

R. Colombo, G. Demaiti², F. Sartorio¹, D. Orlandini², S. Vercelli¹, G. Ferriero¹

Sincerità dello sforzo: valutazione isocinetica nell'estensione del ginocchio

Fondazione "Salvatore Maugeri", IRCCS, Servizio di Bioingegneria e ¹ Servizio di Fisiatria Occupazionale ed Ergonomia, Veruno (NO), Italy
² Centro Protesi - INAIL Vigorso di Budrio (BO), Italy

RIASSUNTO. Scopo di questo studio è stato individuare un metodo affidabile per riconoscere la sincerità dello sforzo massimale eseguito durante un test dinamometrico isocinetico in flessione/estensione di ginocchio. Sono stati presi in considerazione il coefficiente di variazione dei picchi del momento di forza (CV) e 3 nuovi indici: 1) il coefficiente di variazione medio calcolato su tutta la curva del momento di forza (CVM); 2) la pendenza della retta di regressione nel test di resistenza (PRR); 3) il coefficiente di correlazione dei picchi del momento di forza nello stesso test di resistenza (CCR). Venti soggetti sani sono stati sottoposti al protocollo che prevedeva 2 distinte prove, una massimale (MX) e una submassimale (SMX) al 50%, separate da una pausa (20'). Ogni prova consisteva nell'esecuzione di 4 serie composte ciascuna da 3 ripetizioni (a velocità angolari di 30, 180, 30 e 180°/s), e di una serie da 15 ripetizioni a 240°/s. Il nostro studio ha confermato la capacità del CV di riconoscere un'elevata percentuale di soggetti che eseguivano correttamente uno sforzo massimale; a 30°/s Sensibilità (Sns)=100%, Specificità (Spc)=70%; a 180°/s Sns=75%, Spc=95%. I 3 nuovi indici da noi proposti hanno mostrato caratteristiche di sensibilità e specificità elevate, spesso superiori a quelle del CV. Il CVM calcolato nella prova a 180°/s ha fornito Sns=90% e Spc=100%, mentre in quella a 30°/s Sns=90%, Spc=75%. La PRR nel test di resistenza è stato l'indice migliore riconoscendo tutti gli sforzi, tranne uno (Sns=100% e Spc=95%). Il coefficiente CCR infine ha mostrato Sns e Spc=90%.

Parole chiave: sincerità dello sforzo, contrazione massimale, isocinetica.

ABSTRACT. *SINCERITY OF EFFORT: ISOKINETIC EVALUATION OF KNEE EXTENSION.* The aim of this study was to find a reliable method to evaluate the sincerity of the muscular maximal effort performed in a dynamometric isokinetic test of knee flexion-extension. The coefficient of variation of the peak torque (CV) and 3 new indices were analysed: 1) the average coefficient of variation calculated on the complete peak torque curve (CVM); 2) the slope of the regression line in an endurance test (PRR); 3) the correlation coefficient of the peak torques in the same endurance test (CCR). Twenty healthy subjects underwent assessment in two different trials, maximal (MX) and 50% submaximal (SMX), with 20 minutes of rest between trials. Each trial consisted of 4 tests, each of 3 repetitions, at angular speed of 30, 180, 30, and 180°/s, respectively, and 1 test of 15 repetitions at 240°/s. Our findings confirmed the ability of CV to detect a high percentage of sincere efforts: at 30°/s Sensibility (Sns)=100% and Specificity (Spc)=70%; at 180°/s Sns=75%, Spc=95%. The 3 new indices here proposed showed high characteristics of Sns and Spc, generally better than those of CV. CVM showed at 180°/s Sns=90% and Spc=100%, while at 30°/s Sns=90%, Spc=75%. PRR was the best index identifying all the efforts, except one (Sns=100%, Spc=95%). The CCR coefficient showed Sns and Spc values both of 90%.

Key words: sincerity of effort, maximal contraction, isokinetic test.

Introduzione

La valutazione della forza muscolare è un'indagine fondamentale nella pratica clinica riabilitativa, nella medicina dello sport e in campo medico-legale (1-4). Esistono diversi metodi per poterla eseguire, dal semplice esame muscolare manuale, all'utilizzo di strumenti come i miometri e i dinamometri isocinetici ad attuatore robotico (DAR) (1, 2, 5-9). Questi ultimi, oltre ad indagare l'attività muscolare in condizioni sia isometriche che dinamiche, sono in grado di fornire dati oggettivi e affidabili, a condizione che la rilevazione della forza abbia come presupposto la volontà e la motivazione del paziente ad esprimere un sincero sforzo massimale (4, 5, 10). In alcuni casi invece, soprattutto quando ci si trova di fronte a controversie assicurative o medico-legali, è possibile che il paziente falsi la prestazione con l'intento di evidenziare un possibile danno. Per questo motivo è importante saper riconoscere una contrazione massimale reale da una deliberatamente falsata dal soggetto (di intensità inferiore e perciò chiamata in seguito submassimale), così da stabilire il vero grado di recupero funzionale del paziente (11-16).

Negli ultimi anni sono state proposte numerose modalità per determinare la sincerità dello sforzo massimale, ma nessuna di queste ha mostrato adeguati livelli di affidabilità e capacità discriminativa (12, 13, 17). Di solito le valutazioni dinamometriche di tipo isometrico o isocinetico prevedono l'esecuzione di poche ripetizioni (da 3 a 5) per l'analisi della massima forza sviluppabile, e la sincerità dello sforzo è giudicata sulla base del coefficiente di variazione dei picchi del momento di forza (CV, vedi oltre). Tuttavia, recenti lavori hanno espresso perplessità sull'adozione del CV (4, 18), che considera solo il picco del momento di forza tralasciando l'andamento del momento di forza su tutto l'arco della curva (10). Inoltre, parametri relativi all'affaticamento muscolare - quali quelli calcolabili nel corso di prove isocinetiche per la resistenza allo sforzo ripetuto (consistenti in 15-20 ripetizioni massimali) (19) - non sono mai stati utilizzati al fine di analizzare la sincerità dello sforzo, nonostante appaia più difficile per un soggetto riuscire a simulare un fisiologico affaticamento progressivo.

Scopo di questo studio è individuare un metodo affidabile nel riconoscere la sincerità dello sforzo massimale eseguito durante un test dinamometrico isocinetico in

flesso/estensione di ginocchio. Sono stati presi in considerazione 4 indici: 1) il CV calcolato sui picchi del momento di forza; 2) il coefficiente di variazione medio calcolato su tutta la curva del momento di forza (CVM); 3) la pendenza della retta di regressione in un test di resistenza (PRR); 4) il coefficiente di correlazione dei picchi del momento di forza nello stesso test di resistenza (CCR).

Materiali e metodi

Soggetti

Lo studio è stato effettuato presso la sede INAIL di Vigoroso di Budrio (Bologna) e presso il Servizio di Fisioterapia Occupazionale ed Ergonomia della Fondazione Salvatore Maugeri - Istituto Scientifico di Veruno (Novara). Vi hanno preso parte 20 soggetti, 17 maschi e 3 femmine, senza storie precedenti di patologie al ginocchio e con la condizione di non svolgere alcuna attività sportiva a livello agonistico. I dati antropometrici relativi ai soggetti selezionati sono riportati in Tabella I. Tutti i soggetti, dopo aver preso visione del protocollo sperimentale, hanno espresso il loro consenso informato alla partecipazione.

Tabella I. Principali caratteristiche antropometriche del campione d'indagine

SOGGETTI	MEDIA ± SD
Età	33.4 ± 9.5
Peso (Kg)	72.6 ± 10.8
Altezza (cm)	175.8 ± 6.5

Protocollo di valutazione

I soggetti reclutati sono stati sottoposti alla valutazione della forza del muscolo quadricipite dell'arto dominante durante il movimento di flesso-estensione del ginocchio in modalità isocinetica, mediante DAR Biodex System 3 Pro (Biodex Medical System, Inc. - Shirley, New York, USA). Il protocollo di valutazione prevedeva una fase iniziale costituita da 10 minuti di riscaldamento al cicloergometro a bassa resistenza e da esercizi di stretching statico dei gruppi muscolari flessori ed estensori di ginocchio (4 ripetizioni) della durata di 20 secondi.

Ogni soggetto era quindi posizionato sul DAR secondo le indicazioni della letteratura (allineamento dell'asse di rotazione del dinamometro con quello del ginocchio, regolazione dello schienale e del sedile, fissaggio del tronco e del bacino con cinghie e stabilizzazione distale della coscia dell'arto da testare) (7, 20). L'arto controlaterale, non interessato dal test isocinetico, era lasciato libero e senza alcun tipo di stabilizzazione. L'escursione di movimento selezionata era compresa tra 90° e 10° di flessione.

La sessione iniziava con l'esecuzione di alcune contrazioni (submassimali) di prova per acquisire familiarità con l'apparecchiatura, seguite, dopo un tempo di recupero di due minuti, dal test vero e proprio.

Il protocollo prevedeva due distinte prove sperimentali: una prova massimale (MX) in cui i soggetti arruolati dovevano eseguire uno sforzo massimale durante l'esecuzione

di 4 serie di contrazioni (rispettivamente a velocità angolari di 30, 180, 30 e 180°/s), ciascuna con 3 ripetizioni (test di forza), e una serie di 15 ripetizioni a 240°/s (test di resistenza). Tra una serie e l'altra veniva lasciato un tempo di recupero di 60 secondi.

Successivamente, dopo un periodo di riposo di 20 minuti, veniva eseguita una seconda prova submassimale (SMX) durante la quale al soggetto veniva richiesto di eseguire uno sforzo pari al 50% circa di quello massimale con uno schema di velocità identico a quello eseguito durante la prima prova.

La sequenza con cui venivano proposte le serie a 30 e 180°/s era randomizzata nei soggetti.

Indici quantitativi

I dati ottenuti dalle prove sono stati analizzati con l'obiettivo di calcolare 4 diversi indici utili per la valutazione della sincerità dello sforzo.

1. Coefficiente di variazione calcolato sui picchi del momento di forza

Il CV calcolato sui picchi del momento di forza rappresenta una misura della variabilità delle prestazioni eseguite, ed è un indice abitualmente utilizzato per la valutazione della sincerità dello sforzo, seppure in letteratura sia presente una forte controversia sulla sua validità ed efficacia (4, 18). Si ottiene calcolando il rapporto tra il valore di deviazione standard (s.d.) e la media dei picchi del momento di forza (PMF) di 3 contrazioni consecutive ed è espresso in unità percentuali: $CV = (s.d./media) \times 100$. Alti valori del CV indicano che la prova ha presentato una grande variabilità e quindi è scarsamente affidabile.

In questo studio sono stati calcolati i valori di CV nelle 6 ripetizioni (2 serie da 3) eseguite per ciascuna velocità di contrazione (30 e 180°/s) e per ciascuna tipologia di prova (MX e SMX).

2. Coefficiente di variazione medio relativo all'andamento della curva del momento di forza

Il CVM è un nuovo indice che prende in considerazione l'andamento del momento di forza su tutta la curva. Il calcolo del CVM è quindi dato dalla media dei coefficienti di variazione dei valori del momento di forza, calcolati per interpolazione lineare ad ogni singolo grado di movimento (range 15-85% dell'escursione di movimento, cioè tra 78° e 22° gradi di flessione di ginocchio) su ciascuna delle 3 curve relative ad ogni serie di contrazioni (Figura 1). In particolare sono stati calcolati i valori di CVM come media dei due valori medi (uno per serie) per ogni velocità di movimento (30 e 180°/s) nell'ambito di ciascuna prova (MX e SMX).

3. Pendenza della retta di regressione (PRR)

Uno degli elementi innovativi di questo studio è il calcolo di un indice di affaticamento, per confrontare l'andamento dei PMF nel test di resistenza (15 ripetizioni alla velocità angolare di 240°/s) tra la prova MX e quella SMX. È stata calcolata la pendenza della retta di regressione tra il valore di ciascuno dei 15 PMF rilevati dal dispositivo isocinetico (variabile dipendente) e il suo ordine di sequenza (variabile indipendente). La Figura 2 illustra tale regressione nella prova MX e in quella SMX di uno dei soggetti testati.

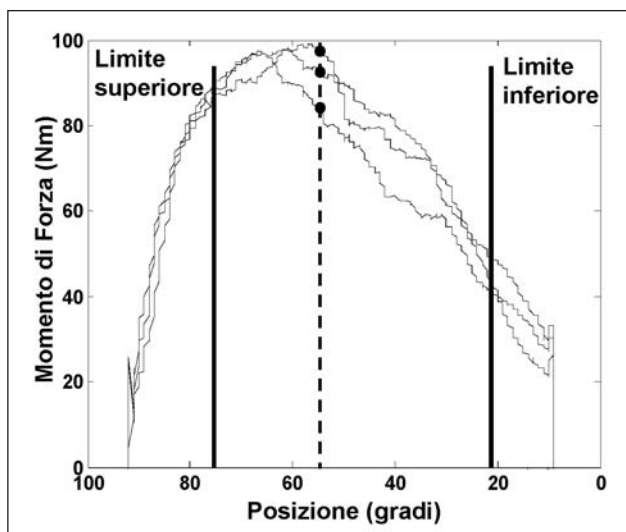


Figura 1. Modalità di calcolo del CVM sulle curve. La linea tratteggiata riportata nel grafico mostra un esempio di tre punti (uno per ogni curva) su cui viene calcolato un singolo valore di CV. Il CVM è ottenuto come media dei valori di CV ottenuti per ogni grado di movimento. Il limite inferiore e superiore rappresentano rispettivamente il 15 e l'85% dell'escursione di movimento

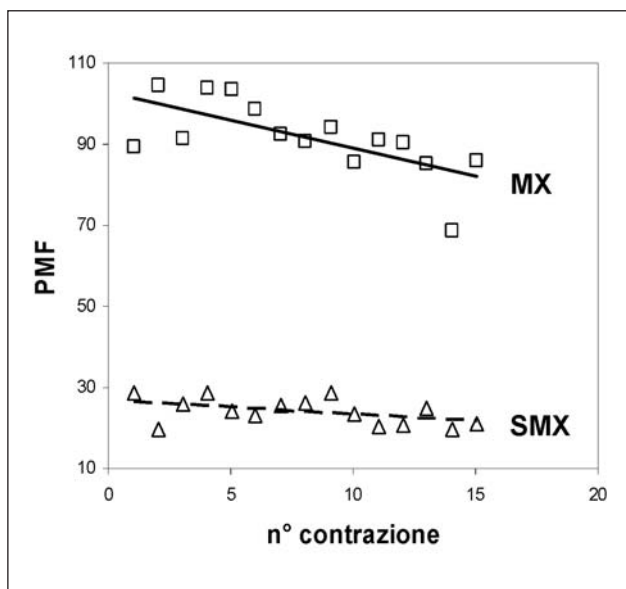


Figura 2. Confronto tra rette di regressione sui PMF nel test di resistenza (15 contrazioni a 240°/s). La retta e i quadrati rappresentano rispettivamente la regressione lineare e i valori dei PMF della prova MX, la retta tratteggiata e i triangoli rappresentano la regressione lineare e i valori dei PMF della prova SMX

4. Coefficiente di correlazione dei PMF nella prova di resistenza (CCR)

Come ulteriore misura della sincerità dello sforzo effettuato dai soggetti è stato calcolato il coefficiente di correlazione tra i 15 PMF rilevati durante il test di resistenza (CCR) e il loro ordine di sequenza. Il coefficiente di correlazione rappresenta infatti una misura della variabilità dei dati ottenuti e tanto più elevato è questo indice, tanto maggiore è l'affidabilità dei dati ottenuti, in quanto prossimi al-

la retta di regressione durante l'esecuzione di tutta la prova. In accordo con Landis (21) che propose una classificazione dei valori di correlazione secondo cinque categorie (lieve, discreta, moderata, elevata, quasi perfetta), è stato preso in considerazione come soglia un valore di coefficiente di correlazione pari a 0.70 che rappresenta il valore centrale per una correlazione definita elevata. Valori inferiori possono invece considerarsi indice di alta variabilità indotta ad esempio dall'incapacità di controllare la forza entro valori (submassimali) deliberatamente prestabiliti o comunque di esprimere continuamente una massimalità di sforzo.

Analisi statistica

I 4 indici sono stati calcolati analizzando i dati dinamometrici di ogni soggetto e per entrambe le prove (MX e SMX). Su questi dati è stata condotta l'analisi statistica utilizzando il software StatView (SAS Institute Inc. Versione 8, 2002).

Per descrivere la distribuzione dei dati è stata utilizzata la rappresentazione grafica box-plot, costituita dal disegno su un piano cartesiano di un rettangolo (i cui estremi sono il primo e terzo quartile), tagliato da una linea all'altezza della mediana. Al rettangolo (box) sono aggiunte due righe (detti anche baffi) corrispondenti ai valori distanti 1.5 volte la distanza interquartile a partire rispettivamente dal primo e dal terzo quartile. In figura sono inoltre visibili come punti isolati i valori che fuoriescono dall'intervallo delimitato dalle due righe.

I valori di CV e CVM sono stati confrontati tramite t-Test Student per misure ripetute. È stato considerato il livello di soglia di probabilità $p < 0.05$ (livello 95%), segno di risultato significativo del test.

Per determinare il valore del parametro (*cut-off*) in grado di distinguere meglio tra i due tipi di prestazione (MX vs SMX) è stato utilizzato il metodo della curva Receiver Operating Characteristic (ROC) (4, 22) (MedCalc software V6.16, Mariakerke, Belgium). La curva ROC è una rappresentazione grafica che contiene i valori di sensibilità e specificità di un test a differenti valori di *cut-off*. La curva ha una forma spezzata dove i punti di variazione di pendenza rappresentano i diversi valori di *cut-off* che sono stati considerati. Il *cut-off* ottimale è quello che rappresenta il miglior compromesso fra sensibilità e specificità ed è dato dal valore più vicino all'angolo superiore-sinistro della curva ROC. Più il valore dell'area sottesa dalla curva ROC si avvicina a 1 (riconosciuti tutti i veri positivi senza avere falsi negativi), maggiore è il potere diagnostico del test.

Considerando come veri positivi le prove realmente massimali riconosciute come tali, la sensibilità (Sns) e la specificità (Spc) di ogni indice è calcolata secondo le formule:

- Sns = n° di veri positivi riconosciuti / (n° di veri positivi riconosciuti + n° di falsi negativi)
- Spc = n° di veri negativi riconosciuti / (n° di veri negativi riconosciuti + n° di falsi positivi).

Risultati

I risultati sono stati divisi in base al tipo di indice utilizzato per valutare la sincerità dello sforzo.

1. Coefficiente di variazione (CV)

Il confronto tra i CV ottenuti alle prove MX e SMX ha presentato differenze altamente significative ($p < 0.0001$) ad entrambe le velocità (30 e 180°/s). La Figura 3 riporta i valori dei CV con una rappresentazione box-plot.

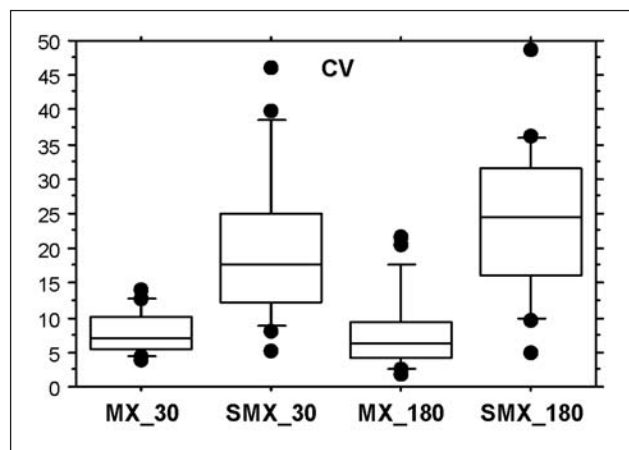


Figura 3. Box-plot dei valori di CV di ogni soggetto per la prova MX e SMX alle velocità di 30 e 180°/s

I valori di soglia sono stati fissati rispettivamente a 14.04% (area ROC=0.902; Sns=100%; Spc=70%) e 8.76% (area ROC=0.9; Sns=75%; Spc=95%) per le prove a 30 e 180°/s. Con questi cut-off nelle prove submassimali il 75% circa dei soggetti presentava un valore sopra soglia in entrambe le velocità. Durante le prove massimali, invece, 3 soggetti su 20 avevano un valore sopra soglia alla velocità di 180°/s.

La Figura 4 riporta la distribuzione dei conteggi dei valori di CV di ogni soggetto per la prova MX e quella SMX, raggruppando le due velocità di esecuzione del test. Nota come le distribuzioni ottenute non sono ben distinte, ma in parte sovrapposte. Ciò rende difficile ipotizzare la selezione di un valore di soglia unico e indipendente dal campione di soggetti arruolati che consenta di discriminare per tutte le velocità la prova MX da quella SMX.

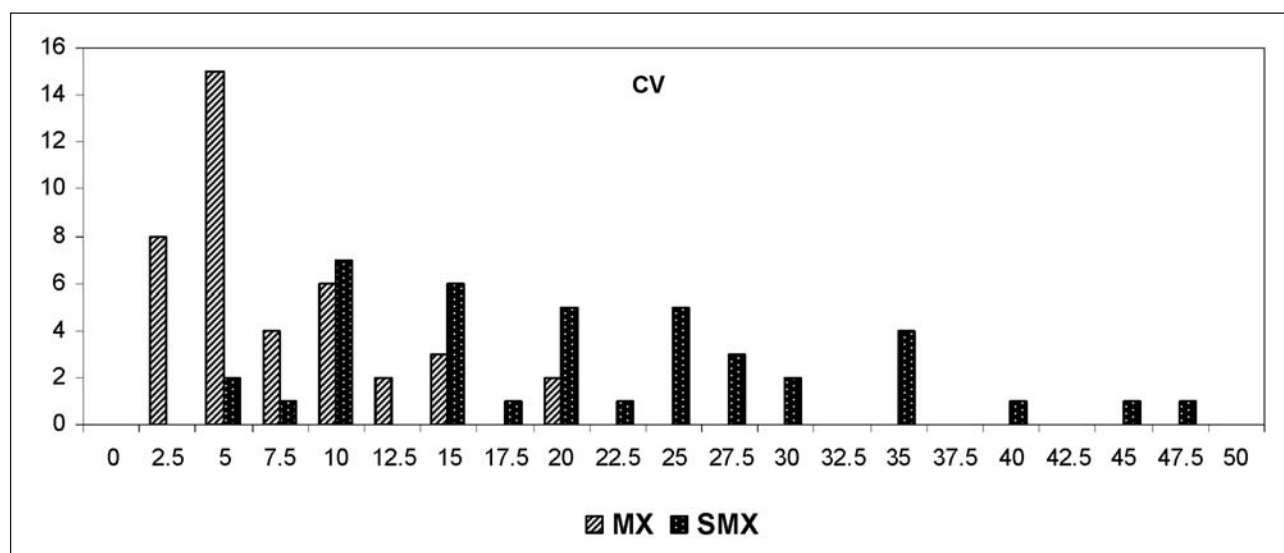


Figura 4. Distribuzione dei conteggi dei valori di CV di ogni soggetto per la prova MX e SMX senza distinzione di velocità di esecuzione del test. I conteggi sono stati effettuati utilizzando una dimensione di intervallo pari a 2.5%

2. Coefficiente di variazione (CVM)

Il confronto tra i CVM ottenuti alle prove MX e SMX hanno presentato differenze altamente significative ($p < 0.0001$) ad entrambe le velocità (30 e 180°/s).

La Figura 5 riporta con una rappresentazione box-plot i valori dei CVM ottenuti.

Il calcolo del cut-off mediante curva ROC ha evidenziato come migliori i valori di 14% (area ROC=0.975; Sns=90%; Spc=75%) per la velocità di 30°/s, e 10.5% (area ROC=0.881; Sns=90%; Spc=100%) per la velocità di 180°/s.

Nella prova SMX a 30°/s 15 soggetti su 20 avevano un valore superiore alla soglia, mentre alla velocità di 180°/s tutti i soggetti avevano un valore di CVM sopra soglia. Nella prova MX, per entrambe le velocità, solo 2 soggetti su 20 mostravano un valore di CVM sopra soglia.

La Figura 6 riporta la distribuzione dei conteggi dei valori di CVM di ogni soggetto per la prova MX e quella SMX, raggruppando le due velocità di esecuzione del test. Anche le distribuzioni ottenute con questo coefficiente sono parzialmente sovrapposte, seppur in misura minore di quelle del CV in figura 5.

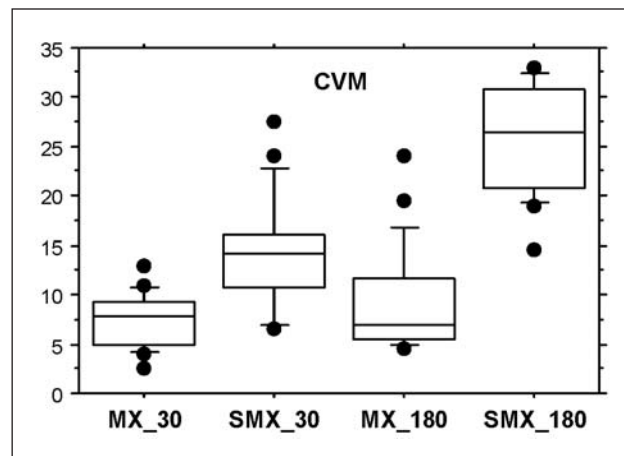


Figura 5. Box-plot dei valori di CVM di ogni soggetto per la prova MX e SMX alle velocità di 30 e 180°/s

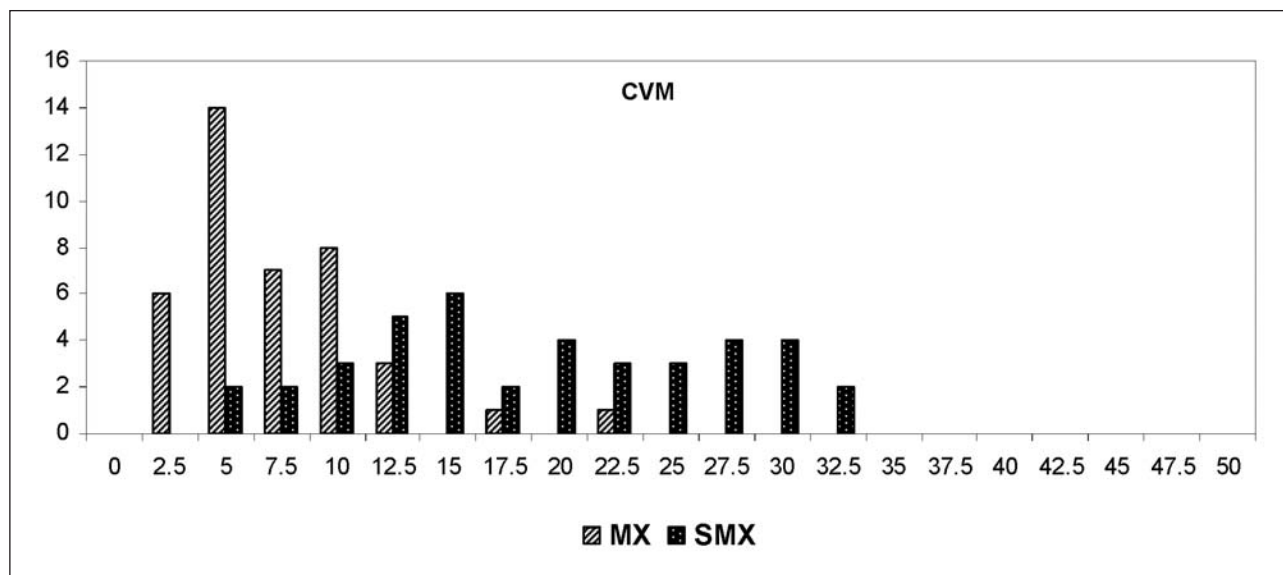


Figura 6. Distribuzione dei conteggi dei valori di CVM di ogni soggetto per la prova MX e quella SMX senza distinzione di velocità di esecuzione del test. I conteggi sono stati effettuati utilizzando una dimensione di intervallo pari a 2.5%

3. Pendenza delle rette di regressione nella prova di resistenza (PRR)

La Tabella II presenta per ciascun soggetto i valori delle PRR. La differenza tra la prova MX e quella SMX è netta: valori negativi, sintomatici di comparsa di affaticamento durante la prova, caratterizzano per lo più quella MX, valori positivi o intorno allo zero la SMX.

Solo un valore di pendenza nella prova SMX (soggetto #1) risultava superiore al valore di soglia di -1.22 identificato mediante curva ROC (area ROC=0.967; Sns=100%; Spc=95%).

4. Coefficiente di correlazione dei PMF nella prova di resistenza (CCR)

I coefficienti di correlazione dei PMF nella prova di resistenza (CCR) hanno presentato nella maggior parte (90%) dei casi nelle prove MX valori superiori a 0.7, mentre nelle prove SMX sono stati ottenuti indici assai bassi, segno di alta variabilità dei dati osservati (Tabella II). Tutti i casi con pendenza della retta di regressione superiore al valore soglia di -1.22 erano inoltre caratterizzati da elevati valori di CCR.

La Tabella III riporta, per ciascun soggetto e per ciascuno dei parametri adottati, la capacità discriminativa dei vari indici nel riconoscere uno sforzo massimale da uno submassimale. L'analisi dei dati ci consente di affermare che l'integrazione dei diversi metodi con cui è stata valutata la sincerità dello sforzo mediante la selezione di due o più parametri permette di identificare correttamente nella sua totalità l'intero campione d'indagine.

Il test dotato di maggiore sensibilità e specificità è risultato essere quello della PRR, con valori migliori rispetto al CV, indice di riferimento.

Tabella II. Valori di pendenza della retta di regressione e coefficienti di correlazione dei PMF di ogni soggetto per la prova MX e SMX nel test di resistenza. In neretto sono riportati i valori di pendenza > -1.22 (valore di soglia ottenuto dalle curve ROC)

# SOGGETTO	MX		SMX	
	PRR	CCR	PRR	CCR
1	-2.26	-0.90	-1.71	-0.82
2	-2.19	-0.93	0.58	0.56
3	-4.42	-0.98	0.72	-0.28
4	-2.51	-0.99	-0.37	-0.28
5	-1.48	-0.92	-0.16	-0.24
6	-1.93	-0.71	0.51	0.44
7	-1.46	-0.97	0.08	0.12
8	-3.01	-0.99	0.00	0.00
9	-2.51	-0.98	-0.90	-0.14
10	-2.29	-0.94	-0.15	-0.12
11	-2.62	-0.95	-0.80	-0.44
12	-1.22	-0.71	-0.06	-0.05
13	-1.60	-0.90	-0.17	-0.24
14	-1.39	-0.75	0.26	0.06
15	-1.39	-0.68	-0.32	-0.45
16	-3.08	-0.97	-0.42	-0.65
17	-2.74	-0.98	0.67	0.59
18	-2.54	-0.95	0.56	-0.22
19	-1.29	-0.68	0.56	0.64
20	-3.87	-0.95	0.75	0.78

Tabella III. Sintesi dei risultati ottenuti da ciascun metodo di valutazione della sincerità dello sforzo utilizzato. I segni “+” e “-” indicano che il valore ottenuto allo specifico test era rispettivamente inferiore (positivo al test) e superiore (negativo al test) al valore soglia. Il campo scuro invece mostra i valori sopra soglia anche alla prova MX (falsi negativi) e sotto soglia alla prova SMX (falsi positivi). Il simbolo X indica la condizione di riscontro di valori non sinceri ad entrambe le prove

# SOGGETTO	CV 30	CV 180	CVM 30	CVM 180	PRR	CCR
1	+	-	+	+	+	+
2	+	+	-	+	+	+
3	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+
6	+	-	+	-	+	+
7	+	+	+	+	+	+
8	+	+	+	+	+	+
9	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+
11	+	+	+	+	+	+
12	+	-	+	+	+	+
13	+	+	+	+	+	+
14	+	-	+	+	+	+
15	+	+	+	+	+	-
16	+	+	+	+	+	+
17	+	+	+	+	+	+
18	+	-	X	-	+	+
19	+	+	+	+	+	-
20	+	+	+	+	+	+
Sensibilità	100%	75%	90%	90%	100%	90%
Specificità	70%	95%	75%	100%	95%	90%

Discussione

La comparsa dei DAR ha consentito una misurazione più oggettiva delle prestazioni muscolari (soprattutto in condizioni dinamiche), ma ancora non si dispone di un metodo altamente affidabile per discriminare lo sforzo submassimale volontario dal massimale (4, 10, 12-14, 23, 24). L'indice più utilizzato in ambito clinico è il CV calcolato sui picchi del momento di forza, un dato che il software contenuto nei DAR è comunemente in grado di fornire nei report dinamometrici. In questo studio si è analizzata la capacità discriminante tra sforzo massimale e submassimale del CV a 2 diverse velocità, messa a confronto con 3 nuovi indici che valutano più in dettaglio aspetti della performance muscolare. Il fondamento teorico è che il soggetto non sia in grado di riprodurre in maniera costante l'entità dello sforzo submassimale, ma soprattutto di simulare l'andamento del momento di forza su tutta la curva e il fisiologico affaticamento muscolare durante una prova di resistenza.

Per determinare il valore di soglia specifico per ogni indice (ai fini di demarcare test positivi e negativi), in questo studio è stato applicato il calcolo della curva ROC (7, 22).

I dati ottenuti hanno confermato la capacità del CV di riconoscere un'elevata percentuale di soggetti che eseguivano un sincero sforzo massimale di quadricipite. In particolare, mentre a basse velocità (30°/s) ha riconosciuto correttamente la totalità delle prestazioni massimali (Sns=100%), ma con un numero elevato di falsi positivi alla prova SMX (Spc=70%), a velocità maggiore (180°/s) la specificità è salita al 95%, inficiata però dal riscontro di alcuni falsi negativi alla prova MX (Sns=75%). Va ricordato inoltre che - sulla base di quanto mostrato nelle Figure 4 e 6 - non è stato possibile identificare un unico valore di soglia indipendente dalla velocità di esecuzione del test. Questi risultati sono in linea con la precedente letteratura sull'argomento (7, 10).

I 3 nuovi indici proposti hanno presentato caratteristiche di sensibilità e specificità elevate e superiori a quelle del CV. Il CVM calcolato nella prova a 180°/s ha riconosciuto il 90% delle prove MX, a fronte della mancanza di falsi negativi a quella SMX. A velocità inferiore il CVM si è comportato in maniera simile al CV, compiendo però errori anche nella prova SMX. Il CVM pertanto si presenta come un indice migliore rispetto al CV nelle prove ad alta velocità, come dimostra il confronto delle rispettive aree

ROC. Purtroppo questo parametro necessita di un software di calcolo che non è comunemente disponibile nei DAR.

I valori delle aree ROC hanno mostrato anche che la PRR nella prova di resistenza è l'indice migliore nel riconoscere le contrazioni SMX. La totalità delle prove MX è stata correttamente discriminata (Sp_c=100%) e solo un caso è stato erroneamente riconosciuto sincero alla prova SMX (Sn_s=95%).

Il coefficiente di correlazione dei PMF nell'affaticamento (CCR) infine ha fornito valori promettenti, riconoscendo come massimali il 90% dei casi (però con 2 soggetti risultati falsi positivi alla prova SMX: Sp_c e Sn_s=90%).

Il test dinamometrico di valutazione dell'affaticamento si è dimostrato pertanto il migliore nella valutazione della sincerità dello sforzo. Purtroppo, come per il CVM, anche PRR e CCR non sono valori forniti abitualmente dai DAR. Vale la pena però ricordare che in questo caso il calcolo può essere ottenuto con un semplice foglio di calcolo elettronico o specifici software di analisi statistica che sono altrettanto diffusi.

Nessuno dei metodi utilizzati è stato in grado da solo di discriminare al 100% gli sforzi massimali da quelli submassimali. Tuttavia, l'elevata sensibilità e specificità mostrate dall'analisi del test di resistenza indicano chiaramente la via da intraprendere negli studi futuri, nei quali sarà inoltre necessario semplificare e velocizzare le operazioni di analisi dei dati. In caso di dubbio - ad esempio con alcuni valori appena al di là della norma - consigliamo per ora una seconda prova dinamometrica, da eseguirsi nell'arco delle 24-48 ore. In tal modo si può verificare ancor meglio la riproducibilità dei dati, senza che nel frattempo possano ragionevolmente intervenire fattori in grado di modificare le condizioni cliniche e la performance del soggetto da valutare. Dati preliminari in nostro possesso hanno mostrato che un soggetto che riesca parzialmente a simulare nel primo test, si trova in netta difficoltà a riprodurre le stesse prestazioni a distanza di una giornata (25).

Conclusioni

La combinazione dei metodi da noi proposti ha ottenuto risultati migliori di quelli ottenuti con i protocolli proposti dalla letteratura, arrivando a discriminare il 100% delle prove massimali. In particolare, l'introduzione dell'analisi dei valori estrapolati dal test di resistenza (elemento innovativo di questo studio) ha consentito di compiere un grosso passo in avanti nel processo di identificazione dei falsi sforzi massimali, a scapito però della semplicità e della rapidità dei calcoli necessari. Proponiamo quindi l'adozione del nostro protocollo di valutazione nel campo medico-legale ed assicurativo, sebbene ulteriori studi siano necessari per ottimizzarne la somministrazione.

Bibliografia

- 1) Daniels L, Worthingam O. Esame del sistema muscolare. IV Ed. Roma: Verduci Editore, 1984, 1-5.
- 2) Kendall FP, McCreary-Kendall E, Provance PG. Principi fondamentali. In: Kendall FP, McCreary-Kendall E, Provance PG, eds. I muscoli: funzioni e test. IV Ed. Roma: Verduci Editore, 1995, 1-8.
- 3) Jaric S. Muscle strength testing. Sports Med 2002; 32: 615-631.
- 4) Birmingham TB, Kramer JF, Speechley M, et al. Measurement variability and sincerity of effort: clinical utility of isokinetic strength coefficient of variation scores. Ergonomics 1998; 41: 853-863.
- 5) Dvir Z. Grade 4 in manual muscle testing: the problem with submaximal strength assessment. Clin Rehab 1997; 11: 36-41.
- 6) Saraniti AJ, Gleim GW, Melvin A, Meredith JW, Nicholas JA. The relationship between subjective and objective measurements of strength. J Orthop Sports Phys Ther 1980; 2: 15-19.
- 7) Davies GJ. Introduction and overview of isokinetics. In: Davies GJ, ed. A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques. Onalaska, Wisconsin: S&S Publishers, 1992.
- 8) Roi GS, Respizzi S, Buselli P. Test di valutazione funzionale della forza muscolare. In: Roi GS, Respizzi S, Buselli P, eds. L'esercizio isocinetico. Milano: Alea Edizioni, 1998, 37-45.
- 9) Tesio L, Roi GS. L'esercizio isocinetico: basi fisiologiche, metodi, applicazioni. In: Franchignoni FP, ed. Aggiornamenti in riabilitazione 1. Milano: Ghedini Editore, 1989, 43-58.
- 10) Lin P, Robinson ME, Carlos J, O'Connor P. Detection of submaximal effort in isometric and isokinetic knee extension tests. J Orthop Sports Phys Ther 1996; 24: 19-24.
- 11) Dvir Z, David G. Suboptimal muscular performance: measuring isokinetic strength of knee extensors with new testing protocol. Arch Phys Med Rehabil 1996; 77: 578-581.
- 12) Dvir Z, Steinfeld-Cohen Y, Peretz O. Identification of feigned shoulder flexion weakness in normal subjects. Am J Phys Med Rehabil 2002; 81: 187-193.
- 13) Dvir Z. Clinical application of the DEC variables in assessing maximality of muscular effort. Am J Phys Med Rehabil 2002; 81: 921-928.
- 14) Chalet J, Dvir Z, et al. Identification of feigned maximal shoulder external rotation effort. Clin Rehabil 2007; 21: 241-247.
- 15) Marellò G, Buzzi F. Valutazione medico-legale nell'isocinetica. In: Dupré A, Caserio M, Pasquetti P, eds. Isocinetica '92. Firenze: Scientific Press, 1993, 149-154.
- 16) Sgherzi B, Rossi R, Tafani M, Polo L. La valutazione del picco del momento di forza (PMF) in condizioni isocinetiche: l'approccio medico legale. In: Dupré A, Caserio M, Pasquetti P, eds. Isocinetica '92. Firenze: Scientific Press, 1993, 181-193.
- 17) Lechner DE, Bradbury SF, Bradley LA. Detecting sincerity of effort: a summary of methods and approaches. Phys Ther 1998; 78: 867-888.
- 18) Shechtman O, Antono S, Kanasky WF, Robinson ME. The use of the coefficient of variation in detecting sincerity of effort: A meta-analysis. Work 2006; 26: 335-341.
- 19) Roi GS, Respizzi S, Buselli P. Isocinetica in medicina legale. In: Roi GS, Respizzi S, Buselli P, eds. L'esercizio isocinetico. Milano: Alea Edizioni, 1998, 113-114.
- 20) Dvir Z. Isokinetics of the knee muscles. In Dvir Z, ed. Muscle testing, interpretation and clinical applications. London: Churchill Livingstone, 1995, 101-128.
- 21) Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 1977; 33: 159-174.
- 22) Gutierrez Z, Shechtman O. Effectiveness of the five-handle position grip strength test in detecting sincerity of effort in men and women. Am J Phys Med Rehabil 2003; 82: 847-855.
- 23) Robinson ME, Danecker EA. Critical issues in the use of muscle testing for the determination of sincerity of effort. Clin J Pain 2004; 20: 392-398.
- 24) Dvir Z. Identification of feigned grip effort using isokinetic dynamometry. Clin Biomech 1999; 14: 522-527.
- 25) Crenna F. La valutazione della sincerità dello sforzo massimale in ergometria. Tesi di diploma in Fisioterapia - Università degli Studi dell'Insubria, 2003.