



**PARTICIPACIÓN DEL REFLEJO DE ESTIRAMIENTO EN LA PERFORMANCE DEL  
COUNTERMOVEMENT JUMP.**

Paula V. González Rodríguez

**RESUMO**

*A proposta do estudo foi investigar a relação do reflexo de estiramento em músculos do membro inferior e a altura máxima alcançada no salto com contramovimento (CMJ). Registros eletromiográficos de seis músculos do membro inferior dominante foram obtidos simultaneamente com o registro da força vertical de reação do solo para um total de 75 saltos feitos por 15 desportistas. Os sinais eletromiográficos foram retificados e calculada a integral em: períodos de tempo associados com a atividade reflexa de curta, mediana e longa latência, período reflexo total e fase de contato do CMJ. Utilizou-se o último valor para relativizar os outros quatro. Foi realizada uma análise descritiva da atividade reflexa total relativa (ARTr) para cada músculo. A altura do salto se correlacionou com as atividades reflexas relativas dos músculos Vasto lateral, Gastrocnêmio medial e Sóleo, eles apresentaram valores de ARTr acima de 10%. Somente o Gastrocnêmio medial mostrou correlação significativa, de valor negativo, nas atividades reflexas relativas de mediana latência, longa latência e total. Os resultados sugerem que o reflexo de estiramento dos músculos estudados não é determinante do desempenho do CMJ.*

**Palavras-chave:** Biomecânica, salto vertical, eletromiografia.

**ABSTRACT**

*The proposal of the study was to investigate the relationship of the stretch reflex in lower limb muscles and the maximum height achieved in countermovement jumps (CMJ). Surface electromyograms of six selected lower limb muscles were recorded simultaneously with the vertical ground reaction force record for 75 jumps performed by 15 athletes. The electromyographic signals were rectified and muscle activity was quantified by integrating the processed electromyographic data for periods of time associated with the reflex activity of short, medium and long latency, total time of reflex activity and ground contact time of CMJ. Last value was used to relativized the other four. We performed a descriptive analysis of total reflex activity (ARTr) for each muscle. The jump height was correlated with reflex activities for the vastus lateralis, medial gastrocnemius and soleus, whose ARTr were higher than 10%. Only the reflex activities on middle-latency, long latency and total of medial gastrocnemius was significantly (negatively) related to jump height. The results suggest that the stretch reflex of the muscles studied is not determinant of the performance of the CMJ.*

**Keywords:** Biomechanics, vertical jump, electromyography.



## RESUMEN

*La propuesta del estudio fue investigar la relación del reflejo de estiramiento en músculos de miembro inferior y la altura lograda en saltos máximos con contramovimiento (CMJ). Registros electromiográficos de seis músculos del miembro inferior dominante se obtuvieron simultáneamente con el registro de fuerza vertical de reacción del suelo para un total de 75 saltos realizados por 15 deportistas. Las señales electromiográficas fueron rectificadas y se calculó la integral en: períodos de tiempo asociados con la actividad refleja de corta, mediana y larga latencia, período reflejo total y fase de contacto del CMJ. Se utilizó el último valor para relativizar los otros cuatro. Se realizó un análisis descriptivo de la actividad refleja total relativa (ARTr) para cada músculo. La altura del salto se correlacionó con las actividades reflejas relativas de los músculos Vasto lateral, Gastrocnemio medial y Sóleo, quienes presentaron ARTr superiores al 10%. Únicamente para el Gastrocnemio medial existió correlación significativa, de valor negativo, en las actividades reflejas relativas de mediana latencia, de larga latencia y total. Los resultados sugieren que el reflejo de estiramiento de los músculos estudiados no es determinante de la performance del CMJ.*

**Palabras claves:** Biomecánica, salto vertical, electromiografía.

## INTRODUCCIÓN:

Los saltos verticales, como el *countermovement jump* (CMJ), son habitualmente utilizados para evaluar distintas capacidades físicas en diferentes deportes (KOMI; BOSCO, 1978; BOSCO, 1981; FÁBRICA *et al.*, 2008).

El reflejo de estiramiento puede ser de considerable importancia en la regulación de la rigidez de las unidades músculo-tendinosas y de esta forma contribuir a aumentar la capacidad de fuerza en actividades que implican el ciclo estiramiento-acortamiento (HOFFER; ANDREASSEN, 1981; KOMI; GOLLHOFER, 1997). La participación de los diferentes componentes del reflejo de estiramiento en diferentes tipos de saltos y en la carrera se ha estudiado a través del análisis de señales electromiográficas de superficie (GOLLHOFER *et al.*, 1992; VOIGT *et al.*, 1997; OLIVER; SMITH, 2010).

Mientras el sistema muscular está activado luego de un rápido estiramiento muscular es esperable que ocurra una importante participación del reflejo de estiramiento (GREENWOOD; HOPKINS, 1976; DIETZ *et al.*, 1979). En algunos tipos de saltos y durante la carrera, incluso cuando son realizados en forma sub-máxima, la contribución del reflejo de estiramiento al total de la señal electromiográfica puede ser sustancial, ya que un gran número de unidades motoras reciben estímulos aferentes a través de fibras Ia en consecuencia de la relativa alta velocidad de movimiento articular (KOMI; GOLLHOFER, 1997). En cambio, la velocidad del movimiento que se desarrolla durante la fase excéntrica de un CMJ es bastante menor (FUKASHIRO *et al.*, 1993), y por ello la trascendencia del efecto del reflejo de estiramiento en la altura lograda en este tipo de salto ha sido muy discutida en la bibliografía especializada (INGEN SCHENAU *et al.*, 1997; KOMI; GOLLHOFER, 1997).



Este estudio evalúa la relación del reflejo de estiramiento y la altura lograda durante CMJ máximos. Para ello toma en cuenta los componentes reflejos de corta, mediana y larga latencia, así como el componente reflejo total, en seis músculos de miembro inferior.

## **METODOLOGÍA:**

### **Participantes**

Una población de quince deportistas de diferentes disciplinas (edad  $23,5 \pm 3,0$  años, masa corporal  $72,3 \pm 4,1$  kg y altura  $1,75 \pm 0,09$  m), con previa experiencia en test de saltos verticales participaron voluntariamente del estudio.

Todos ellos firmaron un consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de la República, Uruguay.

### **Protocolo experimental**

Cada sujeto realizó 5 CMJ máximos sobre una plataforma de fuerzas AMTI OR6-5 (*Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, Massachussets*) y la componente vertical de fuerza de reacción del piso ( $F_y$ ) fue obtenida con una frecuencia de 1000 Hz. Durante la ejecución de los saltos el individuo partió de una posición erecta, realizando luego un contramovimiento hasta alcanzar un ángulo de flexión de rodilla de  $90^\circ$ .

La variación angular durante los saltos fue controlada por cinemetría, descartándose aquellos saltos en los que la flexión de rodilla varió en más de  $5^\circ$  con respecto al ángulo pre-establecido como referencia ( $90^\circ$ ).

En forma simultánea al registro de  $F_y$  la actividad eléctrica de seis músculos del miembro inferior dominante fue registrada con un electromiógrafo Miotec<sup>®</sup> (*Miotool 400*), utilizándose el *software* Miograph<sup>®</sup> 2.0 con una frecuencia de adquisición de 1000 Hz y una ganancia de 1600.

Los electromiogramas del Recto anterior, Vasto lateral, Bíceps femoral, Tibial anterior, Gastrocnemio medial y Sóleo se efectuaron empleando electrodos bipolares de superficie Ag/AgCl (*Neonatal ECG electrodes, Unomedical Ltd., Stonehouse, UK*), con una separación 20 mm de centro a centro.

Previo a la colocación de los electrodos la piel fue acondicionada (depilada, frotada y lavada). La ubicación de éstos en el cuerpo del individuo fue hecha según criterios estandarizados en la bibliografía (DE LUCA, 1997). Además, los cables y pre-amplificadores se fijaron al miembro inferior del sujeto con la finalidad de minimizar la aparición artefactos que son producidos por el movimiento (VOIGT *et al*, 1998).

### **Adquisición y procesamiento de los datos**

Los registros de  $F_y$  fueron exportados a MATLAB<sup>®</sup> 6.0 (*The Math Works, Inc., Natick, MA. USA*) y filtrados utilizando un filtro *Butterworth* de tercer orden con frecuencia máxima determinada mediante el método de residuos de Winter (WINTER, 1990).

Las señales electromiográficas fueron procesadas utilizando el *software* SAD2 (*Sistema de Adquisição de Dados, Laboratorio de Medições Mecânicas, Escola de Engenharia, UFRGS, Brasil*). A la señal eléctrica



de cada músculo considerado se le removeu a corrente de base e se filtrou utilizando um filtro Ideal com frequências de corte entre 10-1000 Hz. Posteriormente se realizou a retificação de cada sinal filtrada.

Ambos tipos de registros, de força e eletromiográficos, foram sincronizados no programa SAD2 e se considerou um *delay* eletromecânico de 0,012 s entre as sinais (KOMI; GOLLHOFER, 1997).

Tomando como referência a curva de  $F_y$  se definiram os instantes de começo de cada CMJ (tempo de início do contramovimento), tempo de despegue e tempo de aterrissagem.

Estabelecido o tempo de início de cada CMJ, na sinal eletromiográfica se definiram os períodos de atividade reflete de curta latência (0,031-0,060 s a partir do início do salto), mediana latência (0,061-0,090 s depois de iniciado o salto) e longa latência (0,091-0,120 s depois do início do salto) (OLIVER; SMITH, 2010). Também se definiu o período compreendido por estas três: atividade reflete total (0,31-0,120 s depois do início do salto).

Se integrou a sinal eletromiográfica retificada de cada músculo em cada período de atividade reflete considerado e a sinal eletromiográfica durante toda a fase de contato (desde início do salto ao instante de despegue). Isto se realizou para cada CMJ avaliado de cada um dos quinze sujeitos.

O valor de a integral de cada atividade reflete de cada músculo durante um CMJ foi relativizado por o valor de a integral de atividade elétrica obtido durante a fase de contato do CMJ correspondente. Dicho cociente, finalmente, se expressou em forma de porcentagem.

A altura de cada CMJ foi calculada empregando os tempos de despegue e aterrissagem se calculou a altura de cada CMJ (KOMI; BOSCO, 1978), utilizando o *software* MATLAB<sup>®</sup> 6.0.

### **Análisis de los datos.**

Em o análise estatístico de os dados se utilizou o *software* SSPS 17.0 (*Statistical Package for the Social Science, Sun Microsystems, USA*).

As cinco alturas alcançadas por cada indivíduo foram promediadas. Subsequentemente se realizou a estatística descritiva (média e desvio padrão) de as alturas promediadas de os quinze sujeitos.

Para cada músculo considerado em cada indivíduo se promediaram os 5 valores de atividade reflete relativa de curta, mediana e longa latência, assim como de atividade reflete relativa total. Posteriormente para cada músculo se realizou a estatística descritiva (média e desvio padrão) de cada tipo de atividade reflete relativa promediada considerando o conjunto de os quinze indivíduos.

Se considerou relevante estudar os músculos cujo valor de atividade reflete relativa total foi maior a um 10%. Se avaliou o grau de associação entre as atividades elétricas de os músculos e as alturas obtidas de cada indivíduo através de correlação linear de Pearson ( $p < 0,05$ ).

## **RESULTADOS:**

Las alturas logradas por los 15 individuos fue  $0,30 \pm 0,04$  m.

Los valores medios y desvío estándar de la actividad refleja total promediada de la población para cada músculo se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 – Valores medio y desvío estándar de la actividad refleja relativa total promediada del conjunto de los 15 individuos evaluados. Se destacan en gris los músculos que presentaron valor medio mayor al 10%.

| Actividad refleja relativa total promediada (%) |       |                 |
|-------------------------------------------------|-------|-----------------|
| Músculo                                         | Media | Desvío estándar |
| Recto anterior                                  | 2,35  | 2,62            |
| Vasto Lateral                                   | 10,52 | 3,80            |
| Bíceps Femoral                                  | 2,76  | 2,28            |
| Tibial Anterior                                 | 7,41  | 5,86            |
| Gastrocnemio Medial                             | 12,96 | 1,71            |
| Sóleo                                           | 12,39 | 1,62            |

Los resultados de las correlaciones lineales de Pearson entre alturas promedio alcanzadas por cada sujeto y las actividades reflejas relativas consideradas para los músculos cuya actividad refleja total relativa promedio fuer mayor al 10% se muestran en la tabla 2.

Tabla 2 – Resultados de la correlación lineal de Pearson entre la altura de cada individuo y las distintas actividades reflejas relativas consideradas para los músculos tomados en cuenta. Valor r: valor del coeficiente lineal de Pearson; asteriscos y sombreado en gris indican resultados estadísticamente significativos.

| Coeficiente de correlación entre altura y actividades reflejas relativas |         |       |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|-------|
| Activad refleja relativa total                                           |         |       |
|                                                                          | .r      | .p    |
| Vasto Lateral                                                            | - 0,23  | 0,967 |
| Gastrocnemio Medial                                                      | - 0,76* | 0,048 |
| Sóleo                                                                    | - 0,23  | 0,962 |
| Activad refleja relativa de corta latencia                               |         |       |
|                                                                          | .r      | .p    |
| Vasto Lateral                                                            | 0,74    | 0,873 |
| Gastrocnemio Medial                                                      | 0,19    | 0,680 |

|                                              |         |       |
|----------------------------------------------|---------|-------|
| Sóleo                                        | - 0,25  | 0,593 |
| Activad refleja relativa de mediana latencia |         |       |
|                                              | .r      | .p    |
| Vasto Lateral                                | - 0,51  | 0,244 |
| Gastrocnemio Medial                          | - 0,75* | 0,049 |
| Sóleo                                        | 0,36    | 0,431 |
| Activad refleja relativa de larga latencia   |         |       |
|                                              | .r      | P     |
| Vasto Lateral                                | 0,13    | 0,788 |
| Gastrocnemio Medial                          | - 0,76* | 0,047 |
| Sóleo                                        | - 0,28  | 0,536 |

## DISCUSIÓN:

La altura lograda en los CMJ considerados en este estudio ( $0,30 \pm 0,04$  m) fue comparable a la reportada en trabajos anteriores, en los cuales los sujetos saltaron utilizando una técnica equivalente (HORTOBAGYI *et al.*, 1991, RODACKI *et al.*, 2002).

Estudios previos han establecido que la altura alcanzada en este tipo de salto (CMJ) depende principalmente de la participación activa de los músculos de miembro inferior (RODACKI *et al.*, 2002). Además se ha señalado que varios factores podrían aumentar la participación activa de los grupos musculares implicados, y entre los factores sugeridos se encuentra el reflejo de estiramiento (GREENWOOD *et al.* 1976; DIETZ *et al.*, 1979). No obstante, la baja velocidad de movimiento que se da durante la fase excéntrica de un CMJ, en comparación con lo que ocurre durante la carrera y otros tipos de saltos (FUKASHIRO *et al.*, 1993), a puesto en discusión la importancia que tiene el reflejo de estiramiento sobre la altura lograda en el CMJ (INGEN SCHENAU *et al.*, 1997; KOMI; GOLLHOFFER, 1997).

En este trabajo se observó que de los seis músculos analizados únicamente tres de ellos (vasto lateral, gastrocnemio medial y sóleo) presentaron en el período de tiempo donde participa el reflejo de estiramiento, una actividad eléctrica relativa a la actividad eléctrica de toda la fase de contacto por encima del 10% (OLIVER; SMITH, 2010). Los bajos valores encontrados para el bíceps femoral y tibial anterior son coherentes con la situación en que se hallan estos músculos durante la fase de contramovimiento. Mientras que los bajos valores para el recto anterior se podrían explicar en el hecho de que este músculo es bi-articular, pudiendo permanecer con su longitud aproximadamente constante durante la fase excéntrica del salto si el grado de movimiento de una articulación es recíprocamente acompañado por el movimiento de la otra. De esta manera, los resultados encontrados muestran que existe un aumento relativo de la actividad eléctrica durante el período de tiempo considerado como de actividad refleja en aquellos músculos que están siendo estirados durante la fase excéntrica del salto, mientras que no se aprecian cambios sustanciales en los demás músculos analizados.

Las correlaciones entre las actividades reflejas relativas y la altura del salto mostraron significancia estadística únicamente para el músculo gastrocnemio medial. Esta correlación ocurrió en las actividades



reflejas relativas de mediana y larga latencia, y para la actividad refleja relativa total. Además, dichos coeficientes de correlación presentaron valores negativos, por lo cual la asociación entre actividad refleja relativa del gastrocnemio medial y la altura alcanzada en el salto es inversa.

De esta forma, según los resultados obtenidos en este estudio, el reflejo de estiramiento no tendría un papel relevante en la *performance* del CMJ. Esto podría deberse a que éste salto no sea una actividad que implique un ciclo estiramiento-acortamiento (KOMI; GOLLHOFER, 1997) y que, por tanto, el rápido estiramiento muscular necesario para disparar el reflejo de esta estiramiento no esté ocurriendo. Sin embargo, cabe preguntarse a qué se debe el aumento del 10% de la actividad eléctrica relativa en el período de actividad refleja total para los músculos Vasto lateral, Gastrocnemio medial y Sóleo, así como las relaciones negativas encontradas entre la actividad del Gastrocnemio medial y la altura lograda durante este tipo de salto. Las respuestas a estas cuestiones requieren de más estudios. Estos contribuirían al entendimiento de las bases electromecánicas del CMJ pudiendo constituir un aporte importante para las áreas del deporte y la evaluación del rendimiento deportivo entre otras.

#### **REFERENCIAS:**

BOSCO, C.; KOMI, P.V.; ITO, A. *Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. Acta Physiol Scand*, v. 111, p. 135-140, 1981.

BROWN, L.; WEIR, J. *Procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. Journal of Exercise Physiology*, v. 4, p. 1-21, 2001.

GOLHOFER, A.; STROJNIK, V.; RAPP, W.; SCHWEIZER, L. *Behavior of triceps surae muscle-tendon complex in different jump conditions. European Journal of Applied Physiology*, v. 64, p. 283-291, 1992.

GREENWOOD, R.; HOPKINS, A. *Landing from an unexpected fall and voluntary step. Brain research*, v. 99, p. 375-386, 1976.

DE LUCA, J.C. *The use of surface electromyography in biomechanics. J. Appl Biomech*, v. 13, p. 135-163, 1997.

DIETZ, V.; SCHMIDTBLEICHER, D.; NOTH, J. *Neuronal mechanisms of human locomotion. Journal of Neurophysiology*, v. 42, p. 1212-1222, 1979.

FÁBRICA, C.G; ALONSO, R.; REY, A.; POLERO, P.; BERRETA, G. *Explosive force in football association: effects of competition and field location. International Journal of Performance Analysis in Sport*, v. 8, n. 2, p. 56-67, 2008.

FUKASHIRO, S.; KOMI, P.V.; JARVINEN, M.; MIYASHITA, M. *Comparison between the directly measured Achilles tendon force and the tendon force calculated from the joint ankle movement during vertical jumps. Journal of Clinical Biomechanics*, v. 8, p. 25-30, 1993.



HOFFER, J.A.; ANDREASSEN, S. *Regulation of soleus muscle stiffness in pre-mammillary cats. Intrinsic and reflex components. Journal of Neurophysiology*, v. 45, p. 267-285, 1981.

HORTOBAGYI, T.; LAMBERT, N.J.; KROLL, W.P. *Voluntary and reflex responses to fatigue with stretch-shortening exercise. Can. J. Sport Sci*, v. 16, p.142-150, 1991.

INGEN-SCHENAU, G.J. Van; BOBBERT, M.F.; HAAN, A. de. *Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? Journal of Applied Biomechanics*, v. 13, p. 386-415, 1997.

KOMI, P.V.; BOSCO, C. *Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscle by men and women. Medicine and Science in Sports*, v. 10, p. 261-265, 1978.

KOMI, P.V.; GOLLHOFER, A. *Stretch Reflexes can Have an Important Role in Force Enhancement During SSC Exercise Journal of Applied Biomechanics*, v. 3, n. 4, p. 451-460, 1997.

NICOL, C.; KOMI, P.V.; HORITA, T.; KYRÖLÄINEN, H.; TAKALA, T.E.S. *Reduced stretch-reflex sensitivity after exhausting stretch-shortening cycle exercise. Eur J. Appl Physiol*, v. 72, p. 401-409, 1996.

OLIVER, J.L.; SMITH, P.M. *Neural control of leg stiffness during hopping in boys and men. Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 20, p. 973-979, 2010.

RODACKI, A.L.; FOWLER, N.E.; BENNETT, S. J. *Vertical jump coordination: fatigue effects. Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 34, n.1, p. 105-116, 2002.

VOIGT M, DYHRE-POULSEN P, SIMONSEN, E.B. *Modulation of short-latency stretch- reflexes during human hopping. Acta Physiol Scand*, v. 163, p. 181-194, 1998.

WINDHORST, U. *Muscle proprioceptive feedback and spinal networks. Brain Research Bulletin*, v. 73, p. 155-202, 2007.

WINTER, D.A. *Biomechanics and motor control of human movement 2ª ed.* Toronto: Wiley Inter Science, 1990.

Referencias de autor: Paula V. González Rodríguez

[pau.gonz.rod@gmail.com](mailto:pau.gonz.rod@gmail.com)

Unidad de Investigación en Biomecánica de la Locomoción Humana  
Facultad de Medicina, UdelaR, Uruguay.  
(++598)99579163