



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Ciências Sociais e Humanas

**Correlações entre parâmetros de força obtidos durante
o salto vertical e o sprint de 5m em estudantes
universitários**

Maria Helena Gonçalves Gil

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências do Desporto
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Mário António Cardoso Marques

Covilhã, Junho de 2011



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências Sociais e Humanas

Correlações entre parâmetros de força obtidos durante o salto vertical e o sprint 5m em estudantes universitários.

Maria Helena Gonçalves Gil

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências do Desporto
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Doutor Mário António Cardoso Marques

Covilhã, Junho de 2011

AGRADECIMENTOS

Finalizada esta etapa particularmente importante da minha vida, não poderia deixar de expressar o mais profundo agradecimento a todos aqueles que me apoiaram nesta caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho.

Gostaria antes de mais enaltecer a importância do Professor Doutor Mário António Cardoso Marques, orientador desta tese, pois foi uma pessoa imprescindível na minha orientação e transmissão de conhecimentos...sem ele não teria conseguido chegar onde cheguei, por isso, agradeço do fundo do meu coração todo o apoio, incentivo e disponibilidade demonstrada em todas as fases que levaram à concretização deste estudo.

Agradeço incontestavelmente a duas pessoas muito queridas e que eu amo...os meus pais (António Gil e Fernanda Gil)! Sem eles não teria chegado onde cheguei...agradeço-lhes do fundo do meu coração por todas as privações que fizeram por mim, para me poderem dar um futuro melhor! Agradeço-lhes todo o apoio e paciência inesgotável e todo o carinho incondicional que sempre me deram quando mais precisei.

Queria também agradecer, mais uma vez ao Professor Doutor Mário António Cardoso Marques e ao Professor Doutor Daniel Almeida Marinho por terem acreditado em mim e nas minhas capacidades e me terem dado a oportunidade de frequentar este curso e ter tido o privilégio de ter contactado com docentes de uma grandeza de conhecimentos inestimáveis.

Não poderia deixar de agradecer também ao meu colega de mestrado e grande amigo Rui Ramos pelo auxílio e apoio que me disponibilizou durante a fase de pré-testes para testar o equipamento a ser utilizado e mecanizar o seu funcionamento, e durante a fase de recolha e tratamento de dados da minha tese. O meu muito abrigado!

Queria agradecer também aos estudantes universitários do curso de Ciências do Desporto da Universidade da Beira Interior que se disponibilizaram como amostras para este estudo.

Estou ainda muito grata ao meu namorado (António Sousa) por ter estado sempre ao meu lado nos bons momentos e acima de tudo nos maus, pois foi quem mais me acompanhou de perto e me deu forças para lutar contra as dificuldades que fui encontrando. Quando surgia uma dificuldade que mais me amolecia e me apetecia chorar, ele estava ao meu lado não para me limpar as lágrimas mas sim para não me as deixar cair.

Por fim, é de referenciar também a importância dos amigos, os de sempre e para sempre, aqueles de quem sentirei a presença mesmo na ausência e que com certeza nunca me deixaram baixar a cabeça nos momentos mais difíceis.

Sem mais palavras...agradeço a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho!

RESUMO

O objectivo deste estudo foi examinar quais os parâmetros de força (medidos durante o salto vertical) que melhor se relacionam com a capacidade de sprint, e se essas relações estão de acordo com estudos já publicados. Foram avaliados 25 sujeitos do sexo masculino (estudantes universitários), com idades compreendidas entre os 18 e os 25 anos, $173,2 \pm 2$ centímetros de altura e 65 ± 4 quilogramas de peso. Para os sujeitos se familiarizarem com os testes de salto vertical (numa Multipower) e de sprint de 5m, foram realizadas duas sessões de treino. Para a colecta de dados, no teste de salto vertical foi utilizado um medidor linear de posição (T-Force System) e no teste de sprint foi utilizado um instrumento de medição Brower (Wireless Sprint System). Em termos estatísticos, a relação entre as variáveis foi analisada através do coeficiente de correlação bivariado de Pearson ($p \leq 0.05$) recorrendo ao programa estatístico SPSS. Os resultados revelam que os parâmetros de força que evidenciam correlações significativas entre o salto vertical e o sprint foram a força média propulsiva, o impulso mecânico e a potência média propulsiva. Em suma, tendo por base que estes parâmetros são relevantes para o sprint de curta duração, sugerimos que o treino de força, baseado em exercícios como o salto vertical, possa ser determinante para desenvolver a capacidade de sprint de curta duração.

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros de Força, Salto Vertical, Capacidade de Sprint

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine which parameters of force (measured during the vertical jump) that best correlate with the ability to sprint, and if these relationships are consistent with previous studies. We evaluated 25 male subjects (students) aged between 18 and 25 years, 173.2 ± 2 cm in height and 65 ± 4 kg in weight. For subjects to familiarize themselves with the tests of vertical jump (a Multipower) and 5m sprint, there were two training sessions. For the collection of data, the vertical jump test was used for measuring linear position (T -Force System) and the sprint test was used a measuring instrument Brower (Sprint Wireless System). In statistical terms, the relationship between variables was analyzed using the bivariate correlation coefficient of Pearson ($p \leq 0.05$) using SPSS program. The results show that the strength parameters that show significant correlations between vertical jump and sprint were the average propulsive force, the mechanical impulse and average power propulsion. In summary, based on these parameters are relevant for the sprint of short duration, we suggest that strength training, based on exercises like the vertical jump, can be crucial to develop the ability to sprint short.

KEYWORDS: Parameters of Power, Vertical Jump, Sprint Capacity

Índice Geral

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE GERAL	VI
INDÍCE DE TABELAS	VII
INTRODUÇÃO	9
HIPÓTESES DE ESTUDO:	11
METODOLOGIA	12
<i>SUJEITOS</i>	12
<i>DESENHO EXPERIMENTAL</i>	12
<i>ANÁLISE ESTATÍSTICA</i>	13
RESULTADOS	13
DISCUSSÃO	14
CONCLUSÃO	16
BIBLIOGRAFIA	17

INDÍCE DE TABELAS

Tabela 1 - Correlações entre a força, o impulso, a produção de força por unidade de tempo, e a potência com o sprint de 5 m.....	13
---	-----------

Parte do presente trabalho foi suportado pela seguinte publicação (Artigo ISI):

Marques, M.C., Gil, H., Ramos, R.J., Costa, A., & Marinho, D. (2011). Relationships between vertical jump strength metrics and 5 meters sprint time. *Journal of Human Kinetics*, (In press).

INTRODUÇÃO

O salto vertical tem sido sistematicamente considerado como um movimento importante para expressar a potência muscular do trem inferior (Matavulj et al., 2001; Lees et al., 2004). Entre os mais estudados, pelas suas características biomecânicas, é o salto vertical com contra-movimento (CMJ: que na literatura internacional é denominado por *countermovement jump*).

Nas últimas décadas, temos assistido a uma proliferação de estudos que procuraram examinar diferentes parâmetros de força obtidos durante o CMJ com vários gestos motores (Bobbert et al., 1996; Aragón-Vargas e Gross, 1997a, b), como por exemplo, o sprint. As variáveis que têm sido sistematicamente utilizadas para caracterizar a dinâmica do rendimento do salto são: o impulso mecânico, a força, a produção de força por unidade de tempo, e a potência muscular (Weiss et al., 1997; Hatze, 1998). Uma vez que o salto vertical tem sido igualmente empregue para melhorar o rendimento do sprint de curta duração, e se as variáveis supracitadas forem devidamente identificadas e caso se evidenciem importantes associações como a performance de sprint, estaremos perante importante informação para maximizar a capacidade de sprint.

Apesar de existirem vários estudos sobre o tema em questão, a literatura está longe de ser consensual (Delecluse et al., 1995; Marques, 2004; Vescovi et al., 2010). Este fenómeno está possivelmente ligado a um conjunto de factores, entre os quais se destacam as diferenças entre os protocolos de avaliação, assim como a utilização de diferentes níveis de performance. Importante ainda frisar que nenhum desses estudos proporcionou uma explicação profunda em relação aos factores que podem explicar mais detalhadamente o rendimento do sprint numa população de jovens universitários portugueses.

Vários estudos sobre a análise biomecânica do sprint (Mero et al., 1992), assim como as investigações que comparam as características do rendimento dos velocistas com outros atletas (Hopkins, 2000), sugerem-nos que uma melhoria da performance no sprint de curta duração relevar-nos-ia o

potencial de potência muscular dos membros inferiores (Markovic et al., 2007). Na fase inicial do movimento julga-se determinante a habilidade para produzir força/potência em regime concêntrico, bem como gerar elevados valores de velocidade durante a fase de aceleração (Mero e Komi, 1987; Delecluse, 1997). Sobre o tema, são várias as habilidades motoras que apresentam semelhanças biomecânicas, cinemáticas e musculares entre si (Zajac, 2002). Contudo, a determinação de possíveis associações entre ditas habilidades motoras é todavia inconclusiva. De facto, para a maioria das modalidades colectivas, os sprints ocorrem frequentemente em distâncias muito reduzidas (Duthie, 2003). Por exemplo, a fase inicial de aceleração e (~0-10m) é determinante para melhorar o rendimento em diferentes modalidades desportivas (Mero, 1988).

Diferentes investigações puderam observar uma relação significativa entre o salto vertical e o sprint de curta duração (Young et al., 1998). Bosco et al. (1981) puderam observar uma importante correlação ($r = -0.63$, $p < 0.01$) entre a elevação do centro de gravidade durante o salto vertical e a capacidade de sprint nos 60 m. Cronin e Hansen (2005) perceberam importantes associações entre a potência relativa (normalizada ao peso corporal) alcançada no salto e os tempos obtidos em diferentes distâncias (5m: $r = -0.55$, $p = 0.01$; 10 m: $r = -0.54$, $p = 0.01$; e os 30 m: $r = -0.43$, $p = 0.04$). Assim, por exemplo, um trabalho de força com a incorporação de exercícios explosivos (e.g. saltos verticais) deve permitir aumentar a capacidade de sprint. Porém, apesar de existir alguma investigação sobre a temática em causa (Kanehisa e Miyashita, 1983; Pousson et al., 1999; Morrissey et al., 2000; McBride et al., 2002), sabe-se ainda muito pouco sobre os princípios da especificidade do treino da capacidade de sprint. O impulso médio exercido pelos velocistas contra os blocos de partida, assim como a força propulsiva durante o primeiro contacto com o solo são também parâmetros que se relacionam de forma significativa com o sprint de curta duração, especialmente quando esta variável é expressa em função do peso corporal (Mero et al., 1983). Estes resultados reforçam a importância da fase de propulsão durante a aceleração inicial, e consequentemente a importância

da força propulsora desenvolvida no primeiro contacto com solo (Zatsiorsky, 1995; Plisk, 2000).

Em suma, para que se dê uma transferência efectiva entre o treino de força e a performance de sprint, parece razoável admitir um aumento da especificidade dos exercícios de força (Delecluse et al., 1995). Deslocar-se rapidamente é um movimento utilizado com regularidade como meio de avaliação da potência do trem inferior em desportos individuais ou de equipa. Mas, o uso do sprint como um exercício potencialmente útil para o treino tem sido esquecido pela literatura científica (Markovic et al., 2007). Embora possamos aplicar diferentes metodologias de treino para aumentar a capacidade de sprint (Marques, 2004), existe todavia pouca evidência acerca dos parâmetros de força que melhor se associam à capacidade de aceleração (Vescovi et al., 2010).

Uma vez analisada a bibliografia, pode-se deduzir que existem várias problemáticas e que é importante que existam condições para justificar a formulação de um ou mais problemas relevantes da investigação. A problemática levantada pode ser objecto de estudo, pois as variáveis que irão ser analisadas são susceptíveis de medir e quantificar objectivamente. Deste modo, dada a necessidade de explicar com maior precisão os parâmetros de força que se relacionam com capacidade de sprint, levantámos as seguintes questões: 1) Qual a relação entre, a altura de salto, o impulso mecânico, a força, a velocidade e a potência em exercícios alcançada durante o CMJ e o sprint de 5 metros em estudantes universitários?; 2) As correlações encontradas estão de acordo com alguns estudos já publicados?

Hipóteses de estudo:

Hipótese 1. As variáveis dinâmicas da força relacionam-se de forma significativa com o rendimento no sprint de curta duração.

Hipótese 2. As associações percebidas são algo distintas com as observadas em alguns estudos publicados.

METODOLOGIA

O presente estudo tem uma cariz correlacionai, já que analisámos a associação de um conjunto parâmetros variáveis medidos durante o salto vertical e o sprint. Assim, este estudo examinou algumas variáveis de força médias durante o salto vertical que podiam explicar com maior magnitude o sprint de curta duração. Destacamos o impulso mecânico, a produção de força por unidade de tempo, o pico máximo força, a potência máxima e média, a velocidade negativa e positiva.

Sujeitos

Foram seleccionados 25 sujeitos do sexo masculino, estudantes de Ciências do Desporto da Universidade da Beira Interior, com idades compreendidas entre os 18 e os 25 anos, 173 ± 2 centímetros de altura, 65 ± 4 quilogramas de peso. Os sujeitos receberam informações sobre as características e objectivos do estudo.

Desenho Experimental

Efectuaram-se duas sessões para a uma melhor familiarização com os testes de salto e de sprint duas semanas antes da aplicação dos mesmos. Depois de um aquecimento standard, todos os participantes realizaram 3 saltos verticais numa Multipower. A barra (de 20kg) estava ligada por um cabo de aço a um medidor linear de posição (T-Force System, Murcia, Spain). O medidor linear tinha uma precisão de 0.0002 m para o cálculo das diferentes variáveis medidas em cada repetição (salto). Apenas se registou o melhor salto durante a fase concêntrica. Esta fase foi definida como o momento imediatamente a seguir ao final da fase excêntrica até fase que se alcançar a velocidade positiva máxima. O coeficiente de variação ofereceu um valor de 5.8% e o coeficiente de correlação intraclasses um valor de 0.93. Para a realização do protocolo de sprint foi solicitado que cada indivíduo realizasse sprints à máxima velocidade possível para uma distância de 5m. Partindo de uma posição de pé com o tronco inclinado à frente e os membros inferiores afastados e ligeiramente flectidos, cada sujeito posicionou-se atrás da linha de partida e ao sinal (baixar rápido do membro superior elevado do

observador) partia à máxima velocidade até à linha de chegada. Cada participante teve direito a 3 tentativas, considerando-se apenas o melhor resultado. Para que todos os sprints pudessem ser realizados à máxima velocidade foi permitido uma pausa de 3 minutos entre cada repetição. Os tempos foram registados através do instrumento de medição Brower (Wireless Sprint System, USA). O coeficiente de variação ofereceu um valor de 2.7% e o coeficiente de correlação intraclass um valor de 0.91.

Análise Estatística

Para a descrição dos resultados foram utilizados os cálculos tradicionais de tendência central: médias e desvios padrão. Analisou-se a fiabilidade das medidas aplicando o coeficiente de correlação intra-classes e o coeficiente de variação. A relação entre variáveis foi analisada com o coeficiente de *correlação bivariado de Pearson*. A probabilidade de erro foi igual ou menor a 5% ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

Na tabela 1 podemos observar que os parâmetros da força que evidenciaram correlações significativas com entre o salto vertical e o sprint de 5 m foram: a força média propulsiva ($r = 0.801$, $p < 0.01$), o impulso mecânico ($r = -0.698$, $p < 0.01$), e a potência média propulsiva ($r = 0.715$, $p < 0.01$). Os restantes parâmetros não apresentam qualquer significância.

Tabela 1. Correlações entre a força, o impulso, a produção de força por unidade de tempo, e a potência com o sprint de 5 m.

Parâmetros	r
Força média propulsiva (N)	0.801**
Pico de força (N)	0.431 ns
Impulso mecânico (N·s)	-0.698**
RFD _{max.} (N x s ⁻¹)	0.354 ns
Potência média (W)	0.233 ns
Potência média propulsiva (W)	0.715**
Pico de potência (W)	0.500 ns

significância: ** $p < 0.01$; ns: não significativo

DISCUSSÃO

Este estudo teve como objectivo principal examinar quais os parâmetros de força medidos durante o salto vertical que melhor se relacionavam com a capacidade de sprint; e se essas relações estão de acordo com estudos já publicados.

O sprint de curta duração é considerado por muitos pesquisadores e praticantes como uma habilidade de alta exigência de força (Nesser et al., 1996) e como tal era expectável que pudessem existir associações significativas entre a capacidade de manifestar força durante o salto vertical e este gesto motor. Assim, os resultados do presente estudo demonstram a existência de correlações significativas entre a força e o sprint de 5m, destacando-se o importante valor preditivo da força média propulsiva ($r = 0,801$, $p < 0.01$), corroborando com os dados observados por Nesser et al. (1996). No entanto, outros estudos como o de Kukolj et al. (1999) puderam verificar resultados antagónicos. Parte das diferenças observadas entre os vários estudos poderá estar associada à complexidade motora do sprint (Delecluse et al., 1995).

Durante a partida de blocos, a primeira fase de aceleração é realizada num período curto de tempo. Por sua vez, esta fase é caracterizada por forças propulsoras e por acções musculares concêntricas. Tal como se pode observar, o presente estudo determinou a existência de uma correlação significativa entre o impulso mecânico e a capacidade de sprint 5m ($r = -0.698$, $p < 0.05$). Este resultado é similar aos valores percebidos por outros estudos anteriores (Mero, 1988). Neste capítulo Mero et al. (1983) perceberam que o impulso médio realizado pelos velocistas contra os blocos, bem como os valores do mesmo durante a fase de propulsão (primeiro contacto com o solo), estavam associados de forma significativa com a velocidade inicial. Este dado reforça a importância da fase de propulsão durante a fase inicial da aceleração durante o sprint de curta duração. Sobre o tema, Sleivert e Taingahue (2004) também puderam observar que o sprint de 5 m se correlacionava de forma significativa, mas moderada, com o impulso mecânico durante o primeiro contacto com o solo ($r = -0.64$, $p < 0.05$). Julgamos, por isso, que o treino de

força baseado em exercícios como o salto vertical possam ser determinantes para desenvolver o sprint curta duração.

Relativamente à produção de força na unidade de tempo (força explosiva), o presente estudo não observou qualquer relação significativa entre o salto e a performance de sprint de 5m ($p > 0.05$). Este resultado pode ter como explicação plausível o facto de que durante a fase inicial do sprint o impulso mecânico tem uma importante manifestação, reduzindo assim a dependência da produção de força na unidade de tempo (Sleivert e Taingahue, 2004).

Para Harris et al. (2008), apesar da existência de estudos com enfoque na análise da relação entre a potência muscular e a capacidade de sprint, os dados suportados pelas várias investigações são ainda pouco elucidativos. Por exemplo, uma das principais razões para esta lacuna tem uma importante ligação aos diferentes protocolos usados para medir dita relação (Kilduff et al., 2007). Sobre esta temática, porém, o nosso estudo pode identificar a existência de correlações significativas entre a potência (potência média e potência média propulsiva) e o sprint de 5m. Estas associações convergem com estudos anteriores (Cronin e Hansen, 2005; Gabbett et al., 2007; Harris et al., 2008) que reportaram correlações (de moderadas a fortes) entre o pico de potência relativo (relativizado ao peso corporal) medido durante o salto vertical e o desempenho no sprint. Importa também referir que o tempo necessário para alcançar o pico máximo de potência se relacionou de forma significativa com o sprint de 5m ($r = -0,660$, $p < 0,01$). Este resultado é suportado pela investigação conduzida por Sleivert e Taingahue (2004) em atletas altamente treinados, já que puderam observar que, quer a potência média, quer o pico de potência relativo (relativo ao peso corporal dos sujeitos), estava moderadamente associado com o tempo verificado nos 5 m planos ($r = 0.64$ a 0.68). Finalmente, Cronin e Hansen (2005) também descreveram que o pico de potência medido durante o salto vertical imediatamente antes da saída do solo, utilizando uma plataforma de forças, estava relacionado significativamente com a performance não só nos 5 m ($r = -0.55$, $p < 0.05$), com também no sprint de 10 m ($r = -0.54$, $p < 0.05$).

CONCLUSÃO

Este estudo teve como intuito examinar quais os parâmetros de força (medidos durante o salto vertical) que melhor se correlacionavam com a capacidade de sprint, e analisar se essas relações estavam de acordo com estudos já publicados.

Deste modo, podemos referir que foram encontradas correlações significativas entre a força e o sprint de 5m, destacando-se a força média propulsiva. Este resultado revelou-se de acordo com alguns estudos já publicados, no entanto antagónico a resultados de outros estudos, sendo que tal facto poderá estar associado à complexidade motora do sprint.

Outro resultado que se destacou foi a correlação entre o impulso mecânico e a capacidade de sprint. Este resultado revelou-se de acordo com os resultados de estudos anteriores. Assim, este resultado vem reforçar a importância da fase de propulsão durante a fase inicial de aceleração durante o sprint de curta duração, isto porque tanto o impulso médio realizado pelos velocistas contra os blocos, como o impulso realizado durante o primeiro contacto com o solo estão associados de forma significativa com a velocidade inicial.

Por fim, o ultimo resultado que se destacou neste estudo foi a correlação entre a potência muscular e a capacidade de sprint. Este resultado converge com os resultados de estudos anteriores, porém os resultados existentes de investigações sobre esta relação são ainda um pouco elucidativos, sendo que uma das principais razões para esta lacuna é a utilização de diferentes protocolos de medição.

Em suma, através da obtenção destes resultados sugerimos que o treino de força (baseado em exercícios como o salto vertical) possa ser determinante para desenvolver a capacidade de sprint de curta duração.

BIBLIOGRAFIA

1. Aragón-Vargas, L.F., & Gross, M.M. (1997) Kinesiological factors in vertical jump performance: differences among individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13:24-44.
2. Aragón-Vargas, L.F., & Gross, M.M. (1997) Kinesiological factors in vertical jump performance: differences within individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13:45-65.
3. Bobbert, M.F, Gerritsen, K.G.M., Litjens, M.C.A., & Vansoest, A.J. (1996) Why is a countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine Science Sports Exercise*, 28:1402-1412.
4. Bosco, C., Komi, P. V., & Ito, A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*, 111:135.140.
5. Cronin, J.B., & Hansen, K.T. (2005) Strength and power predictors of sport speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19:349-357.
6. Delecluse, C. (1997) Influence of strength training on sprint running performance - Current findings and Implications for Training. *Sports Medicine*, 24:147-156.
7. Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R., & Goris, M. (1995) Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Medicine Science Sports Exercise*, 27:1203-1209.
8. Duthie, G. (2003) Descriptive analysis of sprint patterns in Super 12 Rugby. Paper presented at: Gatorade VIS International Science and Football Symposium, Melbourne, Australia
9. Gabbett, T., Georgieff, B. & Domrowet, N. (2007) The use of physiological, anthropometric, and skill data to predict selection in a talent-identified junior volleyball squad. *Journal of Sports Sciences*, 25(12): 1337-1344.
10. Harris, N.K., Cronin, J.B., Hopkins, W.G., & Hansen, K.T. (2008) Relationship between sprint times and the strength/power outputs of a machine squat jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22:691-698.

11. Hatze, H. (1998) Validity and reliability of methods for testing vertical jumping performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 14:127-149.
12. Hopkins, W.G. (2000) Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30:1-15.
13. Kanehisa, H. & Miyashita, M. (1983) Specificity of velocity in strength training. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 52: 104-106.
14. Kilduff, L.P., Bevan, H., Owen, N., Kingsley, M.I., Bunce, P. & Bennett, M. (2007) Optimal loading for peak power output during the hang power clean in professional rugby players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2:260-269.
15. Kukolj, M., Ropret, R., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (1999) Anthropometric, strength and power predictors of sprinting performance. *Journal Sports Medicine Physiology Fitness*, 39:120-122.
16. Lees, A., Vanrenterghem, J. & Clercq, D. (2004) Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump, *Journal of Biomechanics*. 37:1929-1940.
17. Markovic, G., Jukic, I., Milanov, D. & Metikos, D. (2007) Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21:543.
18. Marques, N.K. (2004) Biomecânica Aplicada a Locomoção e o Salto do Voleibol. *Educación Física y Deportes*, 77:1514-3465.
19. Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarhovic, D., Tihanyi, J. & Jaric, S. (2001) Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41:159-164.
20. McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R.U. (2002) The effect of heavy vs. lighth load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16:75-82.

21. Mero, A. (1988) Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Res Q Exerc Sport*, 59:94-98.
22. Mero, A., & Komi, P.V. (1987) Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from sub-maximal to supra-maximal. *Medicine Science Sports Exercise*, 19:266-274.
23. Mero, A., Komi, P.V., & Gregor, R.J. (1992) Biomechanics of sprint running: A review. *Sports Medicine*, 13:376-392.
24. Mero, A., Luhtanen, P., & Komi, P.V. (1983) A biomechanical study of the sprint start. *Scand J Sports Sci*, 5:20-28.
25. Morrissey, M., Hooper, D., Drechsler, W. & Bicknill, T. (2000) Velocity specificity in early training of the knee extensors after anterior cruciate ligament reconstruction. *European Journal of Applied Physiology*, 81:493-496.
26. Nesser, T.W., Latin, R.W., Berg, K., & Prentice, E. (1996) Physiological determinants of 40-meter sprint performance in young male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10:263-267.
27. Plisk, S.S. (2000) Speed, enhances performance in the vertical jump. *Journal of Biomechanics*, 37:1929-1940.
28. Pousson, M., Amiridis, I., Gometti, G. & Van Hoeck, J. (1999) Velocity-specific training in elbow flexors. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80:367-372.
29. Sleivert, G., & Taingahue (2004) The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 91:46-52.
30. Vescovi, D., Rupf, R., Brown, T., & Marques, M.C. (2010) Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12-21 (years of age). *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, (in Press).
31. Young, W.B., Jenner, A. & Griffiths, K. (1998) Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 12(2):82-84.

32. Weiss, L.W., Relyea, G.E., Ashley, C.D. & Propst, R.C. (1997) Using velocity-spectrum squats and body composition to predict standing vertical jump ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 11(1):14-20.
33. Zajac, F.E. (2002) Understanding muscle coordination of the human leg with dynamical simulations. *Journal of Biomechanics*. 35(8):1011-1018.
34. Zatsiorsky, V.M. (1995) Science and practice of strength training. *Human Kinetics*, Campaign IL, Illinois.