapassi SECOSP: funzionalità elettronica

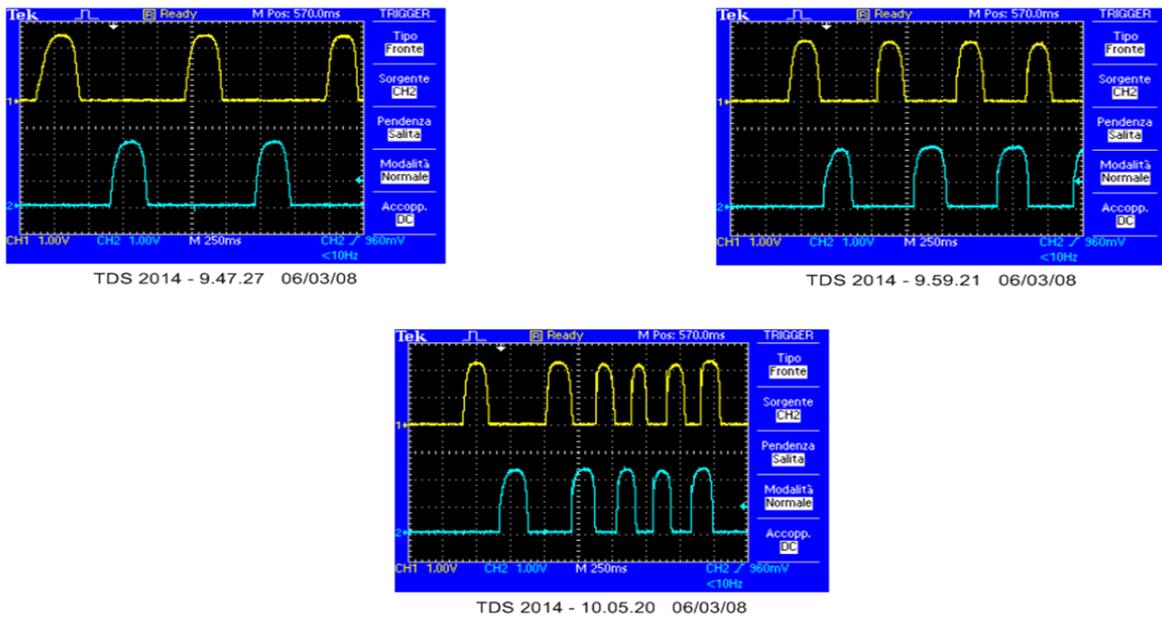


Figura 9. Contapassi SECOSP: forme d'onda a tre andature diverse (lenta/normale/veloce)

Ulteriori contapassi

Sono stati realizzati ulteriori contapassi per finalità scientifiche. Un contapassi basato su accelerometro triassiale è illustrato in Figura 10. Tale contapassi è ricavato a partire da sensore GEMU inserendo un accelerometro opportunamente protetto tramite un contenitore nella parte superiore dell'involucro del dispositivo elettronico (*case*) attraverso un connettore come illustrato nella Figura 11. Può essere posizionato in diversi segmenti della gamba o del braccio.



Figura 10. Contapassi basato su accelerometro per studi di comparazione

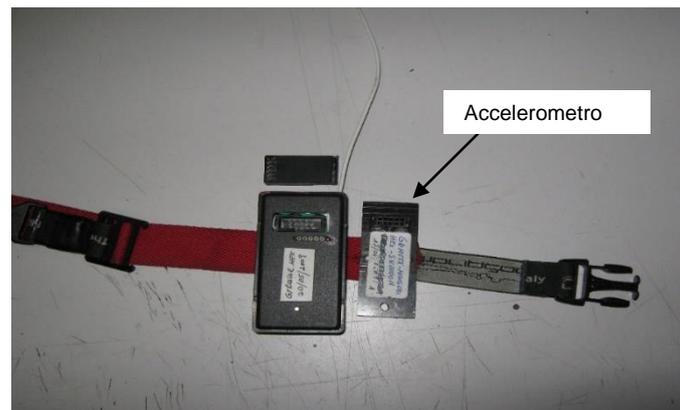


Figura 11. Contapassi basato su accelerometro: dettagli

È stato sviluppato anche un contapassi basato su un sensore di velocità angolare. Tale contapassi è una modifica del sensore denominato GEMU inserendo un sensore di velocità angolare opportunamente protetto tramite un contenitore nella parte superiore del *case* attraverso un connettore. Non si riportano le immagini poiché appare del tutto identico al precedente. Anche quest'ultimo sensore può essere posizionato in diversi segmenti della gamba o del braccio.

SECOSP e GEMU sono stati utilizzati in diverse applicazioni mediche per il monitoraggio di diverse forme di disabilità. Assieme ai due ulteriori contapassi sviluppati rappresentano un kit completo per uno studio sul contapassi ottimale per diverse disabilità cui corrispondono diversi modelli di passo.

Bibliografia

1. Eisenmann JC, Laurson KR, Wickel EE, Gentile D, Walsh D. Utility of pedometer step recommendations for predicting overweight in children. *Int J Obes* 2007;31(7):1179-82.
2. Dasgupta K, Chan C, Da Costa D, Pilote L, De Civita M, Ross N, Strachan I, Sigal R, Joseph L. Walking behaviour and glycemic control in type 2 diabetes: seasonal and gender differences--study design and methods. *Cardiovasc. Diabetol* 2007;15:6-11.
3. Ibright C, Thompson DL. The effectiveness of walking in preventing cardiovascular disease in women: a review of the current literature. *J Womens Health* 2006;15(3):271-80.
4. Tudor-Locke C, Williams JE, Reis JP, Pluto D. Utility of pedometers for assessing physical activity: convergent validity. *Sports Med* 2002; 32(12):795-808.
5. Schneider PL, Crouter SE, Bassett DR. Pedometer measures of free-living physical activity: comparison of 13 models. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(2):331-5.
6. Keenan DB, Wilhelm FH. Classification of locomotor activity by acceleration measurement: validation in Parkinson disease. *Biomed Sci Instrum* 2005; 41:329-34.
7. Giansanti D, Macellari V, Maccioni G. Telemonitoring and telerehabilitation of patients with Parkinson's disease: health technology assessment of a novel wearable step counter. *Telemed J E Health* 2008;14(1):76-83.
8. Giansanti D, Tiberi Y, Maccioni G. Toward the integration of novel wearable step-counters in gait telerehabilitation after stroke. *Telemed J E Health* 2008; 15(1):105-11.