

Relacions entre el salt vertical i la velocitat de mae-geri en karatekes de nivell internacional, especialitat kata

Relationships between Vertical Jump and Mae-Geri Speed in International Class Karatekas Specialising in Kata

VÍCTOR MARTÍNEZ-MAJOLERO

Col·legi Santa Isabel de Madrid (Espanya)

CARLOS BALSALOBRE-FERNÁNDEZ

Departament d'Educació Física, Esport i Motricitat Humana
Universidad Autónoma de Madrid (Espanya)

JORGE VILLACIEROS-RODRÍGUEZ

Federació Madrilenya de Karate (Espanya)

CARLOS M.^a TEJERO-GONZÁLEZ

Departament d'Educació Física, Esport i Motricitat Humana
Universidad Autónoma de Madrid (Espanya)

Autor per a la correspondència

Carlos M. Tejero-González
carlos.tejero@uam.es

Resum

Aquest treball va perseguir dos objectius: (1) descriure la capacitat de salt vertical i la velocitat i el temps d'execució de la tècnica de cama frontal mae-geri en karatekes de nivell internacional, i (2) analitzar el grau de covariació entre aquestes variables. Els participants van ser 13 karatekes espanyols masculins de nivell internacional, estil shito-ryu i especialitat de kates. L'estudi va seguir un disseny descriptiu i correlacional. Les variables analitzades van ser: salt vertical CMJ, mesurat amb una plataforma d'infrarojos Optojump, i velocitat i temps d'execució de cop de peu mae-geri, mesurat amb una càmera d'alta velocitat (Casio EXFC-100). Es van obtenir les dades següents: altura mitjana de salt de $48,7 \pm 0,12$ cm, velocitat mitjana de mae-geri de $19,8 \pm 1,9$ km/h i de $19,6 \pm 1,4$ km/h, i temps d'execució del cop de peu de $264,85 \pm 28,14$ ms i de $274,69 \pm 18,4$ ms, cama dominant i no dominant respectivament. Les intensitats de correlació es van situar entre $r=0,72$ i $r=-0,80$. El salt vertical va mantenir una relació altament i estadísticament significativa amb la velocitat i el temps d'execució del cop de peu mae-geri, tècnica de gran importància en les kates de competició en karate. Aquesta informació pot ser valuosa tant per planificar l'entrenament mitjançant proves simples i de baix cost com per detectar talents.

Paraules clau: alt rendiment, karate, força explosiva, valoració

Abstract

Relationships between Vertical Jump and Mae-Geri Speed in International Class Karatekas Specialising in Kata

This study pursued two objectives: (1) to describe the vertical jumping ability and speed and execution time of the mae-geri front leg technique in international level karatekas, and (2) to analyse the degree of covariation between these variables. The participants were 13 male Spanish international level karatekas, shito-ryu style and specialising in kata. The study followed a descriptive correlational design. The variables analysed were CMJ vertical jump, measured by an Optojump infrared platform, and speed and execution time of a mae-geri kick, measured by a high speed camera (Casio EXFC-100). The average jump height was 48.7 ± 0.12 cm, the average speed of mae-geri was 19.8 ± 1.9 kph and 19.6 ± 1.4 kph, and the execution time of the kick was 264.85 ± 28.14 m/s and 274.69 ± 18.4 m/s, dominant and non-dominant leg respectively. The correlation intensities ranged from $r = 0.72$ to $r = -0.80$. The vertical jump had a high and statistically significant relationship with the speed and execution time of the mae-geri kick, a very important technique in competition kata in karate. This information may be helpful in order to plan training through simple and low cost tests and to detect talent.

Keywords: high performance, karate, explosive strength, assessment

Introducció

El karate és una especialitat esportiva amb unes necessitats de producció de força en la unitat de temps, o força explosiva, molt altes (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983; Busko & Wit, 2002; Chaabène, Hachana, Franchini, Mkaouer, & Chamari, 2012; Pozo, Bastien, & Dierick, 2011; Ravier, Grappe, & Rouillon, 2004; Scatton-Silva, Lessi, Lobato, & Serrão, 2012). En concret, els karatekes necessiten produir moviments de membres superiors i inferiors a altes velocitats (com a tècniques de cama i puny) per aconseguir un rendiment esportiu satisfactori, no sols perquè s'ha demostrat que els karatekes d'elit tenen majors nivells de força explosiva que els de menor experiència esportiva (Doria et al., 2009; Pozo et al., 2011; Ravier et al., 2004), sinó perquè la velocitat d'execució és un dels criteris fonamentals de puntuació en les competicions de kata (Chaabène et al., 2012).

Probablement, la prova més utilitzada en l'àmbit de l'entrenament esportiu per inferir la força explosiva dels membres inferiors dels esportistes és el salt vertical, o *counter movement jump* (d'ara en endavant CMJ) (Gorostiaga et al., 2004; Izquierdo, Ibáñez, González-Badillo, & Gorostiaga, 2002; Jiménez-Reyes & González-Badillo, 2011; Shalfawi, Sabbah, Kailani, Tonnessen, & Enoksen, 2011). Això és així a causa del seu fàcil mesurament, la seva escassa o nul·la interferència amb l'entrenament esportiu (a penes produeix fatiga) i la seva gran sensibilitat per detectar canvis en el rendiment físic, entre altres factors (Jiménez-Reyes & González-Badillo, 2011). Així, el CMJ ha estat utilitzat en nombrosos estudis científics per avaluar la força explosiva dels membres inferiors d'esportistes d'especialitats molt diverses (Cormack, Newton, McGuigan, & Cormie, 2008; De Villarreal, Izquierdo, & Gonzalez-Badillo, 2011; Hermassi, Chelly, Tabka, Shephard, & Chamari, 2011; López-Segovia, Marques, Vam den Tillaar, & González-Badillo, 2011), entre les quals hi ha el karate (Koropanovski et al., 2011; Ravier et al., 2004). Per exemple, Ravier et al. (2004) proposen la utilització del CMJ per avaluar la força explosiva de karatekes de competició perquè, entre altres conclusions, en el seu estudi van comprovar que els de major nivell es diferenciaven dels de menor nivell per la seva capacitat de salt vertical.

No obstant això, la major expressió de força explosiva en el karate es troba en la velocitat dels seus moviments, generalment tècniques de cames i punys unilaterals, per la qual cosa el seu mesurament és clau per

valorar l'estat de forma i el nivell competitiu d'aquests esportistes (Busko & Wit, 2002; Chaabène et al., 2012; Pozo et al., 2011; Ravier et al., 2004; Scatton-Silva et al., 2012; Vences Brito, Rodrigues Ferreira, Cortes, Fernandes, & Pezarat-Correia, 2011). De fet, en taekwondo, disciplina de més difusió per la seva presència en jocs olímpics, la valoració de la velocitat i el temps d'execució de les tècniques de cama i puny constitueix un pilar fonamental en l'anàlisi del rendiment esportiu (Jakubiak & Saunders, 2008; Lee, Jung, Shin, & Lee, 2001; Pieter, 1991; Young Kwan, Yoon Hyuk, & Shin Ja, 2011).

En concret, la tècnica més estudiada en les escasses investigacions publicades sobre cinemàtica i cinètica del karate és la tècnica de cama frontal o mae-geri (Pozo et al., 2011; Sforza et al., 2002). Aquests estudis utilitzen diverses anàlisis que es valen de càmeres d'alta velocitat i/o marcadors biomecànics per mesurar la velocitat/temps d'execució del cop de peu mae-geri. Per la seva banda, Pozo et al. (2011) van mesurar la velocitat del mae-geri mitjançant càmeres d'alta velocitat en karatekes nacionals i internacionals i van observar que els karatekes internacionals executaven significativament més ràpid aquesta tècnica que els de menor nivell competitiu. Així, aquests autors proposen l'avaluació de la velocitat del mae-geri per valorar el nivell competitiu dels karatekes. A conclusions similars van arribar Sforza et al. (2002), que també van trobar que l'execució del mae-geri pot ser un indicador rellevant per seleccionar talents esportius.

Com veiem, el mesurament tant del salt vertical com de la velocitat del mae-geri sembla tenir una gran importància en la valoració de la força explosiva i el nivell competitiu dels karatekes (Chaabène et al., 2012; Koropanovski et al., 2011; Ravier et al., 2004; Scatton-Silva et al., 2012) però, no obstant això, fins on arriba el nostre coneixement no hi ha estudis que analitzin la relació entre ambdues variables en karatekes de nivell internacional. Conèixer aquesta relació és de gran importància per a l'entrenament esportiu del karate perquè, d'una banda, permet identificar el perfil físic dels karatekes amb major nivell de rendiment esportiu i, d'altra banda, pot ajudar a avaluar els valors d'una variable en funció de l'altra. En particular, seria de gran utilitat per als entrenadors de karate conèixer si el salt vertical pot explicar un percentatge significatiu de la velocitat d'execució del mae-geri perquè, si és així, podria estimar-se aquesta velocitat mitjançant una prova econòmica i senzilla com és el CMJ. A l'últim, identificar el grau de

N	Edat (anys)	Talla (cm)	Pes (kg)	IMC
13	21 ± 3,4	168,5 ± 6,69	66,8 ± 7,3	20,01 ± 1,67

Èxits esportius de la mostra com a col·lectiu:

- Campionat del Món: 1 medalla d'or, 4 medalles d'argent, 6 medalles de bronze.
- Campionat d'Europa: 22 medalles d'or, 19 medalles d'argent, 25 medalles de bronze.

Taula 1. Característiques de la mostra

relació d'ambdues variables podria ajudar en el procés de detecció de talents esportius.

Així, la nostra investigació va tenir dos objectius principals: (1) descriure la capacitat de salt vertical i la velocitat d'execució de la tècnica de cama frontal mae-geri en karatekes de nivell internacional, i (2) estudiar la relació entre ambdues variables. Tenint en consideració allò que s'ha argumentat fins aquí, la hipòtesi del nostre estudi va ser la següent: el salt vertical CMJ correlacionarà de manera significativa amb la velocitat i el temps d'execució del mae-geri en un grup de karatekes de nivell internacional.

Mètode

Participants

La mostra va estar formada per 13 karatekes espanyols masculins d'alt nivell i experiència en competicions internacionals, amb un total de 77 medalles en campionats d'Europa i del Món en categories sènior i júnior. Com a criteri d'inclusió, es va establir que els esportistes havien d'haver participat en alguna competició internacional. Els participants tenien una edat entre 15 i 27 anys, una talla entre 157 i 177 cm, un pes entre 56,2 i 72,5 kg i un IMC entre 20,01 i 25,16. La seva participació va ser voluntària i consentida. Es va respectar la Declaració d'Hèlsinki i l'estudi va ser aprovat i autoritzat per la Federació Madrilenya de Karate (Espanya) (taula 1).

Disseny i procediment

L'estudi va seguir un disseny descriptiu i correlacional. Els participants van fer el mateix escalfament, el qual va ser dirigit per un mestre en karate, cinturó negre 3r dan i entrenador nacional de karate. L'escalfament va consistir en 10 minuts de carrera contínua combi-

nats amb 10 flexions de cama i 10 salts. Després van fer 15 flexions de braços. Per acabar, els esportistes van fer 20 tsukis i 20 mae-geris. Posteriorment, es va procedir al mesurament de les variables en l'ordre següent: salt vertical CMJ i velocitat d'execució del cop de peu mae-geri, seguint l'ordre de menor a major càrrega metabòlica com aconsella la NSCA (Coburn & Malek, 2011). L'estudi va ser dut a terme a les instal·lacions esportives de la Federació Madrilenya de Karate.

Salt vertical CMJ

Per al mesurament del tren inferior es va fer el test de salt vertical CMJ (Bosco et al., 1983) en una plataforma d'infrarojos Optojump, la fiabilitat i validesa de la qual ha estat demostrada (Glatthorn et al., 2011). Les mans es van situar en els malucs i el salt es va fer de manera enèrgica intentant arribar al més alt possible. Els esportistes van fer tres intents i es va prendre en consideració la mitjana dels tres. El valor de cada salt es va obtenir en centímetres.

Velocitat de mae-geri

El cop de peu mae-geri es va fer des de la posició anatòmica, en bipedestació amb els peus oberts a l'amplària dels malucs i els braços estirats al llarg del cos. Aquesta tècnica es divideix en 3 fases, ben descrites en Pozo et al. (2011), i bàsicament consisteix en una flexió del maluc en el pla sagital, amb el genoll flexionat, i una posterior extensió de genoll cap endavant en aquest pla. Per al mesurament de la velocitat del cop de peu mae-geri, es va utilitzar una càmera d'alta velocitat (Casio EXFC-100) amb una freqüència de 240 fotogrames per segon i una qualitat de 448 × 336 píxels, amb els quals es va enregistrar cada cop de peu dels karatekes. La càmera es va col·locar en un trípede situat de manera perpendicular al pla sagital dels esportistes i a una distància d'aquests de 2,5 metres, la qual cosa permetia enregistrar els subjectes de perfil des dels peus fins al cap. Es va col·locar un marcador en els mal·lèols externs de cada esportista, que servia com a marcador de posició i, amb ells, cada esportista va fer 3 mae-geris amb cada cama. Posteriorment, es va analitzar cada vídeo enregirat mitjançant el programari Kinovea 0.8.15 per a Windows, amb el qual es van obtenir dades de velocitat mitjana i temps d'execució de cada cop de peu. Per a això, el programari va prendre com a referència els marcadors dels mal·lèols externs i es va considerar

	CCI	Mitjana	Desviació típica	Mínim	Màxim	Probabilitat Shapiro-Wilk
Salt vertical CMJ (cm)	,75	46,42	4,20	40,20	52,90	,551
Mae-geri, cama dominant						
• Velocitat mitjana (km/h)	,92	19,8	1,9	17,6	24,3	,165
• Temps d'execució (ms)	,84	264,85	28,14	219	304	,512
Mae-geri, cama no dominant						
• Velocitat mitjana (km/h)	,82	19,6	1,4	16,8	21,8	,650
• Temps d'execució (ms)	,74	274,69	18,40	247	300	,211

Taula 2. Valors descriptius

l'inici del moviment el punt en què el peu deixa de contactar el sòl, i la fi del moviment el punt en què la velocitat de desplaçament del marcador es torna zero, en l'última fase d'extensió del mae-geri. Un vegada analitzats tots els vídeos, es va seleccionar la millor velocitat mitjana (en km/h) i el millor temps d'execució (en ms) del mae-geri de cada esportista. Les dades són fiables: dos analitzadors van fer l'anàlisi dels vídeos de manera independent i per separat, i es va obtenir un coeficient de correlació intraclasse (CCI) de 0,91.

Anàlisi de les dades

Es va estimar la fiabilitat de les mesures mitjançant el coeficient de correlació intraclasse i es va procedir amb estadística descriptiva estimant-se la mitjana aritmètica, la desviació típica i els valors mínim i màxim. Es va testar la normalitat de les variables mitjançant l'estadístic Shapiro-Wilk. Així mateix, es va procedir amb la prova T per a mostres relacionades i es va analitzar el nivell d'associació entre les variables amb el coeficient de correlació de Pearson. El nivell de confiança establert va ser de 95 % ($p < ,05$). Els resultats van ser estimats amb ajuda del programa informàtic IBM SPSS Statistics 20 (IBM Corporation, USA).

Resultats

Objectiu 1. Valors descriptius

Tots els mesuraments van ser suficientment fiables amb coeficients de correlació intraclasse entre ,74 i ,92, estadísticament significatius ($p < ,05$). Respecte al salt vertical CMJ, els karatekes van obtenir una capacitat mitjana de salt de 46,42 cm ($\pm 4,20$). Respecte a l'execució del mae-geri de la cama dominant, els esportistes van aconseguir una velocitat mit-

Mae-geri		Salt vertical
Cama dominant	Velocitat mitjana	,760**
	Temps d'execució	-,803**
Cama no dominant	Velocitat mitjana	,715**
	Temps d'execució	-,747**

** $p < ,01$.

Taula 3. Correlacions entre variables

jana de 19,8 km/h ($\pm 1,9$) i el temps d'execució va ser de 264,85 ms ($\pm 28,14$). En relació amb la cama no dominant, la velocitat mitjana va ser de 19,6 km/h ($\pm 1,4$) i el temps d'execució de 274,69 ms ($\pm 18,40$). Totes les variables van aportar valors que es van distribuir normalment ($p > ,05$) (taula 2).

Així mateix, de manera paral·lela i com a dada complementària, es van contrastar les variables relacionades amb el mae-geri en funció de la lateralitat de cama. Els resultats van indicar que no hi ha diferència entre la velocitat mitjana de la cama dominant i la no dominant ($t = ,775$; $gl = 12$; $p = ,45$), i tampoc en el temps d'execució entre una cama i una altra ($t = -1,63$; $gl = 12$; $p = ,12$).

Objectiu 2. Relació entre variables

Les diverses correlacions entre el salt vertical i les variables relacionades amb l'execució del mae-geri són estadísticament significatives, amb altes intensitats d'associació entre ,76 i -,80 (taula 3).

Discussió i conclusions

Respecte al primer objectiu del present estudi –la descripció de la capacitat de salt i la velocitat i temps d'execució del mae-geri en karatekes de nivell

internacional—, els nostres resultats confirmen la necessitat d'aconseguir uns grans nivells en aquestes variables relacionades amb la força explosiva per obtenir un alt rendiment en karate (Chaabène et al., 2012; Koropanovski et al., 2011; Ravier et al., 2004), a causa de la magnitud dels valors obtinguts. D'una banda, s'ha obtingut que aquest grup de karatekes d'alt èxit internacional (77 medalles d'or a bronze en campionats sènior i júnior d'Europa i del Món) té temps d'execució en la tècnica de cama de frontal mae-geri més baixos que taekwondistes d'alt nivell (Young Kwan et al., 2011), la qual cosa implica una major velocitat mitjana en la realització d'aquesta tècnica. A més a més, cal tenir en compte que els taekwondistes només competeixen en combat i la gran majoria de les seves tècniques són tècniques de cama (Jakubiak & Saunders, 2008; Lee et al., 2001; Pieter, 1991), per la qual cosa el temps d'execució de tècniques de cama obtingut en aquest estudi pot considerar-se notablement alt. D'altra banda, els valors de salt també es troben en nivells molt alts ($M = 48,7$ cm, $DT = 0,12$), i si bé no arriben al nivell d'esportistes especialitzats en aquesta capacitat, com els jugadors de basquetbol o voleibol (Hertogh & Hue, 2002; Ostojic, Mazic, & Dikic, 2006; Shalfawi et al., 2011), són fins i tot lleugerament més elevats que els d'atletes de 400 metres tanques d'alt nivell, en els quals la força explosiva també té un paper molt important (Balsalobre-Fernández, Del Campo-Vecino, Tejero-González, & Alonso-Curiel, 2012). Aquestes dades suggereixen que per aconseguir èxits esportius internacionals en karate, especialitat kates, és necessari aconseguir uns valors de força explosiva molt elevats.

Quant al segon objectiu del nostre estudi –l'anàlisi de les correlacions entre la velocitat i el temps d'execució del mae-geri i el salt vertical–, s'han obtingut valors elevats que posen de manifest l'estreta associació entre aquestes variables. D'una banda, cal destacar que la major de les correlacions s'ha obtingut amb el temps d'execució del mae-geri i el salt vertical ($r = -0,80/-0,75$, cama dominant i no dominant respectivament). De la mateixa manera, s'ha obtingut una correlació elevada entre la velocitat mitjana del mae-geri i el salt vertical ($r = 0,76/0,72$, cama dominant i no dominant respectivament), encara que de menor intensitat que l'observada entre el temps d'execució i el salt. Aquesta diferència podria deure's al mateix error de mesura mitjançant el seguiment dels marcadors a través del programari biomecànic. Com és ben sabut, la velocitat i el temps estan relacionats linealment, de

tal manera que un menor temps d'execució en el mae-geri comporta ineludiblement una major velocitat mitjana en aquest exercici amb una associació teòricament perfecta ($r = 1$). No obstant això, mentre que el temps d'execució és molt senzill de mesurar i ofereix valors altament precisos mitjançant l'ús d'una càmera d'alta velocitat i el programari Kinovea (Balsalobre-Fernández, Tejero-González, Del Campo-Vecino, & Bavaresco, en impremta), la velocitat del moviment estimada a través dels marcadors implica un cert error de mesura que fa que els valors d'una i altra variable no estiguin perfectament relacionats. D'aquesta manera, la velocitat de moviment exigeix al programari seguir un marcadore, estimar la seva distància recorreguda i, en funció del temps utilitzat, calcular el valor final. Per això, petites variacions en la determinació de la posició del marcador impedeixen que els valors de velocitat obtinguts no es corresponguin totalment amb el del temps de l'execució. En definitiva, el salt vertical ha evidenciat un alt percentatge d'associació amb la rapidesa d'execució del mae-geri ($r^2 = 0,56-0,65$, és a dir, 56-65 % de la variància del mae-geri està associat al salt vertical), variable que és de gran importància en el karate i explícitament valorada pels jutges en la competició.

En resum, les dades obtingudes en el nostre estudi ens permeten concloure, d'una banda, que és molt probable que per aconseguir un alt rendiment esportiu internacional en karate, especialitat kates, sigui necessari tenir uns valors de salt vertical i de velocitat de mae-geri notablement elevats i, d'altra banda, que el salt vertical és una prova molt recomanable per avaluar la força explosiva dels karatekes perquè, a més d'estar molt estesa tant en el karate com en altres esports (Hakkinen, 1993; Hertogh & Hue, 2002; Ravier et al., 2004), presenta uns nivells molt significatius de correlació amb la velocitat i el temps d'execució d'una de les tècniques més usades en les kates de competició.

Malgrat aquestes descobertes, són necessàries més investigacions per permetre definir amb exactitud les necessitats de força dels karatekes d'alt nivell competitiu per així poder perfeccionar les estratègies i mètodes d'entrenament amb l'objectiu d'aconseguir majors èxits esportius. En aquest sentit, seria de gran interès conèixer si la producció de força en exercicis com l'aixecament de banca i l'esquat tenen una relació estreta amb la velocitat d'execució de les tècniques de puny i cama més representatives del karate perquè, si és així, podrien proposar-se programes d'entrenament de força amb càrregues òptimes per millorar el seu

nivell de rendiment. En concret, variables com la *rate of force development* (RFD), indicador que representa la màxima producció de força en la unitat de temps (Blazevich, 2012; Hartmann et al., 2012; Lamas et al., 2012), és a dir, la força explosiva màxima, no ha estat investigada en karatekes, i el seu estudi podria ser clau tant per detectar talents com per entendre la capacitat de produir força en karatekes de diversos nivells competitiu.

Fins on arriba el nostre coneixement, no hi ha cap estudi que analitzi les relacions entre la velocitat i el temps d'execució en karatekes de nivell internacional.

Referències

- Balsalobre-Fernández, C., Del Campo-Vecino, J., Tejero-González, C., & Alonso-Curiel, D. (2012). Relació entre potència màxima, força màxima, salt vertical i esprint de 30 metres en atletes quatre-centistes d'alt rendiment. *Apunts. Educació Física i Esports* (108), 53-59.
- Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C., Del Campo-Vecino, J., & Bavaresco, N. (en impremta). Concurrent validity and reliability of a method based on a low-cost high-speed camera to measure flight time of vertical jumps. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Blazevich, A. (2012). Are training velocity and movement pattern important determinants of muscular rate of force development enhancement? *European Journal Of Applied Physiology*, 112(10), 3689-3691. doi:10.1007/s00421-012-2352-6
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). Simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50(2), 273-282. doi:10.1007/BF00422166
- Busko, K., & Wit, B. (2002). Force-velocity relationship of lower extremity muscles of karate athletes and rowers. *Biology of Sport*, 19(4), 373-384.
- Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., & Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829-843.
- Coburn, J. W., & Malek, M. H. (2011). *NSCA's Essentials of Personal Training* (2a ed.). Human Kinetics Publishers.
- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R., & Cormie, P. (2008). Neuromuscular and Endocrine Responses of Elite Players During an Australian Rules Football Season. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 3(4), 439-453.
- De Villarreal, E. S. S., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. (2011). Enhancing jump performance after combined vs. maximal power, heavy-resistance, and plyometric training alone. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3274-3281. doi:10.1519/JSC.0b013e3182163085
- Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E., Maggioni, M. A., Aschieri, P., Eusebi, F., ... Pietrangelo, T. (2009). Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. *European Journal Of Applied Physiology*, 107(5), 603-610. doi:10.1007/s00421-009-1154-y
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impeglizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 556-560. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d
- Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., González-Badillo, J. J., & Ibáñez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European Journal Of Applied Physiology*, 91(5-6), 698-707. doi:10.1007/s00421-003-1032-y
- Hakkinen, K. (1993). Changes in physical fitness profile in female basketball players during the competitive season including explosive type strength training. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 33(1), 19-26.
- Hartmann, H., Wirth, K., Klusemann, M., Dalic, J., Matuschek, C., & Schmidtbleicher, D. (2012). Influence of squatting depth on jumping performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3243-3261. doi:10.1519/JSC.0b013e31824ede62
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2424-2433. doi:10.1519/JSC.0b013e3182030edb
- Hertogh, C., & Hue, O. (2002). Jump evaluation of elite volleyball players using two methods: jump power equations and force platform. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 42(3), 300-303.
- Izquierdo, M., Ibáñez, J., González-Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. M. (Eds.). (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 332-343.
- Jakubiak, N., & Saunders, D. H. (2008). The feasibility and efficacy of elastic resistance training for improving the velocity of the Olympic Taekwondo turning kick. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1194-1197. doi:10.1519/JSC.0b013e31816d4f66
- Jiménez-Reyes, P., & González-Badillo, J. J. (2011). Monitoring training load through the CMJ in sprints and jump events for optimizing performance in athletics. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 7(18), 207-217.
- Koropanovski, N., Berjan, B., Bozic, P. R., Pazin, N., Sanader, A., Jovanovic, S., & Jaric, S. (2011). Anthropometric and physical performance profiles of elite karate kumite and kata competitors. *Journal of Human Kinetics*, 30, 107-114. doi:10.2478/v10078-011-0078-x
- Lamas, L., Ugrinowitsch, C., Rodacki, A., Pereira, G., Mattos, E. C., Kohn, A. F., & Tricoli, V. (2012). Effects of strength and power training on neuromuscular adaptations and jumping movement pattern and performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3335-3344. doi:10.1519/JSC.0b013e318248ad16
- Lee, S. H., Jung, C. J., Shin, S. H., & Lee, D. W. (2001). An analysis of the angular momentum of dolyeochagi in taekwondo. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 13(1), 18-32.
- López-Segovia, M., Marques, M. C., Vam den Tillaar, R., & González-Badillo, J. (2011). Relationships between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in u21 soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 30, 135-144. doi:10.2478/v10078-011-0081-2
- Ostojic, S. M., Mazic, S., & Dikic, N. (2006). Profiling in basketball: Physical and physiological characteristics of elite players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 740-744.
- Pieter, W. (1991). Performance characteristics of elite taekwondo athletes. *Korean Journal of Sport Science*, 3, 94-117.
- Pozo, J., Bastien, G., & Dierick, F. (2011). Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: Comparison of national and international standard karate athletes. *Journal of Sports Sciences*, 29(14), 1553-1561. doi:10.1080/02640414.2011.605164
- Ravier, G., Grappe, F., & Rouillon, J. D. (2004). Application of force-velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the

- functional assessment of karate competitor. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 44(4), 349-355.
- Scatone-Silva, R., Lessi, G. C., Lobato, D. F. M., & Serrão, F. V. (2012). Acceleration time, peak torque and time to peak torque in elite karate athletes. *Science & Sports*, 27(4), e31-e37. doi:10.1016/j.scispo.2011.08.005
- Sforza, C., Turci, M., Grassi, G. P., Shirai, Y. F., Pizzini, G., & Ferrario, V. F. (2002). Repeatability of mae-geri-keage in traditional karate: a three-dimensional analysis with black-belt karateka. *Perceptual & Motor Skills*, 95(2), 433-444. doi:10.2466/pms.2002.95.2.433
- Shalfawi, S. A. I., Sabbah, A., Kailani, G., Tonnessen, E., & Enoksen, E. (2011). The relationship between running speed and measures of vertical jump in professional basketball players: a field-test approach. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 3088-3092. doi:10.1519/JSC.0b013e318212db0e
- VencesBrito, A. M., Rodrigues Ferreira, M. A., Cortes, N., Fernandes, O., & Pezarat-Correia, P. (2011). Kinematic and electromyographic analyses of a karate punch. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 21(6), 1023-1029. doi:10.1016/j.jelekin.2011.09.007
- Young Kwan, K., Yoon Hyuk, K., & Shin Ja, I. (2011). Inter-joint coordination in producing kicking velocity of Taekwondo kicks. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(1), 31-38.