

# SENSIBILIDADE E ESPECIFICIDADE DO DIAGNÓSTICO DE DESEMPENHO DA FORÇA POR DIFERENTES TESTES DE SALTOS VERTICAIS EM FUTEBOLISTAS E VOLEIBOLISTAS NA PUBERDADE



ARTIGO ORIGINAL

*SENSITIVITY AND SPECIFICITY OF THE STRENGTH PERFORMANCE DIAGNOSTIC BY DIFFERENT VERTICAL JUMP TESTS IN SOCCER AND VOLLEYBALL AT PUBERTY*

Jefferson Eduardo Hespanhol  
(Educador físico)<sup>1</sup>  
Miguel de Arruda  
(Educador físico)<sup>2</sup>  
Marcus Antonio Cossío  
Bolaños (Educador físico)<sup>2</sup>  
Rodrigo Lopes Pignataro  
Silva (Educador físico)<sup>2</sup>

1. Pontifícia Universidade Católica  
Campinas, SP, Brasil.
2. Unicamp – Campinas, SP, Brasil.

## Correspondência:

Rua Barão de Ataliba, 125, ap.11,  
Cambuí. 13024-140.  
Campinas, SP, Brasil.  
jeffehespa@hotmail.com

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a sensibilidade e a especificidade de diferentes protocolos de medida dos testes de saltos verticais para o diagnóstico da força explosiva em futebolistas e voleibolistas na puberdade. **Métodos:** Estudo transversal com população não probabilística de 110 jovens atletas do sexo masculino (60 futebolistas e 50 voleibolistas) na faixa etária de 13 a 18 anos pertencentes a clubes da região metropolitana de Campinas, SP, Brasil. Os participantes tiveram sua maturação biológica avaliada por dois métodos: autoavaliação e medida clínica. Após essa avaliação, foram incluídos os classificados como púberes (25 futebolistas e 23 voleibolistas). Foram coletados dados antropométricos (massa corporal, estatura e dobras cutâneas) e testes de saltos verticais: *squat jump* (SJ), *counter movement jump* (CMJ), *drop jump* (DJ); 40 cm *height*) e saltos verticais contínuos com cinco segundos de duração (CJ5s). Foram calculadas as medidas de desempenho diagnóstico: sensibilidade, especificidade e acurácia. O nível de significância adotado foi 5% para todos os testes. **Resultados:** As forças explosivas estimadas pelos métodos de SJ e CMJ apresentaram sensibilidades equivalentes, enquanto o SJ apresentou maior especificidade do que os três métodos, e a acurácia do SJ foi diferente dos outros métodos, a qual foi alta (superior a 80%). **Conclusão:** O diagnóstico da força explosiva como teste SJ apresentou sensibilidade e especificidade elevadas, com seu valor preditivo alto na puberdade.

**Palavras-chave:** teste, salto, força, sensibilidade e especificidade, maturação, futebol e voleibol.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the sensitivity and specificity of different protocols for measurement of vertical jump tests for the diagnosis of explosive strength in soccer and volleyball players at puberty. **Method:** Cross-sectional study population of 110 non-probabilistic young male athletes (60 soccer players and 50 volleyball players) aged 13 to 18 belonging to clubs in the metropolitan region of Campinas, SP, Brazil. Participants had their biological maturation assessed by two methods: self-assessment and clinical measurement; after this evaluation, those classified as pubertal (25 soccer and 23 volleyball players) were included. Anthropometric data (body weight, height and skinfold thickness) and vertical jump tests: *squat jump* (SJ), *countermovement jump* (CMJ), *drop jump* (DJ, 40-cm height) and vertical jumps continuously with 5 seconds duration (CJ5s) were collected. The following measurements of diagnostic performance were calculated: sensitivity, specificity, and accuracy. Significance level of 5% was adopted for all tests. **Results:** Explosive strength estimated by the SJ and CMJ methods showed equivalent sensitivities, while the SJ presented higher specificity than the three methods, and accuracy of SJ was different from the other methods, which was high (above 80%). **Conclusion:** The diagnosis of explosive strength as SJ test presented high sensitivity and specificity with high predictive value at puberty.

**Keywords:** test, jump, strength, sensitivity and specificity, maturation, soccer and volleyball.

Artigo recebido em 20/05/2012, aprovado em 14/11/2012.

## INTRODUÇÃO

Avaliação do salto vertical é conhecida por ser importante método no diagnóstico do desempenho da força<sup>1-5</sup>. Os métodos de saltos verticais são amplamente utilizados como testes de campo para avaliar a força explosiva de membros inferiores em vários esportes. Tais métodos são frequentemente estudados considerando suas confiabilidades e validades em voleibolistas<sup>6,7</sup> e futebolistas<sup>8,9</sup>. Elevada frequência de investigação sobre saltos verticais na popu-

lação adulta e seu forte impacto no diagnóstico do desempenho da força explosiva tornam esse método um dos grandes atrativos. Recentemente, alguns estudos tendem a delinear estudos utilizando os procedimentos de saltos e testes para estimar a força explosiva em jovens atletas<sup>10-12</sup>.

A avaliação de salto vertical tem como vantagem a realização de medidas em qualquer indivíduo, inclusive em crianças e adolescentes. No entanto, tais populações são influenciadas por fatores do crescimento

físico<sup>13</sup>, maturidade biológica<sup>14,15</sup> e idade cronológica<sup>16</sup>, e, se usados de forma correta, permitiriam a redução de diagnósticos errôneos aplicados nessa população.

Diante das inúmeras questões relacionadas à aferição da altura saltada, é de fundamental importância estabelecer a real contribuição dos métodos de saltos utilizados, centralizados na busca de um diagnóstico correto para treinabilidade, a qual pode ser entendida como modificações positivas no desempenho dessas crianças e adolescentes, fortemente influenciadas pela presença de vários gradientes da manifestação da força que contribuem para potencialidade do desempenho em futebolistas<sup>17</sup> e voleibolistas. Na utilização do método de salto vertical para a estimativa da força explosiva em jovens atletas, surge um questionamento, quais dos métodos com saltos verticais possuem diagnóstico específico e possibilitam maior predição da sensibilidade no ajuste da maturação biológica na puberdade.

O objetivo deste estudo foi avaliar a sensibilidade e a especificidade de diferentes protocolos de medida dos testes de saltos verticais para o diagnóstico da força explosiva em futebolistas e voleibolistas na puberdade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Amostra dos sujeitos

Estudo transversal com população não probabilística de 110 jovens atletas do sexo masculino na faixa etária de 13 a 18 anos, pertencentes a clubes da região metropolitana de Campinas, SP, Brasil. Os participantes tiveram sua maturação biológica aferida por dois métodos: autoavaliação e medida clínica. Especificamente, os atletas participavam de dois esportes: futebol e voleibol. Assim, a amostragem foi constituída por: amostra dos futebolistas: participaram deste estudo 60 futebolistas na faixa etária de 13 a 17 anos. Após a avaliação maturacional foram excluídos os pré-púberes e pós-púberes. Sendo assim, a amostra deste estudo consistiu de 25 futebolistas púberes, do sexo masculino, de um clube da região de Campinas, SP ( $14,90 \pm 0,55$  anos,  $62,03 \pm 7,01$  kg,  $172,31 \pm 7,77$  cm;  $4,34 \pm 2,45$  anos de experiência,  $\%G = 13,87 \pm 4,01$ ). Amostra dos voleibolistas: foram 50 voleibolistas, na faixa etária de 14 a 18 anos, com registros feitos pela Federação Paulista de Voleibol (FPV). Após a avaliação maturacional foram excluídos os pré-púberes e pós-púberes. Sendo assim, a amostra deste estudo consistiu de 23 voleibolistas púberes, do sexo masculino, de um clube da região de Campinas, SP ( $15,15 \pm 1,07$  anos,  $62,03 \pm 7,01$  kg,  $192,56 \pm 6,25$  cm;  $3,34 \pm 2,31$  anos de experiência;  $\%G = 16,87 \pm 5,31$ ).

As medidas foram realizadas no início do período de preparação do Campeonato Paulista de Futebol de 2009. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unicamp (nº 526/2007). Todos os sujeitos assinaram um termo de consentimento de participação como voluntários do estudo proposto, bem como o responsável legal pelo menor que assinou outro termo de consentimento.

### Procedimentos de medidas

O desempenho dos saltos verticais foi verificado a partir dos testes de saltos verticais com as técnicas: *squat jump* (SJ), *counter moviment jump* (CMJ), saltos verticais contínuos de cinco segundos (CJ5s) e *drop jump* com altura de queda de 40 cm (DJ40). O equipamento utilizado na realização das medidas do salto vertical foi o tapete de contato *Jump Test*.

Teste de SJ: esta técnica consiste na realização de um salto vertical com meio agachamento que parte de uma posição estática de cinco segundos com uma flexão do joelho de aproximadamente 120° sem contramovimento prévio de qualquer segmento; as mãos devem ficar fixas próximas ao quadril, na região suprailíaca. O tronco deverá estar na vertical sem um adiantamento excessivo. Um detalhe técnico deve

ser observado, é importante que os joelhos permaneçam em extensão durante o voo. O intervalo entre uma tentativa e outra será de 10 segundos. Estes procedimentos técnicos são descritos por Bosco<sup>18</sup>.

Teste de CMJ: o atleta ficou em pé a partir de uma posição com o tronco ereto, com os joelhos em extensão a 180°. Os saltos verticais máximos foram realizados com a técnica de contramovimento sem a contribuição dos membros superiores (as mãos ficaram fixas e próximas ao quadril). Nessa situação específica, o atleta executou o ciclo de alongamento e encurtamento (flexão e extensão do joelho) procedimento descrito por Bosco<sup>18</sup>. A flexão do joelho aconteceu aproximadamente com o ângulo de 120°; em seguida, o executante fez a extensão do joelho, procurando impulsionar o corpo para o alto e na vertical, durante essa ação o tronco permaneceu sem movimento para evitar influência nos resultados. Alguns detalhes técnicos foram observados, tais como: os joelhos permaneceram em extensão durante o voo e os membros superiores não contribuíram com a impulsão. O intervalo entre uma tentativa e outra foi de 10 segundos<sup>18</sup>.

Teste de CJ5s: O atleta ficou em pé a partir de uma posição com o tronco ereto, com os joelhos em extensão a 180°, tendo as mãos permanecendo fixas próximas ao quadril (cintura). Os saltos verticais contínuos foram realizados com a técnica de contramovimento com duração de cinco segundos. Nessa situação específica, o atleta executou o ciclo de alongamento e encurtamento limitando a flexão dos joelhos e tornozelos com movimentos rápidos e breves de molejos do tipo ricochete, saltando o mais alto possível. Alguns detalhes técnicos foram observados, tais como: o contato com o solo após o voo foi feito com os metatarsos e não sobre toda a superfície do pé; os joelhos permaneceram em extensão durante o voo e os membros superiores não contribuíram com a impulsão. O intervalo entre uma tentativa e outra foi de 60 segundos. Este procedimento técnico é descrito por Bosco *et al.*<sup>19</sup>.

Teste de DJ40: o método do teste *drop jump* consiste em o sujeito se encontrar sobre um banco de 40 cm de altura, se deixar cair sobre o tapete de teste, ao contato do qual deve reagir com um ciclo estiramento-encurtamento para procurar realizar um salto vertical máximo. A altura da queda foi de 40 cm. Para iniciar, o sujeito deve se encontrar em cima do banco em posição ereta, pernas estendidas (ângulo de 180° com o joelho), mãos na cintura, em seguida levar à frente um pé e deixando-se cair sob o efeito da gravidade. Ao contato com o solo reagir o mais rápido possível, saltando o mais alto, durante esse movimento evitar a flexão do joelho<sup>1</sup>.

Para este estudo, o coeficiente de correlação intraclassa foi calculado para cada variável dos testes, demonstrando níveis altos de confiabilidade (CMJ = 0,98; SJ = 0,99; CJ5s = 0,91; DJ40 = 0,88) no teste/reteste com saltos verticais, apresentando coeficientes de variações baixos (CV = 2,34%; 2,68%; 3,41% e 4,32% para os testes, respectivamente, para SJ, CMJ, CJ5s e DJ40).

Medidas antropométricas: as medidas antropométricas de estatura (EST) e massa corporal (MC) foram utilizadas para caracterização do tamanho corporal dos sujeitos estudados. Essas medidas tomadas com base na padronização descrita por Lohman<sup>20</sup> tiveram como equipamentos: a) estadiômetro de madeira; e b) balança eletrônica Plena Lithium Digital com precisão de 100 g.

Medidas da composição corporal: Para as medidas da composição corporal foram mensuradas as dobras cutâneas: tricipital (DCTR) e subescapular (DCSB). O percentual de gordura (%G) foi estimado através das equações preditivas propostas por Slaughter *et al.*<sup>21</sup>.

Avaliação maturacional: os participantes se autoavaliaram maturacionalmente<sup>22</sup>. Como referencial de interpretação maturacional foi considerada a genitália, representando a maturação biológica dos sujeitos,

classificados em pré-púberes, púberes e pós-púberes. Para averiguar a qualidade dos dados, foi investigada a validade e a confiabilidade dos dados deste estudo, para uma amostra de 12 sujeitos dos participantes do estudo. Realizaram a autoavaliação da maturação sexual, em seguida foram submetidos à observação do médico do clube de futebol para constatar a maturidade sexual, fazendo uso da prancha de Tanner<sup>22</sup>. A confiabilidade foi avaliada utilizando o procedimento estatístico do coeficiente de correlação intraclassa, e para a validade foi usado o coeficiente de variação (CV).

O coeficiente de confiabilidade  $\alpha$  foi alto 0,85 ( $p < 0,01$ ). O coeficiente de variação foi de 12,4%, com um erro técnico de medida de 0,86 por estágio, respectivamente, para G. Os resultados indicam que alto nível de confiabilidade pode ser constatado na utilização da autoavaliação em futebolistas. E semelhantes achados apontam que a autoavaliação é um método válido e confiável para avaliar a maturidade sexual em adolescentes atletas de elite<sup>23</sup>.

### Procedimento de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no início do período de preparação para o campeonato de voleibol e futebol. Os sujeitos executaram aquecimento de 15 minutos através das ações de: alongamentos, corridas, exercícios coordenativos e exercícios para ativação neuromuscular direcionados ao teste de saltos. Cada sujeito realizou três tentativas máximas para cada uma das condições dos testes com saltos verticais. O tempo de recuperação foi de 10 segundos entre as tentativas e 60 segundos entre os testes. O melhor das tentativas de cada técnica de salto vertical. A ordem estabelecida foi SJ, CMJ, CJ5s e DJ40.

### Procedimento de análise estatística

Na análise estatística, a normalidade das variáveis dos testes de salto vertical foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Tomando-se a definição da qualidade nas medidas como padrão ouro, foram calculadas as medidas de desempenho diagnóstico (sensibilidade, especificidade e acurácia). O nível de significância para todos os testes foi estabelecido em 5%. As análises estatísticas foram feitas com os programas SPSS para Windows® (versão 17.0).

## RESULTADOS

Na tabela 1 observa-se que as forças explosivas estimada pelo método de SJ e CMJ apresentaram sensibilidades equivalentes, enquanto o SJ apresentou maior especificidade do que os quatro métodos. Além disso, a acurácia do SJ foi diferente dos outros métodos, a qual foi alta (superiores a 80%).

**Tabela 1.** Valores estimados de sensibilidade, especificidade e acurácia das medidas de desempenho diagnóstico dos métodos com saltos verticais.

Diagnóstico	Sensibilidade (IC95%)	Especificidade (IC95%)	Acurácia (IC95%)
SJ (cm)	96 (92,99)	95 (90,98)	81 (76,86)
CMJ (cm)	85 (75,93)	59 (46,76)	65 (57,82)
CJ5s (cm)	73 (62,93)	45 (32,58)	59 (48,80)
DJ40 (cm)	54 (11,98)	29 (14,42)	48 (27,69)

Os resultados demonstraram que o valor preditivo foi alto para o SJ ( $S = 96\%$ ;  $E = 95\%$ ), quanto para o CMJ, demonstraram alto valor preditivo para a sensibilidade ( $S = 85\%$ ) e baixo valor de predição para a especificidade ( $E = 59\%$ ).

No método de CJ5s percebe-se redução conjuntamente nos valores dos preditores ( $S = 73\%$ ;  $E = 45\%$ ). A sensibilidade e a especificidade foram relativamente baixas para o método DJ40 ( $55$  e  $29\%$ ).

## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que os testes SJ e CMJ apresentam sensibilidades superiores aos outros testes para identificar a força explosiva na puberdade, uma vez que essa condição é altamente prevalente. Além disso, o teste SJ apresentou valores de predição de especificidade que confirmam a superioridade do SJ em relação aos testes de saltos verticais no que tange à capacidade do teste em apontar o diagnóstico da força explosiva, além de boa capacidade de acerto diagnóstico da manifestação da força explosiva, representada pelo elevado grau de acurácia.

O método testado para o diagnóstico do componente elástico (CMJ) mostrou maior sensibilidade que especificidade e sugere que tal procedimento apresenta desempenho semelhante ao observado no diagnóstico da força explosiva pelo SJ; todavia, não tanto específico quanto ao SJ na puberdade. No estudo de Lloyd *et al.*<sup>24</sup>, altura do SJ melhor explicou a variância total para o índice de força reativa expressa pelo componente elástico ( $r^2 = 53,9\%$ ). No entanto, altura do salto no CMJ e altura do SJ foram os melhores preditores ( $r^2 = 86\%$ ) um do outro na puberdade<sup>24</sup>, isto é devido à influência dos componentes neurais pela velocidade de contração na manifestação da força na puberdade.

Todavia, os resultados do presente estudo permitem comparar adequadamente o desempenho dos quatro métodos de teste com saltos verticais na puberdade. Uma limitação do presente estudo é a ausência do controle da variável independente do sinal de ativação elétrica dos músculos envolvidos no movimento de salto vertical, o que dificultou a identificação do real valor do componente elástico reflexo, não comprometendo, no entanto, a comparação dos métodos no diagnóstico da força explosiva.

A superioridade avaliada compreende apenas as características das medidas inerentes à sensibilidade e à acurácia dos métodos na puberdade, não devendo ser interpretada como opção de substituição de um método por outro na idade adulta, haja vista o reconhecimento na literatura de que a variedade de métodos disponíveis tem caráter complementar no diagnóstico da produção de força, possibilitando diagnóstico de diferentes gradientes da manifestação da força explosiva.

Não se trata, portanto, de concluir pela simples superioridade de um método em relação ao outro, mas sim de alertar para a existência de métodos diferentes que podem ser utilizados para se evitarem diagnósticos errôneos, devido à expressão dos diferentes componentes, e, no entanto, a qualidade de medida no diagnóstico na puberdade é indicada pelo SJ na puberdade em voleibolistas e futebolistas.

O fator de influência preponderante é o treinamento intenso na sua manifestação específica para esses esportes, principalmente com o treinamento que estimula o componente de recrutamento em púberes<sup>25</sup>. Ressalta-se que as justificativas relativas a essas mudanças da força explosiva não se dão pelo aumento, somente do recrutamento das unidades motoras, mas também pelo aumento da velocidade de contração.

Bojsen-Møller *et al.*<sup>26</sup>, em atletas de alto nível, observaram correlação entre a força máxima, a *stiffness* no SJ e CMJ ( $r = 0,64$ ,  $p < 0,05$  e  $r = 0,55$ ,  $p < 0,05$ ). Estes dados determinam que a produção da força máxima dos músculos está relacionada positivamente à rigidez das estruturas dos órgãos tendinosos, possivelmente por meio de uma transmissão mais eficaz da força dos elementos contrátil ao osso.

Em relação aos componentes elástico e reflexo da manifestação da força através do ciclo de alongamento e encurtamento, diagnosticados nos testes CMJ, DJ40 e CJ5s, por apresentarem baixa prevalência, a especificidade constitui o melhor marcador de qualidade diagnóstica na puberdade. Os resultados encontrados mostraram que a combinação desses componentes foi mais eficiente no diagnóstico da força

explosiva, cuja explicação é que a condição de ação hierárquica entre os componentes influencia as outras manifestações, principalmente na taxa de produção de força<sup>27,28</sup>.

Resultados sugerem que os protocolos de teste utilizados no estudo do componente elástico eram representativos de diferentes formas de desempenho do ciclo de alongamento e encurtamento<sup>24</sup>, nos testes CMJ, DJ40 e CJ5, e, por conseguinte, o teste com superior sensibilidade e acurácia para diagnosticar esse componente foi o CMJ.

Parece quase certo que os ajustes de adaptação acelerada podem existir para altura do salto SJ, CMJ, DJ40, e CJ5s em jovens do sexo masculino; no entanto, os resultados *stiffness* das pernas sugerem que os componentes elásticos reflexos têm manifestação com função que pode seguir uma tendência de desenvolvimento diferente na puberdade<sup>16</sup>. Com isso, com cautela, considera-se que os testes DJ40 e CJ5s possuem baixa acurácia no diagnóstico da força explosiva dos futebolistas e voleibolistas na puberdade.

Em outro ponto de reflexão, nas diferenças da variância entre os métodos do teste de salto vertical no diagnóstico nas manifestações da força com seus respectivos relacionamentos, notou-se que o componente elástico reflexo foi uma das manifestações que sofreu as maiores influências maturacionais, em comparação às outras. Isto pode ser

explicado pela tendência de uma maior influência da massa corporal e área muscular da coxa sobre produção de força dessa expressão no CJ5s e DJ40<sup>13,29,30</sup>. O estudo mostra ainda que o teste de SJ, se utilizado de acordo com determinações que garantam seu emprego adequado, é um método viável, seguro e de baixo custo que pode auxiliar no diagnóstico da força explosiva.

## CONCLUSÃO

O diagnóstico da força explosiva como teste SJ apresentou sensibilidade e especificidade elevadas, com seu valor preditivo alto na puberdade. Por outro lado, com a diminuição na especificidade do CMJ indicando uma diminuição no valor preditivo do resultado, o impacto é pequeno desse teste.

Percebe-se que o CJ5s, como o DJ40, ao reduzir conjuntamente a sensibilidade e especificidade ocorre uma drástica redução no valor preditivo do resultado do desempenho da força em futebolistas e voleibolistas na puberdade.

---

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

---

## REFERÊNCIAS

1. Kollias I, Panoutsakopoulos V, Papaikovou G. Comparing jumping ability among athletes of various sports: vertical drop jumping from 60 centimeters. *J Strength Cond Res* 2004;18:546-50.
2. Sands WA, McNeal JR, Ochi MT, Urbanek TL, Jemni M, Stone MH. Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. *J Strength Cond Res* 2004;18:810-5.
3. Casartelli N, Müller R, Maffioletti NA. Validity and reliability of the myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *J Strength Cond Res* 2010;24:3186-93.
4. Ostojic SM, Stojanovic M, Ahmetovic Z. Vertical jump as a tool in assessment of muscular power and anaerobic performance. *Med Pregl* 2010;63:371-5.
5. Wright GA, Pustina AA, Mikat RP, Kernozek TW. Predicting lower body power from vertical jump prediction equations for loaded jump squats at different intensities in men and women. *J Strength Cond Res* 2012;26:648-55.
6. Borrás X, Balus X, Drobnic F, Galilea P. Vertical jump assessment on volleyball: a follow-up of three seasons of a high-level volleyball team. *J Strength Cond Res* 2011;25:1686-94.
7. Sattler T, Sekulic D, Hadzic V, Uljevic O, Dervisevic E. Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity and playing-position specifics. *J Strength Cond Res* 2012;26:1532-8.
8. Chamari K, Chaouachi A, Hambli M, Kaouech F, Wisløff U, Castagna C. The five-jump test for distance as a field test to assess lower limb explosive power in soccer players. *J Strength Cond Res* 2008;22:944-50.
9. Quagliariella L, Sasanelli N, Belgiovine G, Accettura D, Notarnicola A, Moretti B. Evaluation of counter movement jump parameters in young male soccer players. *J Appl Biomater Biomech* 2011;9:40-6.
10. Meylan C, Malatesta D. Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J Strength Cond Res* 2009;23:2605-13.
11. Distefano LJ, Padua DA, Blackburn JT, Garrett WE, Guskiewicz KM, Marshall SW. Integrated injury prevention program improves balance and vertical jump height in children. *J Strength Cond Res* 2010;24:332-42.
12. Ratel S. High-intensity and resistance training and elite young athletes. *Med Sport Sci* 2011;56:84-96.
13. Malina RM, Eisenmann JC, Cumming SP, Ribeiro B, Aroso J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol* 2004;91:555-62.
14. Coelho E Silva MJ, Moreira Carvalho H, Gonçalves CE, Figueiredo AJ, Elferink-Gemser MT, Philippaerts RM, et al. Growth, maturation, functional capacities and sport-specific skills in 12-13 year-old- basketball players. *J Sports Med Phys Fit* 2010;50:174-81.
15. Lloyd RS, Oliver JL, Hughes MG, Williams CA. Age-related differences in the neural regulation of stretch-shortening cycle activities in male youths during maximal and sub-maximal hopping. *J Electromyogr Kinesiol* 2012;22:37-43.
16. Lloyd RS, Oliver JL, Hughes MG, Williams CA. The influence of chronological age on periods of accelerated adaptation of stretch-shortening cycle performance in pre and post pubescent boys. *J Strength Cond Res* 2011; 25:1889-97.
17. Lago-Peñas C, Casais L, Dellal A, Rey E, Domínguez E. Anthropometric and physiological characteristics of young soccer players according to their playing positions: relevance for competition success. *J Strength Cond Res* 2011;25:3358-67.
18. Bosco C. La valoración de la fuerza con el teste de Bosco. Barcelona: Paidotribo, 1994.
19. Bosco C, Dellisanti F, Fucci A, Tsarpela O, Annino G, Foti C, et al. Effetto della vibrazione su forza esplosiva, resistenza alla forza veloce e flessibilità muscolare. *Med D Sport* 2001;54:287-93.
20. Lohman TG. Applicability of body composition techniques and constants for children and youth. *Exerc Sport Sci Rev* 1986;14:325-57.
21. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988;60:709-23.
22. Tanner JM. Growth at adolescence, with a general consideration of the effects of hereditary and environmental factors upon growth and maturation from birth to maturity, 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1962.
23. Leone M, Comtois AS. Validity and reliability of self-assessment of sexual maturity in elite adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fit* 2007;47:361-5.
24. Lloyd RS, Oliver JL, Hughes MG, Williams CA. Specificity of test selection for the appropriate assessment of different measures of stretch-shortening cycle function in children. *J Sports Med Phys Fit* 2011;51:595-602.
25. Gabriel DA, Kamen G, Frosn G. Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med* 2006;36:133-49.
26. Bojsen-Møller J, Magnusson SP, Rasmussen LR, Kjaer M, Aagaard P. Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *J App Physiol* 2005;99:986-94.
27. Earp JE, Kraemer WJ, Cormie P, Volek JS, Maresh CM, Joseph M, et al. Influence of muscle-tendon unit structure on rate of force development during the squat, countermovement, and drop jumps. *J Strength Cond Res* 2011;25:340-7.
28. McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2011;25:379-85.
29. Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Yata H, Tsunoda N, Kanehisa H, et al. Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:1801-10.
30. Malina RM, Cumming SP, Kontos AP, Eisenmann JC, Ribeiro B, Aroso J. Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13-15 years. *J Sports Sci* 2005;23:515-22.