

Capitolo 6

VERSO LA PROGETTAZIONE DI STRUMENTI AUTOMATICI PER IL MONITORAGGIO DEL CAMMINO

Daniele Giansanti, Giovanni Maccioni, Sandra Morelli, Mauro Grigioni
Centro Nazionale Tecnologie Innovative in Sanità Pubblica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Importanza dei test del cammino eseguiti su campo

Come già illustrato in precedenza, i test del cammino ripresi in questo capitolo possono essere eseguiti sia su campo sia in laboratorio. Nel secondo caso è necessario l'utilizzo del tapis roulant che permette di far camminare o correre il soggetto facendolo rimanere fermo in un punto. L'uso del tapis roulant presenta però dei limiti che potrebbero andare ad influenzare i risultati del test eseguito. Si elencano i principali limiti individuati:

– *Impossibilità di cambiare rugosità*

La rugosità è una proprietà della superficie di un corpo ed è rappresentata dalle micro-imperfezioni geometriche presenti sulla superficie, che si presentano generalmente in forma di solchi o scalfitture, di forma, profondità e direzione variabile. Tale proprietà non riguarda soltanto la superficie di un oggetto ma anche le superfici su cui normalmente camminiamo e ci muoviamo. Naturalmente la rugosità di tali superfici è influenzata dal materiale di cui esse sono costituite. Quindi, se il test viene eseguito su campo, a seconda della rugosità della pista sul quale il soggetto si muove, si possono ottenere risultati differenti. Stessa cosa non vale nel caso in cui il test venga eseguito con il tapis roulant, in quanto non esiste una funzione che ci permetta di cambiare la rugosità della superficie del nastro su cui il soggetto deve muoversi. Quindi, nel caso in cui si ritenga rilevante il fattore rugosità nell'influenzare i risultati del test, è opportuno che questo venga eseguito su campo, su diverse superfici, in maniera tale di vedere in che modo i risultati cambiano al variare della rugosità stessa.

– *Impossibilità di impostare traiettorie*

La traiettoria è il percorso lungo cui si muove il soggetto. Quando un soggetto si muove su campo, questo ha la possibilità di scegliere tra più percorsi: per esempio potrà camminare lungo una traiettoria rettilinea oppure lungo una traiettoria dove a tratti rettilinei si alternano curve. Tale scelta non può essere effettuata quando si utilizza il tapis roulant. Infatti in tal caso, il soggetto si muoverà restando fermo in un unico punto e quindi il movimento potrà seguire soltanto una traiettoria rettilinea.

– *Rischio di un modello di attività fisica falsato*

Correre (o camminare) su tapis roulant risulta essere più semplice rispetto alla stessa attività motoria effettuata su campo. Questo per differenti motivi. Innanzitutto una volta trovato il giusto equilibrio correre sul tapis roulant è più facile in quanto a causa dell'elasticità di ritorno la velocità che si riesce a tenere su nastro è sicuramente maggiore di quella sul terreno: da ciò nasce la difficoltà di controllo della corsa da parte di atleti molto veloci. Inoltre tale fenomeno è accentuato anche per l'assenza dell'aumento della resistenza dell'aria con la velocità di corsa.

Altra differenza fra corsa sul tapis roulant e corsa su campo è che nella prima c'è la mancanza di una buona parte della spinta in avanti, quindi l'atleta deve solo opporsi alla direzione di scorrimento del nastro e ciò implica un minor impegno cardiorespiratorio. Inoltre la spinta in avanti fornita dal movimento del nastro può indurre ad un movimento falsato: per esempio il soggetto può mettere una gamba avanti e lasciare che l'altra si muova passivamente sulla spinta fornita dal tapis roulant stesso, oppure si può avere un movimento non naturale del soggetto in quanto questo, muovendosi su un nastro che scorre, non riesce a scegliere il ritmo del passo e la frequenza della camminata.

Tutti questi motivi possono andare ad influenzare i risultati dei test eseguiti con questo strumento. È quindi opportuno che vengano tenuti in considerazione quando tali risultati vengono analizzati.

Proposta di un kit per il monitoraggio del cammino

I test del cammino, come è noto, possono essere eseguiti facilmente senza dover disporre di attrezzature sofisticate e costose. L'importanza che essi ricoprono nel campo medico e sportivo ha spinto comunque la ricerca di soluzioni tecnologiche semplici che possano essere utilizzate per il monitoraggio del test durante l'esecuzione e che permettano quanto segue:

- Raccolta in maniera automatica di parametri che vengono misurati durante il test. Tale obiettivo è molto importante in quanto, anche se i parametri di interesse possono essere raccolti facilmente senza strumentazioni particolari (es. basta un semplice metro per misurare la distanza percorsa oppure un cronometro per valutare il tempo impiegato per l'esecuzione dell'esercizio), una raccolta non automatica comporta una maggior probabilità che vengano commessi errori (es. nell'effettuazione delle misurazioni o nella trascrizione dei dati quando queste vengono affidate ad una persona).
- Esecuzione di protocolli in modo standard affinché i dati vengano raccolti sempre nelle stesse condizioni e seguendo le stesse procedure.
- Invio in maniera automatica dei dati raccolti ad altri sistemi (es. database per la memorizzazione della storia clinica del paziente o dell'atleta oppure sistemi di telemedicina).
- Esecuzione dei protocolli in modo da superare tutti quei limiti sopra elencati che si incontrano nell'eseguire i test del cammino in laboratorio usando il tapis roulant.

È proprio tenendo conto di ciò che nasce il kit strumentale, progettato e realizzato dall'Istituto Superiore di Sanità, per l'esecuzione del test del cammino.

Il kit strumentale utilizzato nella sperimentazione, nasce dall'evoluzione del kit presentato nel *Rapporto ISTISAN 10/16 (1)*. Per questo motivo le due strumentazioni sono molto simili sia nella parte hardware che in quella software. Il kit descritto di seguito nasce per l'esecuzione di test del cammino, in particolare per il test del miglio e il test dei 6 minuti. Una prima differenza che si può notare è che, mentre nel kit precedente il percorso da seguire è di forma lineare, in questo secondo kit esso ha una forma circolare. Tale forma è stata scelta in maniera tale da non avere un percorso di lunghezza limitata e quindi permettere al soggetto che si sottopone al test di camminare per l'intervallo di tempo previsto, nel caso di test dei 6 minuti, senza avere limitazioni

di spazio oppure, nel caso del test del miglio, di avere un percorso di lunghezza un miglio senza occupare uno spazio troppo grande.

La Figura 1 illustra il percorso, la posizione di una coppia di fotocellule e i due parametri r -curva e d_{FC} che sono utilizzati per definire in modo flessibile il percorso.

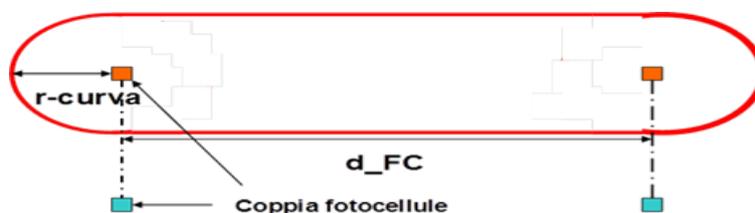


Figura 1. Percorso per i test del cammino sensorizzato

Hardware

L'unità hardware è composta dai seguenti componenti:

– *Due coppie di fotocellule*

Sono posizionate lungo il percorso di forma circolare ad una distanza precisa che deve essere data in input al software prima di iniziare il test. Servono per rilevare il numero di giri effettuati e quindi la distanza percorsa durante il test e il tempo impiegato grazie all'ausilio di un timer.

– *Una unità centrale*

È connessa via USB ad una scheda di conversione analogico/digitale e agli altri componenti del kit. Si occupa dell'elaborazione dei dati raccolti.

– *Contapassi*

In questo secondo kit l'uso del contapassi è opzionale. Nel caso in cui venga utilizzato, anch'esso sarà connesso via telemetria all'unità centrale sia per la raccolta dei dati sia per la ricarica della batteria. Come nel kit precedente anche in questo caso si possono usare differenti modelli di contapassi.

– *Scheda National NI USB 6008 (National Instruments Corp, USA)*

Collega l'unità centrale ad un PC in cui è installato il Software della National.

La Figura 2 illustra l'unità centrale che è connessa con le altre componenti del kit che provvede alle seguenti funzioni:

- misura in tempo reale del numero dei passi riportati su un display;
- ricarica il contapassi;
- elabora i dati grezzi (temporizzazioni, conteggio dei passi, attraversamenti delle fotocellule);
- si interfaccia con un pc per inviare i parametri attraverso la scheda National Instruments.

Nell'esempio mostrato è installato un contapassi descritto precedentemente in questo studio.

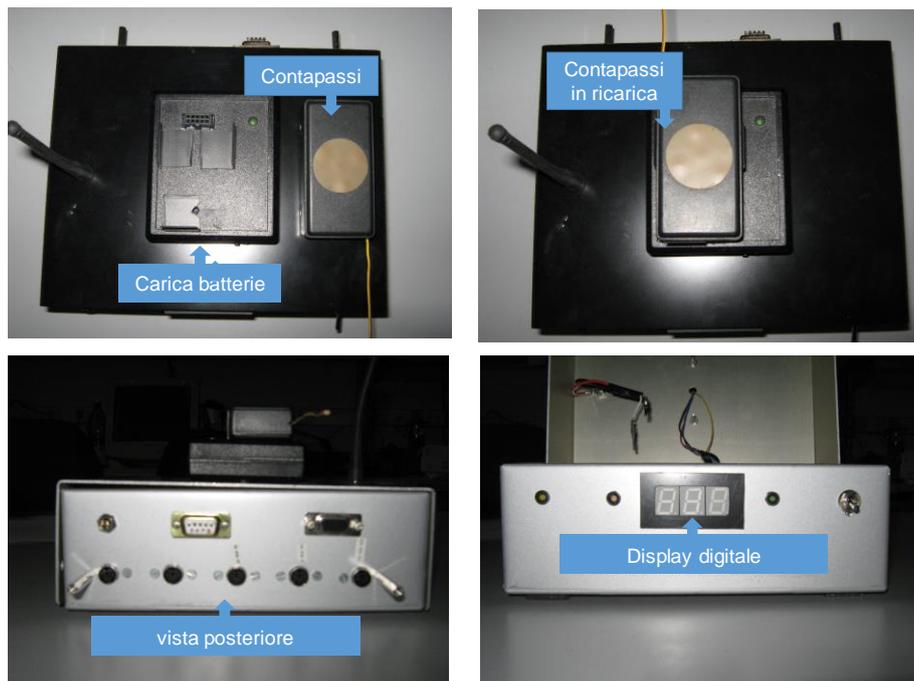


Figura 2. Dettagli sull'hardware

Software

Il modulo software sviluppato presenta una interfaccia grafica verso l'utente che ne facilita l'utilizzo. Anche questo programma, come quello del kit strumentale descritto nel *Rapporto ISTISAN 10/16* (1) e ulteriori evoluzioni (2-3), è stato sviluppato usando il linguaggio di programmazione LabVIEW (National Instruments Corp, USA). La Figura 3 illustra il pannello di avvio e di selezione del test.



Figura 3. Pannello di controllo principale

I 3 pulsanti di controllo sono:

- AVVIA TEST: tale pulsante serve per avviare il test e quindi far iniziare la sessione di misurazione;
- CLOSE: esso serve per chiudere l'applicazione principale;
- HELP: esso serve per aprire una finestra contenente un aiuto descrittivo dell'applicazione.

Il menu a tendina invece, permette all'utente di scegliere il test che vuole eseguire. La scelta può essere fatta tra due opzioni: test del miglio oppure test dei 6 minuti (Figura 4).

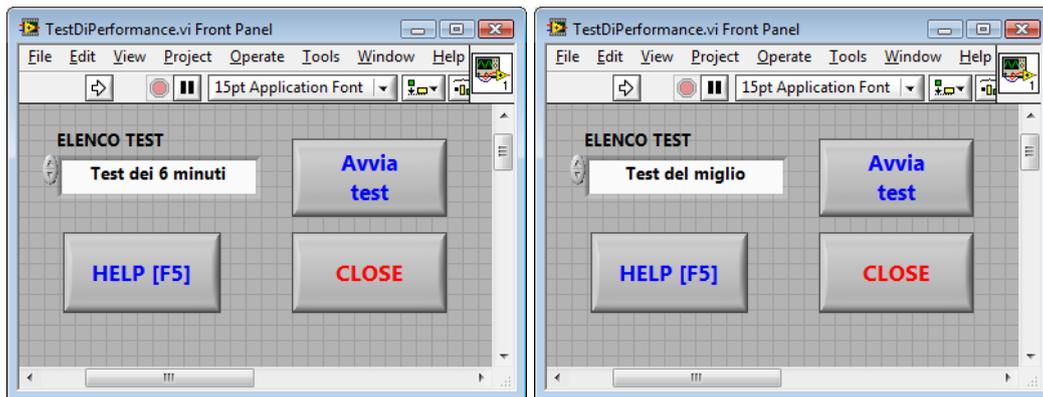


Figura 4. Pannello di controllo principale, *differenti scelte* del test

Quando si preme il pulsante AVVIA TEST viene aperta la seconda finestra di controllo. In tale finestra, prima di avviare la sessione di misurazione, il software richiede di inserire il nome del paziente (Figura 5) e di impostare i parametri (Figura 6) d_{FC} (distanza tra le due fotocellule) espressa in metri e r_{curva} (raggio della curva del percorso che il soggetto dovrà eseguire) anch'esso espresso in metri.



Figura 5. Finestra di avvio test, richiesta di inserimento nome paziente



Figura 6. Finestra di avvio test, impostazione dei parametri

Impostati tali parametri il test può incominciare. Durante il test, la finestra “session.vi” mostra istante per istante i parametri che vengono misurati, ovvero il tempo trascorso, la distanza percorsa e il numero di passaggi davanti la fotocellula, come mostrato in Figura 7. Oltre ai parametri misurati, nella finestra sono presenti anche 3 pulsanti:

- NUOVA PROVA: serve per avviare una nuova prova, in quanto una stessa sessione di misurazione può prevedere diverse prove;
- STOP PROVA: serve per terminare la prova corrente;
- STOP SESSIONE: serve per terminare la sessione. Una volta premuto, i dati raccolti durante la sessione vengono forniti nel file dati riportato in Figura 7.

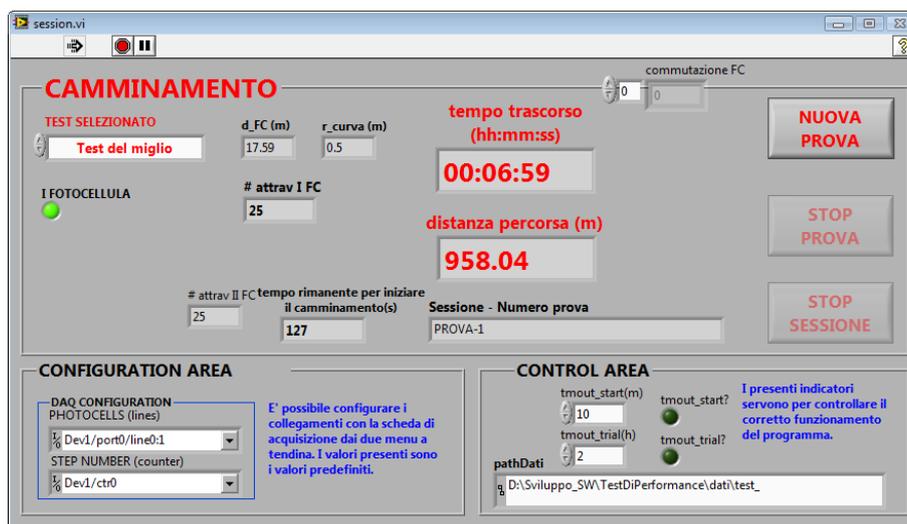


Figura 7. Dettaglio sui parametri misurati durante l'esecuzione del test

Il test termina, nel caso in cui si stia eseguendo il test del miglio, quando il parametro distanza percorsa è pari a 1609,51 metri (ovvero esattamente un miglio, come mostrato in Figura 8) oppure, nel caso in cui si stia eseguendo il test dei 6 minuti, quando il parametro tempo trascorso è pari a 6 minuti.

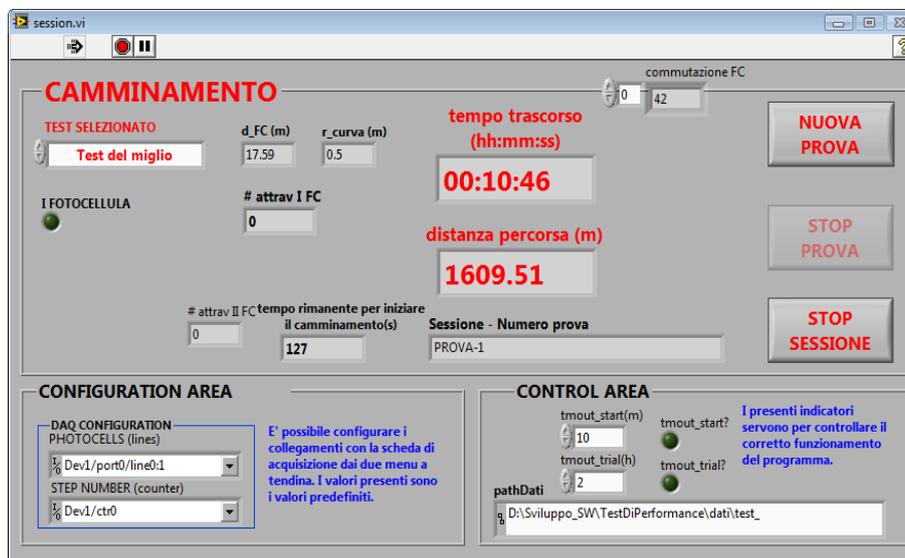


Figura 8. Interfaccia alla fine del test del miglio

Ad ogni sessione di misura è associato un file dati in cui si riportano tutte le informazioni e le misure effettuate durante la sessione. Un esempio di tale file dati è riportato in Figura 9. In esso vengono riassunte tutte le informazioni registrate durante la prova ovvero:

- nome del paziente;
- data e ora di inizio della sessione;
- valori dei parametri da impostare prima della prova (distanza tra le fotocellule e raggio del percorso);

Per ogni prova effettuata, l'ora di inizio e i valori finali dei parametri monitorati durante la prova stessa (tempo di esecuzione, distanza percorsa, numero di passaggi davanti la fotocellula). Inoltre vengono riportate anche le distanze intermedie e i tempi intermedi.

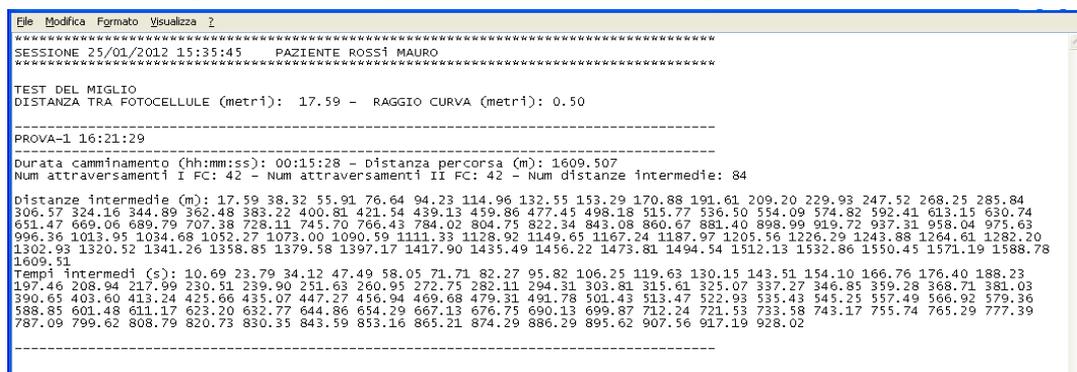


Figura 9. Interfaccia alla fine del test del miglio

Bibliografia

1. Giansanti D, Morelli S, Maccioni G, Giordano A, Tamburella F, Molinari M, Silvestri S, Calabrese S, Macellari V, Grigioni M. *Design and construction of a portable kit for the assessment of gait parameters in daily-rehabilitation*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2010. (Rapporti ISTISAN 10/16).
2. Giansanti D, Morelli S, Maccioni G, Brocco M. Design, construction and validation of a portable care system for the daily telerehabilitation of gait. *Comput Methods Programs Biomed* 2013;112(1):146-55.
3. Giansanti D, Morelli S, Maccioni G, Grigioni M. Portable kit for the assessment of gait parameters in daily telerehabilitation. *Telemed J E Health* 2012;19(3):224-32.