



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

BRUNO FLES MAZUQUIN

**AVALIAÇÃO DOS MÚSCULOS DO JOELHO POR
MEIO DE DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO EM DUAS
CATEGORIAS DE FUTEBOL: ANÁLISE
DISCRIMINANTE E RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO-
VELOCIDADE**

Londrina
2013

BRUNO FLES MAZUQUIN

**AVALIAÇÃO DOS MÚSCULOS DO JOELHO POR MEIO DE
DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO EM DUAS CATEGORIAS DE
FUTEBOL: ANÁLISE DISCRIMINANTE E RELAÇÃO TORQUE-
ÂNGULO-VELOCIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina [UEL] e Universidade Norte do Paraná [UNOPAR]), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Rosa Cardoso

Londrina
2013

BRUNO FLES MAZUQUIN

**AVALIAÇÃO DOS MÚSCULOS DO JOELHO POR MEIO DE
DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO EM DUAS CATEGORIAS DE
FUTEBOL: ANÁLISE DISCRIMINANTE E RELAÇÃO TORQUE-
ÂNGULO-VELOCIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina [UEL] e Universidade Norte do Paraná [UNOPAR]), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jefferson Rosa Cardoso
Orientador
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão
Membro Externo
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Felipe Arruda Moura
Membro Interno
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 3 de Setembro de 2013.

Dedico este trabalho aqueles que sempre apoiaram e incentivaram meus sonhos, meus pais Éderson e Simone, minha irmã Rafaela, e minha esposa Ana Carolina.

AGRADECIMENTOS

Talvez este tópico seja o mais difícil para escrever. Faltam palavras que expressem minha gratidão por todos que me ajudaram a chegar até aqui!

Gostaria de agradecer, primeiramente, a meu pai Éderson, minha mãe Simone e minha irmã Rafaela, pelo apoio e incentivo incondicional em todos os momentos. Vocês são e serão meus eternos exemplos de caráter, experiência de vida e vontade de vencer. Quando em alguns momentos tudo parecia difícil era em vocês que eu me inspirava para transpor mais uma barreira e conseguir alcançar meu objetivo. Espero um dia retribuir todo carinho, confiança e credibilidade a mim investidos!

À minha amiga, companheira, confidente, namorada e esposa Ana Carolina, que sempre está ao meu lado e me ajuda para juntos construirmos nossos caminhos. Obrigado por seu amor, paciência e compreensão.

À minha nova parte da família, sogro, sogra e cunhados pelo incentivo.

Aos meus avós, bisavós e tios por sempre me receberem de braços abertos.

A todo o grupo PAIFIT por ajudar não só em coletas, mas também pelo trabalho em equipe, crescimento intelectual e pessoal, risadas, conversas, conselhos e confraternizações durante estes 6 anos. Todos os integrantes foram de suma importância para a minha formação.

Ao meu orientador, amigo, padrinho e parceiro de dupla de tênis Prof. Dr. Jefferson Rosa Cardoso. Obrigado por me dar a chance de saber o que realmente é a fisioterapia e a ciência, pela paciência e confiança; além disso, obrigado por acreditar em meu potencial e de poder partilhar do que é um grupo de pesquisa desde o 2º ano da graduação. Obrigado também pelas oportunidades de crescimento futuro que você está me proporcionando, sem sua ajuda nada disso seria possível!

Ao Prof. Dr. Felipe Arruda Moura, pelo auxílio e paciência em ensinar sobre Matlab sempre que precisei.

Ao co-orientador Prof. Dr. Rodrigo Luiz Carregaro, pelas correções e sugestões.

Aos meus amigos desde a infância Clóvis, Thiago, Vandr e e Sérgio, mesmo distantes pela falta de tempo, o auxílio moral e torcida de vocês foram fundamentais.

Aos amigos Luca e Bianca, pelos conselhos e cervejas compartilhadas.

Ao fisioterapeuta Matheus Elmer Finatti e diretoria do Junior Team Futebol, pela coopera o entre o laboratório e os atletas.

Ao fisioterapeuta César Augusto Parreira, fisiologista Lucas Carvalho Leme e diretoria do Londrina Esporte Clube, pela disponibilidade e auxílio com os jogadores.

  CAPES e CNPq pelas bolsas durante o mestrado.

  PROPPG e aos professores envolvidos no Edital do FINEP para aquisi o do Dinamômetro Isocinético, em especial Prof. Dr. Fabio Y. Nakamura. E   própria Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência e Tecnologia pela aprova o financeira do Edital MCT/FINEP/A O TRANSVERSAL PR -INFRA 01/2007.

“Only the one who does not question is safe from making a mistake.”

Albert Einstein

MAZUQUIN, Bruno Fles. **Avaliação isocinética dos músculos do joelho por meio de dinamômetro isocinético em duas categorias de futebol: análise discriminante e relação torque-ângulo-velocidade.** 2013. 74. Trabalho de Conclusão do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação UEL-UNOPAR, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram: 1) avaliar os músculos do joelho de jogadores de futebol de duas categorias; 2) discriminar quais variáveis isocinéticas diferenciam os grupos e 3) comparar as relações torque-ângulo-velocidade por meio dos mapas de superfície 3D entre os grupos. Foram avaliados 34 jogadores ($n=17$, para cada categoria) profissionais (PRO) e sub-17 (S17) em período de pré-temporada. O equipamento usado foi um dinamômetro isocinético da marca *Biodex System 4®* e o modo de contração escolhido para os músculos do joelho, bilateralmente, foi o concêntrico nas velocidades $60^\circ/s$, $120^\circ/s$ e $300^\circ/s$. A ordem de execução foi por sorteio simples e cada série continha 5 repetições. O arco de movimento foi estipulado em 90° . As variáveis isocinéticas analisadas foram: pico de torque, trabalho total, potência média, ângulo do pico de torque e razão agonista/antagonista. Para a análise discriminante a homogeneidade das matrizes de variância-covariância foram testadas pelo teste *M* de *Box*. Duas análises discriminantes foram feitas pelo método *Wilk's Lambda* para identificar quais variáveis discriminariam significativamente os grupos. A correlação canônica foi usada para a associação entre os escores discriminantes e grupo de atletas. A análise classificatória foi aplicada para demonstrar a precisão de alocação dos participantes nas categorias e ainda a confirmação pela validação cruzada. A significância estatística foi estipulada em 5%. Para a velocidade angular de $60^\circ/s$ as variáveis discriminantes para o grupo PRO foram: pico de torque de extensores, trabalho total de flexores, potência média de extensores e razão agonista/antagonista e para o grupo S17 foram: pico de torque de flexores, trabalho total de extensores e potência média de flexores ($\lambda = 0,52$; $\chi^2(9) = 17,7$; $P=0,03$). Na velocidade de $300^\circ/s$ a variável discriminante para o grupo PRO foi potência média de extensores e para o grupo S17 foi o trabalho total de extensores ($\lambda = 0,38$; $\chi^2(9) = 26,5$; $P<0,001$). A porcentagem de indivíduos corretamente classificados pela análise classificatória foi 79,4% a $60^\circ/s$ e 91,2 % a $300^\circ/s$ e a validação cruzada produziu uma classificação correta de 64,7% e 76,5%, respectivamente. No movimento de extensão os PRO demonstram nos mapas em 3D intervalos de altos valores de torque maiores do que os S17, a área vermelha dos PRO permanece até a velocidade próxima de $250^\circ/s$ comparada a aproximadamente $200^\circ/s$ dos S17. Nota-se que no final do movimento de extensão os PRO mantêm valores maiores comparado ao S17. Análogo ao mapa de extensão, a representação em 3D dos flexores de joelho ratifica a mesma análise. As variáveis musculares são componentes importantes do desempenho físico no futebol, tanto para avaliação dos riscos de lesão quanto para as habilidades de jogo. As figuras 3D contribuem para que o raciocínio biomecânico na aplicação prática seja completo e aborde detalhes que não são vistos quando valores isolados são descritos. As variáveis isocinéticas foram capazes de discriminar corretamente jogadores das categorias PRO e S17.

Descritores: Biomecânica, Isocinético, Futebol, Análise discriminante.

MAZUQUIN, Bruno Fles. **Assessment of the knee muscles using an isokinetic dynamometer in two soccer categories: discriminant analysis and torque-angle-velocity relationship.** 2013. 74. Dissertation presented in the Associated Master of Science in Rehabilitation UEL-UNOPAR, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

The objectives of this study were: 1) to evaluate the knee muscles of two categories of soccer players 2) to discriminate the isokinetic variables which differentiate the groups and 3) to compare the torque-angle-velocity relationship between the groups by means of 3D surface maps. A total of 34 players (professionals $n = 17$, under-17s $n=17$), were assessed at the beginning of the season. The equipment used was an isokinetic dynamometer (Biodex System 4®, Biodex Medical, Shirley, NY) and the contraction mode chosen for knee muscles, bilaterally, was concentric at angular velocities of 60°/s 120°/s and 300°/s, each series contained 5 repetitions. The range of motion was fixed at 90°. The analyzed isokinetic variables were: peak torque, total work, average power, angle of peak torque and agonist/antagonist ratio. The homogeneity assumptions of the covariance matrices from each group were tested using the M Box test. Two discriminant analysis were carried out with the Wilk's Lambda method to identify which variables (related to the 60°/s and 300°/s velocities) would discriminate significantly between the two groups (PRO or U17 soccer players). Canonical correlation was used to measure the association between the discriminant scores and each group. Following this, classification analysis was used to show how well the cases fitted into the categories and then, further confirmed by cross-validation. An independent t-test was applied to evaluate the differences between the means of isokinetic variables between the groups. Significance was set at 5%. For the angular velocity of 60 °/s, discriminant variables for the PRO group were: extension peak torque, flexion total work, extension average power and agonist/antagonist ratio and for the U17 group: flexion peak torque, extensors total work and flexors average power ($\lambda = 0.52$, $\chi^2_{(9)} = 17.7$, $P = 0.03$). At the velocity of 300°/s the discriminating variable for the PRO group was extensors average power and for the U17 group extension total work ($\lambda = 0.38$; $\chi^2_{(9)} = 26.5$, $P = 0.00$). The percentage of individuals correctly classified by classification analysis was 79.4% at 60°/s and 91.2% at 300 °/s. Cross-validation produced correct classifications of 64.7% and 76.5%, respectively. In the extension movement the PRO group 3D areas showed higher values of torque than the U17. The red area for the PRO group persisted until the 250°/s velocity compared to approximately 200°/s in the U17. At the end of the extension movement (angle close to 0), the PRO group maintained higher values compared to the U17. Analogous to the extent map, a graphical representation of the knee flexors ratifies the analysis. Muscle variables are important components of physical performance in soccer, both for assessing the risk of injury and for skills development. 3D figures may contribute to understanding biomechanical practical applications and to supplying additional information and details that are not available when only mean values are described. The isokinetic variables were able to correctly discriminate between the PRO and U17 players.

Keywords: Biomechanics, Isokinetic, Soccer, Discriminant analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Eixo de rotação do joelho durante flexão-extensão.....	20
Figura 2 - Vetores musculares atuantes na flexão e extensão	21
Figura 3 - Distribuição das forças na superfície articular	21
Figura 4 - Mapa de superfície dos extensores de joelho	42
Figura 5 - Mapa de superfície dos flexores de joelho	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos grupos.....	36
Tabela 2 – Comparações das variáveis isocinéticas a 60°/s	39
Tabela 3 – Comparações das variáveis isocinéticas a 300°/s	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três dimensões
ACh	Acetilcolina
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros quadrados
DP	Desvio padrão
°/s	Graus por segundo
Ca ⁺²	Íon de cálcio
CCI	Coefficiente de correlação intraclasse
IMC	Índice de massa corporal
IT	Isquiotibiais
J	Joules
\bar{x}	Média
µm	Micrômetros
ms	Milissegundos
mm ²	Milímetros quadrados
N-m	Newtons/metro
PT	Pico de torque
PRO	Profissionais
QUA	Quadríceps femoral
kg	Quilos
rad.s ⁻¹	Radianos por segundo
I/Q	Razão isquiotibiais/quadríceps
S17	Sub-17
W	Watts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA - CONTEXTUALIZAÇÃO	15
2.1 O MÚSCULO ESQUELÉTICO.....	15
2.1.1 Composição e Estrutura	16
2.1.2 A Contração Muscular	16
2.1.2.1 Tipos de contração muscular.....	17
2.1.2.2 Relação comprimento-tensão.....	18
2.1.2.3 Relação força-velocidade	18
2.1.2.4 Relação força-tempo	19
2.2 CARACTERÍSTICAS DO JOELHO.....	19
2.2.1 Características dos Grupos Musculares Quadríceps e Isquiotibiais.....	21
2.3 DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO	23
2.3.1 Confiabilidade e Reprodutibilidade	24
2.4 CARACTERÍSTICAS DOS JOGADORES DE FUTEBOL	25
2.5 RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO-VELOCIDADE	26
2.6 ANÁLISE DISCRIMINANTE	27
3 ARTIGO	30
CONCLUSÃO GERAL	56
REFERÊNCIAS	57
ANEXOS	62
ANEXO A – COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	63
ANEXO B – NORMAS DE FORMATAÇÃO DO PERIÓDICO JOURNAL OF SPORTS SCIENCES	64

1 INTRODUÇÃO

O futebol é o esporte mais popular do mundo com aproximadamente 200 milhões de jogadores ativos em todos os continentes. Como todo esporte, o futebol tem suas demandas específicas, exigindo dos atletas habilidades e qualidades físicas e mentais, particulares de suas atividades e ações¹.

A característica principal do esporte é seu caráter intermitente, nas quais as sequências de ações necessitam de uma variedade de habilidades, com diferentes intensidades em todos os momentos. Entre elas a corrida é a atividade fundamental, com o esforço máximo nas corridas de alta intensidades (*sprints*), além dos outros movimentos como saltos, disputas com contato físico e os chutes, que são fatores importantes para o bom desempenho. Todos estes esforços são dependentes, além de outras capacidades físicas, principalmente da força do sistema muscular, em especial dos membros inferiores²⁻⁴. Os desequilíbrios de força entre os membros inferiores ou entre os grupos musculares agonistas-antagonistas do movimento são fatores intrínsecos de lesões nos esportes⁵. Do total de lesões no futebol, as de membros inferiores são as mais frequentes com 87% do total, consistindo de 37% de lesões agudas, por contato (extrínsecas) e 63% de lesões intrínsecas (sem contato físico ou crônica). Em relação ao tipo de lesão, as musculares e tendinosas são as mais frequentes (45,4%) e os músculos ou segmentos com maior frequência de lesões são os isquiotibiais (14,1%), seguido por adutores da coxa (13,5%) e tornozelos (12,9 %) ⁶.

Um dos mecanismo de lesão dos músculos posteriores da coxa ocorre se a força do quadríceps excede substancialmente a força dos isquiotibiais. Neste caso a capacidade de resistência à extensão abrupta do joelho, como em um chute, é reduzida, e pode resultar em um alongamento forçado dos isquiotibiais e consequentemente a lesão de suas fibras. Normalmente a relação de pico de torque, em avaliações isocinéticas, entre estes grupos musculares é de 60%, em velocidades baixas como 60°/s, ou seja, os isquiotibiais têm cerca de 60% do valor máximo do momento do quadríceps⁷.

Vários estudos avaliaram a relação entre isquiotibiais/quadríceps (I/Q) tanto de profissionais (PRO) como de atletas mais jovens por meio de equipamento isocinético e apontaram que jogadores com desequilíbrio dessa relação demonstraram maior incidência de lesões nos músculos

posteriores de coxa⁸⁻¹¹. Quando comparados jogadores sub-17 (S17) e PRO, o pico de torque demonstra diferenças significativas; os jogadores PRO demonstram valores superiores aos S17 para ambos os grupos musculares do joelho¹².

Uma nova forma de avaliação da força dinâmica é por meio de mapas de superfície em 3D. Este método considera a relação torque-ângulo-velocidade articular, criando um mapa de comportamento destas três variáveis durante todo o movimento. Desta forma, possibilita a interpretação das forças musculares durante toda a contração e arco de movimento¹³⁻¹⁵.

Vários estudos relatam o perfil corporal e fisiológico de jogadores, porém não avaliam a força com dinamômetros isocinéticos ou aplicam análise discriminante. Ainda é necessário saber quais variáveis relacionadas à força, avaliadas por um sistema reprodutível, estão relacionadas a diferentes categorias de futebol¹⁷⁻²⁸. Ainda são escassos os estudos que aplicam a análise discriminante com variáveis musculares, em específico com dinamometria isocinética, para que se discrimine corretamente jogadores de diferentes categorias como profissionais e amadores ou entre idades.

Devido aos índices de lesões do joelho neste esporte e sua importância nas funções atléticas, as avaliações desta articulação são desfechos necessários não só para a área da Fisioterapia, como também de desempenho esportivo. Também são necessários os estabelecimentos de valores que indiquem parâmetros para a classificação de indivíduos em suas categorias distintas, auxiliando no período de preparação de pré-temporada. De tal forma, justifica-se a execução de um novo estudo que considere tais variáveis para esta população de atletas. Portanto, os objetivos deste estudo foram: 1) avaliar os músculos do joelho por meio de dinamômetro isocinético em duas categorias de futebol, 2) discriminar quais variáveis isocinéticas diferenciam as categorias e 3) comparar as relações torque-ângulo-velocidade por meio dos mapas de superfície 3D dos músculos do joelho entre os grupos.

2 REVISÃO DE LITERATURA - CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 O MÚSCULO ESQUELÉTICO

As células musculares são especializadas para a criação de força e geração de movimento e são divididas em esqueléticas, viscerais ou cardíacas. Os músculos esqueléticos, de forma abrangente, são órgãos constituídos de células esqueléticas e que permitem os movimentos voluntários e controlados do corpo, com a importante propriedade da contratilidade, ou seja, a capacidade de criar forças de tração e, quando necessárias, mudanças no comprimento para manutenção da mesma. Os músculos têm que encurtar-se suficientemente para proporcionar uma completa amplitude de movimento nas articulações que eles cruzam, no entanto precisam gerar potência suficiente para mover uma carga em cada extremo da amplitude. Dependendo da tarefa os músculos precisam funcionar por longos períodos sem fatigar enquanto em outras precisam fornecer esforços máximos de grande força durante apenas poucos segundos. Sua denominação é referente à ligação entre músculos e ossos. Outro nome atribuído ao músculo esquelético é músculo voluntário, pois este sistema em situações normais está sob o controle consciente do indivíduo ou também músculo estriado já que compreende faixas alternadas claras e escuras de materiais refrativos à luz caracterizando estrias^{29,30}.

Os músculos esqueléticos estão arranjados em grupos que são presos ao esqueleto cruzando uma ou mais articulações. As células musculares ocupam o ventre muscular enquanto as extremidades consistem de bandas espessas de tecido conjuntivo, virtualmente inextensíveis, que ancoram os músculos. O formato das inserções depende da orientação das fibras musculares e da área óssea disponível para inserção. Existem dois tipos de inserções de tecido conjuntivo: os tendões, constituídos de bandas estreitas e as aponeuroses que são constituídas de bandas largas²⁹.

2.1.1 Composição e Estrutura

Os músculos esqueléticos são compostos de fibras musculares que são organizadas em feixes e cada feixe de fibras é chamado fascículo. Os miofilamentos compreendem as miofibrilas que são sequências de sarcômeros

organizados em série, os miofilamentos são agrupados e formam as fibras musculares. O comprimento de uma fibra pode variar de poucos milímetros até 60 ou 70 cm e seu diâmetro de 10 a 100 μm ^{30,31}.

O ventre muscular é circundado pelo epimísio, os fascículos são cercados pelo tecido conjuntivo chamado perimísio, enquanto cada fibra é envolta pelo endomísio, que ajuda a manter as fibras musculares unidas e fornece uma rede de sustentação para os capilares sanguíneos e os ramos terminais das fibras nervosas²⁹.

Cada miofibrila tem dois tipos de filamentos, arranjos de forma ordenada. Os filamentos mais grossos ocupam as bandas A e são compostos da proteína miosina, cada molécula de miosina é uma estrutura em forma de taco, consistindo de duas cabeças globulares adjacentes. Os filamentos mais finos são compostos da proteína actina e denominadas de bandas I, cada banda I é dividida por um disco transversal Z; as actinas contêm duas moléculas auxiliares para a realização da contração muscular chamadas de troponina e tropomiosina. A seção da miofibrila entre dois discos Z é denominada sarcômero, a unidade estrutural básica da fibra muscular^{29,31}.

2.1.2 A Contração Muscular

Para que a contração muscular ocorra, basicamente dois eventos importantes são necessários para que as ligações mecânicas entre os filamentos de actina e miosina produzam o encurtamento do sarcômero: 1) estímulo específico dispara o descobrimento do local ativo no filamento de actina para possibilitar o acoplamento dos dois filamentos e 2) reações químicas fornecem energia para o desenvolvimento da tensão entre as moléculas da fibra muscular³⁰.

O processo de contração muscular voluntária inicia-se por meio de potenciais de ações provenientes do sistema nervoso central. O estímulo para excitação é uma onda de atividade eletroquímica que se move rapidamente ao longo das fibras nervosas e musculares e se associa com alterações locais no potencial elétrico de cada uma das fibras. Axônios de neurônios motores superiores localizados no córtex cerebral descem à medula espinhal e formam feixes axonais conhecidos como as vias ou tratos córticoespinhais, estes fazem contato sináptico com neurônios motores inferiores. Cada neurônio motor inferior inerva e controla a

atividade de um conjunto de fibras musculares dentro de um músculo e no final de cada nervo motor estão localizados os neurotransmissores acetilcolina (ACh), que por sua vez causam a excitação das fibras.

No processo da contração muscular, após a despolarização nervosa a ACh é liberada no espaço entre o nervo e o músculo, chamado fenda sináptica. A ACh então é liberada pela fenda até chegar aos seus receptores integrados na membrana muscular, sua ligação resulta em despolarização do sarcolema e o potencial de ação então se propaga. Em vários intervalos ao longo da superfície da fibra o potencial de ação encontra os túbulos T, por meio dele o estímulo chega ao retículo sarcoplasmático, onde ocorre a liberação do cálcio (Ca^{+2}) para a região dos miofilamentos. O Ca^{+2} se liga a troponina, que é a proteína regulatória do filamento de actina e que sucessivamente inibe o filamento de actina permitindo a interação com o filamento da miosina resultando no ciclo das pontes cruzadas e conseqüentemente acontece a contração muscular^{30,31}.

2.1.2.1 Tipos de contração muscular

A contração muscular é a ativação neuromuscular que contribui para o movimento ou estabilização do sistema musculoesquelético. A contração não é somente o ciclo de encurtamento, mas sim as ações exercidas pelo músculo para superar ou controlar determinada carga³².

Mecanicamente, quatro tipos de ações são baseados no equilíbrio ou mudança das forças ou torques gerados pelo músculo em resposta a resistência imposta por cargas externas. Se o torque muscular for maior que a carga externa aplicada, o músculo se encurta gerando a contração concêntrica, este tipo de contração é a que exige menor força dos músculos; contrariamente, se a carga externa for superior ao torque exercido pelo músculo, ocorre o alongamento das fibras, esta é a contração excêntrica que comparada aos outros tipos é a que demanda maior torque para geração de movimento. Já se o torque muscular for igual à carga externa, o comprimento do músculo e também o tamanho da alavanca não se alteram, desta forma acontece a contração isométrica^{29,32-34}.

As contrações concêntricas e excêntricas podem ainda serem classificadas como dinâmicas, ou seja, quando a carga imposta é contínua, mas a velocidade angular varia, isto permite que razão de contração se altere durante todo

o movimento. O movimento gerado pode ainda ser classificado como isocinético, neste, a velocidade angular permanece constante, mas a carga varia³³.

2.1.2.2 Relação comprimento-tensão

A relação básica que conduz o desempenho muscular é entendida como a associação entre o comprimento do músculo e a magnitude da tensão relativa³⁵. A tensão produzida pela unidade músculo-tendão é a soma entre o componente contrátil ou ativo, o músculo, e o componente passivo, exercido pelo tecido conjuntivo. A quantidade de tensão gerada depende do número de pontes cruzadas entre os filamentos de actina e miosina, quanto maior for este o número maior será a tensão e conseqüentemente a força produzida³⁴.

Quando o sarcômero é alongado ao ponto em que não há sobreposição dos filamentos nenhuma tensão é gerada, pois não há a ligação entre as cabeças de miosina, que estão em posição para se aderirem e formarem as pontes cruzadas. Com o encurtamento do sarcômero e o aumento gradual de interposição, ocorre também o aumento linear na quantidade de tensão gerada até que esta relação alcance seu instante ótimo, após este momento a tensão é mantida até que então começa a diminuir, pois o número máximo de pontes cruzadas foi atingido²⁹.

2.1.2.3 Relação força-velocidade

A relação força-velocidade é definida pela analogia que existe entre a força máxima gerada pelo músculo e a velocidade em que a taxa de mudança de comprimento das fibras acontece³⁶.

Hill em seu estudo descreveu a relação entre força e velocidade pela seguinte equação:

$$v = b(F_0 - F) / (F+a)$$

Sendo v a velocidade de encurtamento, F_0 a força máxima isométrica, F a força, a é a constante de torque e b a constante de velocidade. Para fibras de contração lenta os valores para as constantes são $a = 0,25 \times 1250$ N e $b = 0,25 \times 72$ cm/s; para fibras de contração rápida os valores são de $a = 0,25 \times 1250$ N e $b = 0,25 \times 192$ cm/s^{36,37}. Esta relação demonstra a analogia que existe entre o

músculo gerar altos valores de força, porém em baixas velocidades enquanto em altas velocidades o valor máximo de força será menor.

2.1.2.4 Relação força-tempo

A relação força-tempo está relacionada ao tempo necessário para que ocorra a tensão do músculo e como consequência a contração. Suas características são determinadas pelo sistema neuromuscular, que proporciona ao músculo a capacidade de desenvolver força na velocidade necessária para alcançar o objetivo da tarefa motora³⁸. Ela pode ser expressa como o tempo entre o disparo do potencial de ação e o pico de tensão ou força gerada. Os atrasos nesta relação são variáveis dependendo do objetivo proposto, o pico de força pode ser alcançado desde 100 ms até aproximadamente um segundo, como em uma contração máxima³².

Kyrolainen *et al.*³⁹, avaliou o efeito de 15 semanas de treinamento de potência em variáveis de estrutura muscular e de desempenho neuromuscular, em indivíduos adultos. Após 15 semanas, o grupo treinamento demonstrou melhoras da relação força-tempo, alterando o momento em que ocorre o pico de força, fazendo com que este momento ocorra antes.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO JOELHO

A articulação do joelho tem a forma de dobradiça e o seu contorno oferece pouca estabilidade intrínseca. Seu equilíbrio é feito por estruturas ligamentares, os meniscos e também pela musculatura ao redor desta articulação.

Diferentemente de uma articulação esférica, como a glenoumeral e a coxofemoral, o eixo de rotação de flexão-extensão do joelho não é fixo. Quando uma articulação não tem características esferoides, mudanças na localização do centro instantâneo de rotação podem acontecer durante todo o movimento de acordo com as alterações angulares sucessivas. A estrutura anatômica que permite maior estabilidade e melhor coaptação dos côndilos femorais com o platô tibial durante o movimento no plano sagital são os meniscos^{40,41}.

Na figura 1 observa-se a transição do eixo de rotação durante sete posições angulares variando em 15° cada. A localização média forma um

semicírculo com diâmetro de 2,3 cm e o deslocamento percorre uma distância de aproximadamente 3,2 cm. Os centros se situam na altura no epicôndilo lateral do fêmur e a direção em relação à tibia forma um padrão que se abre na direção ântero-distal⁴⁰.

Outra característica importante do joelho é a relação agonista-antagonista dos músculos quadríceps femoral (QUA) e isquiotibiais (IT). Na figura 2(A) pode-se observar o vetor de força resultante da tração exercida pelo QUA no tendão patelar e que não há a contra resistência dos IT para que o movimento de rolamento ocorra normalmente dentro de toda a superfície articular, causando desta forma instabilidade. Na figura 2(B) pode-se observar a força contrária dos IT no movimento de extensão do joelho fazendo com que a estabilidade articular seja reestabelecida, assim como a congruência entre as superfícies ósseas. Do mesmo modo, pode-se analisar na figura 3(A) a distribuição da carga articular quando os IT não atuam, resultando em uma carga localizada na região mais anterior da articulação tibiofemoral. Na figura 3(B) fica evidente a reorganização das forças quando os IT agem na estabilização das cargas imposta a articulação⁴².

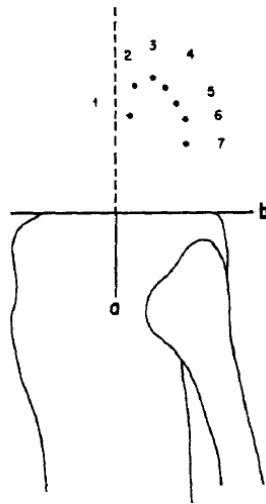


Figura 1. Eixo de rotação do joelho durante flexão-extensão.
Fonte: Smidt G, 1973⁴⁰.

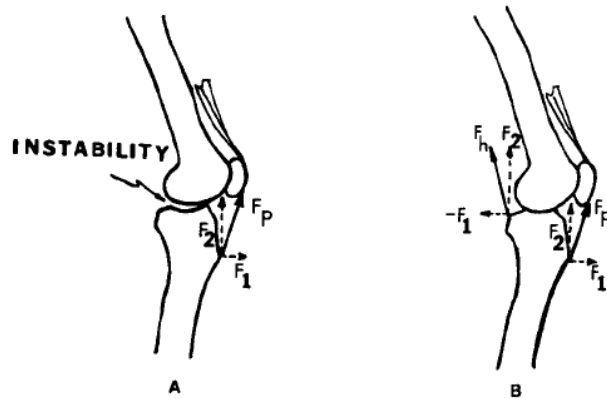


Figura 2. Vetores musculares atuantes na flexão e extensão.
Fonte: Baratta R, 1988⁴².

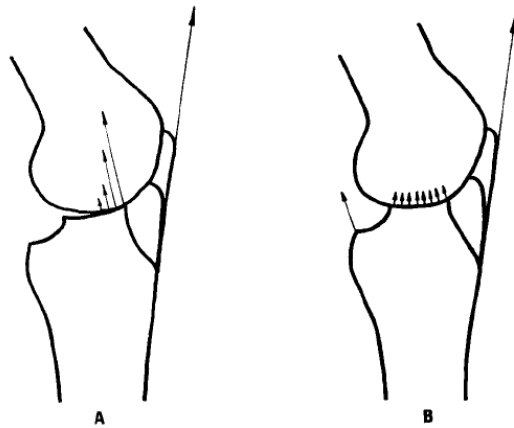


Figura 3. Distribuição das forças na superfície articular.
Fonte: Baratta R, 1988⁴².

2.2.1 Características dos Grupos Musculares Quadríceps e Isquiotibiais

A articulação do joelho tem como seu principal movimento a flexão e extensão, realizada no plano sagital. Para que estas ações ocorram os grupos musculares QUA e IT precisam ser ativados⁴⁰.

O QUA é um grupo muscular grande, capaz de gerar altos valores de torque e é composto por quatro músculos: reto femoral, vasto medial, vasto intermédio e vasto lateral. Os músculos vastos se originam das faces anterior, medial e lateral do fêmur, enquanto o reto femoral se origina principalmente da espinha ílica ântero-superior; os ventres destes quatro músculos convergem distalmente para formar o tendão do QUA que é inserido na borda superior da

patela. Sua ação principal é a de extensão do joelho, este movimento está intimamente ligado a ações no futebol como corridas de alta intensidades, chutes e saltos^{41,43}.

Becker *et al.*⁴⁴ avaliaram a estrutura do vasto lateral e observaram que para seus parâmetros de composição o número de fascículos foi em média de 138, enquanto o comprimento foi de 39,6 cm, incluindo o tendão e sua área de corte transversal de 21,6 cm².

Em jogadores de futebol, observou-se que a proporção de fibras de contração rápida em relação às de contração lenta do vasto lateral foi de 50-60% do total, não sendo diferente da proporção de indivíduos normais. A área de corte transversal demonstrou valores de 4.038 mm² para as fibras de contração lenta e 5.822 mm² para as de contração rápida^{45,46}. As únicas diferenças entre as estruturas dos músculos vastos laterais de jogadores PRO em comparação a indivíduos normais são em relação ao fornecimento sanguíneo. Os jogadores têm maior suprimento evidenciado por maior número de capilares para cada fibra e maior densidade dos vasos⁴⁵.

Os IT são músculos localizados na face posterior da coxa, este é composto pelos músculos: bíceps femoral cabeça curta e cabeça longa, semitendinoso e semimembranoso, que se originam nas faces da região isquiática e se inserem nas faces tibiais. Este grupo muscular tem como função a flexão do joelho e no futebol está associado a ações como controle da perna durante a corrida e desaceleração do movimento do chute^{41,47,48}.

Hoshikawa *et al.*⁴⁹ em 2009 avaliaram a diferença entre a área de corte transversal da coxa e torque isocinético, bilateralmente, nas velocidades 1,05° rad.s⁻¹ e 3,14° rad.s⁻¹ de jogadores PRO seniores comparados à juniores. Em seus resultados ele demonstra diferenças estatisticamente significantes a favor do grupo de seniores na área de corte transversal dos grupos musculares QUA e IT+adutores, sendo a área maior para os membros inferiores dos jogadores seniores, assim como o torque em ambas as velocidades foi maior em relação ao grupo mais jovem.

2.3 DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO

O primeiro dinamômetro isocinético lançado no mercado foi o *Cyberex I*, no final dos anos 60. Atualmente vários modelos e marcas estão disponíveis, possibilitando a avaliação de indivíduos saudáveis ou até mesmo com disfunções musculoesqueléticas^{35,50,51}.

Os dinamômetros são equipados com placas eletromagnéticas que têm como objetivo restringir o movimento a uma velocidade específica independente da magnitude do torque aplicado. Eles operam em amplitudes de movimento pré-selecionadas, permitindo a aplicação de qualquer modo de contração e número de repetições e séries determinadas, seja para testes de avaliação de desempenho ou apenas para treinamento^{35,50}.

As principais variáveis e suas respectivas unidades, que os dinamômetros isocinéticos retornam são: Pico de Torque (N-m), Pico de Torque/peso corporal (%), tempo até o Pico de Torque (ms), ângulo do PT (°), trabalho total (J), potência média (W), amplitude de movimento (°) e razão agonista/antagonista (%). A variável pico de torque é calculada a partir do torque aplicado multiplicado pela distância do braço de alavanca, definido pela seguinte equação: pico de torque

$$PT = F_r \times d$$

Onde PT é a variável pico de torque, F_r a força rotacional e d o comprimento da alavanca, que é determinada pela distância entre o centro de rotação do movimento até o local onde F_r é aplicada^{33,35}.

A potência é calculada pela equação:

$$P = T/t$$

Onde P é a variável potência, T o trabalho executado durante o movimento e t o tempo necessário para realização da ação.

O trabalho total é definido pela equação:

$$Tt = T \times \theta$$

Sendo Tt a variável trabalho total, T é o torque e θ o ângulo do arco de movimento³³.

A razão agonista/antagonista na articulação do joelho representa o pico de torque dos músculos IT dividido pelo pico de torque dos músculos QUA^{33,35}.

Comparado a outras modalidades de resistência, por exemplo, pesos livres, o dinamômetro isocinético fornece melhor compreensão da avaliação muscular e conseqüentemente do funcionamento articular de quase todos os segmentos corporais. Devido a tais características e facilidade de uso, os dinamômetros são amplamente usados em centros de reabilitação, clubes esportivos e laboratórios de pesquisa^{4,7,35,50-53}.

2.3.1 Confiabilidade e Reprodutibilidade

A articulação do joelho pode ser considerada como a que contém maior número de estudos. Diversos trabalhos avaliaram a confiabilidade e reprodutibilidade do equipamento isocinético, especificamente a articulação do joelho no movimento de flexão e extensão e demonstraram alta confiabilidade⁵⁰. Brown *et al.*⁵⁴ avaliaram a confiabilidade do equipamento Lido com oito homens e 12 mulheres saudáveis, que realizaram sessões de teste em diferentes velocidades, com intervalo de 48 horas; seu resultados demonstraram alta confiabilidade das variáveis, exceto para o ângulo do PT que evidenciou maiores variabilidades; já em outro estudo Brown *et al.*⁵⁵ aplicaram o mesmo método, porém com o isocinético *Biodex II* e em seus resultados observaram-se similaridade entre os equipamentos e mais uma vez a variável com maior variabilidade foi o ângulo do PT. Ainda, Sole *et al.* avaliaram a confiabilidade do dinamômetro *KinCom* em sujeitos saudáveis com 2 avaliações, na intermitência de sete dias e verificaram valores de CCI maiores que 0,9 para as variáveis PT e trabalho total de flexores e extensores de joelho⁵⁶.

Especificamente o sistema *Biodex* pode avaliar o segmento desejado em velocidades entre 10°/s e 500°/s. Malone⁵⁷ avaliou o dinamômetro aplicando pesos pré-determinados para validar a acurácia do sistema e constatou 99% de acurácia. Já Montgomery *et al.*⁵⁸ avaliaram a confiabilidade em várias velocidades de contração concêntrica dos grupos musculares do joelho e verificou

que a confiabilidade diminui em consequência do aumento da velocidade tanto na flexão como na extensão. Outro estudo a avaliar o *Biodex* foi o de McCleary⁵⁹, foram avaliados 26 homens, cada um realizando três testes em três dias consecutivos; os valores de CCI variaram de 0,88 no primeiro dia para as variáveis pico de torque (PT) concêntrico e excêntrico, 0,97 no segundo para as mesmas variáveis e 0,98 no terceiro para a variável PT de flexão de joelho.

A avaliação isocinética consiste na medida do desempenho muscular dinâmico em que o músculo se contrai contra uma resistência acomodada e controlada enquanto se move em velocidade angular constante, porém alguns fatores podem afetar suas medidas e serem possíveis fontes de erro, sendo estas:

- 1) Inconsistências referentes à máquina, por exemplo, calibração errada ou falta de calibração.
- 2) Variações relativas ao indivíduo, por exemplo, motivação.
- 3) Erros ligados ao procedimento do teste, por exemplo, estabilização insuficiente ou eixo desalinhado.
- 4) Variações no protocolo, por exemplo, pausa entre contrações diferentes.
- 5) Variações entre examinadores, por exemplo, diferentes examinadores.
- 6) Fatores de processamento dos dados, por exemplo, variações em filtros^{35,50,51,53}.

2.4 CARACTERÍSTICAS DOS JOGADORES DE FUTEBOL

O futebol necessita de diferentes habilidades dos jogadores e a força dos membros inferiores tem função fundamental para o bom desempenho¹. O chute, especificamente, demonstra ter alta correlação com o pico de torque tanto do QUA quanto dos IT e esta correlação foi estudada por Cabri *et al.*⁶⁰, que avaliaram os músculos do joelho de jogadores, isocineticamente, no modo concêntrico, a uma velocidade angular de $3,6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ e encontrou valores de $r=0,77$ entre a distância do chute e o pico do momento de extensores e $r=0,74$ entre a distância do chute e o pico do momento dos flexores. Na ação do chute os músculos do QUA têm a função principal de imprimir velocidade e aceleração na perna para que o contato com a bola seja máximo, enquanto que os IT têm a função de controlar e segurar o segmento, impedindo amplitudes de movimento além do necessário^{2,3,4}.

Vários estudos avaliaram a incidência de lesões em jogadores adultos amadores e juniores e os valores encontrados foram de 2,9 e 5,7 lesões em

treinos e 5,6 e 20 a cada 1000 horas, respectivamente⁶¹⁻⁶⁴. Croisier *et al*⁸. em 2003 avaliaram 77 jogadores de quatro times de elite no Brasil, Bélgica e França; as velocidades empregadas foram de 60 e 240°/s no modo concêntrico e as velocidades 30 e 120°/s no modo excêntrico para os músculos IT e QUA. Entre os jogadores com desequilíbrio tanto das razões concêntricas quanto da razão dinâmica concêntrica/excêntrica, cerca de 15% apresentaram lesões nos IT durante a temporada, enquanto dos que não exibiram desequilíbrios apenas 3% apresentaram lesões. Em outro estudo foram avaliados 682 jogadores de futebol PRO em pré-temporada e também ao final; dos 462 avaliados ao fim do estudo, 35 tinham lesões no IT e os que demonstraram desequilíbrio muscular (relação I/Q) na pré-temporada evidenciaram um risco relativo de 4,66 para lesões nos IT, já os jogadores que conseguiram restabelecer o equilíbrio diminuíram o risco relativo de lesões para 1,43⁹. O'Sullivan¹⁰ avaliou 44 jogadores PRO, nas velocidades de 60, 180 e 300°/s, bilateralmente, destes, 15 reportaram lesões nos IT com 68% afetando o membro dominante. A razão I/Q foi menor para os membros lesionados e diferenças foram encontradas entre os picos de torque dos IT entre lesionados e não lesionados.

Enquanto em jogadores adultos diferenças entre picos de momento entre membros e entre grupos musculares são encontrados, o mesmo não se difere em atletas jovens. Kellis¹¹ avaliou jovens entre 10 e 18 anos e constatou que a variável idade, assim como membro dominante, influenciam nas diferenças dos picos de momento tanto de flexores como de extensores. Frisch⁶ também avaliou um grupo de jovens, das categorias sub-15 até sub-19, porém foram encontradas diferenças entre picos de torque, seja para extensores ou flexores de joelho entre as categorias.

2.5 RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO-VELOCIDADE

Um exemplo de análise esquemática pouco empregada para o entendimento do momento angular e da relação entre torque-ângulo-velocidade, ou força dinâmica, é a de mapas de superfícies em 3D. Esta técnica leva em consideração não somente a relação entre força-velocidade, já descrita anteriormente, como também qual o comportamento relacionado à posição articular. A capacidade de geração de momento tem íntima relação não somente com a

posição angular da articulação em momentos específicos, como também com a velocidade em que a mudança no comprimento do músculo acontece¹³. A relação de variação entre o ângulo articular e a velocidade angular pode auxiliar na compreensão da força aplicada nos movimentos humanos dinâmicos¹⁴. Khalaf¹⁶ em 2000 avaliou a capacidade de produção de momento em relação ao ângulo e velocidade de contração do tornozelo com mapas de superfície 3D e os valores de pico de torque demonstraram mudanças em seus valores dependentes tanto da posição angular quanto da velocidade empregada. Em outros estudos, foram avaliados esta mesma relação, porém para outras articulações: quadril, joelho e ombro^{15,16}. A mesma relação encontrada para a articulação do tornozelo foi evidenciada também para estas articulações.

Recentemente, Frey-Law *et al.*¹⁴ avaliaram as articulações do joelho e cotovelo em relação ao comportamento 3D nos movimentos de flexão e extensão. Observou-se que cada articulação tem sua característica particular, devido as diferenças entre os músculos de cada segmento e que a biomecânica articular sofre influência direta da relação torque-ângulo-velocidade. Contudo ainda faltam estudos que façam esta aplicação em diferentes populações e também que comparem diferentes grupos de indivíduos.

2.6 ANÁLISE DISCRIMINANTE

A análise discriminante é uma técnica estatística multivariada que tem como objetivos: 1) identificar variáveis que melhor discriminem ou distinguem 2 ou mais grupos de indivíduos estruturalmente distintos e mutuamente exclusivos, 2) aplicar estas variáveis como parâmetros ou função discriminante que represente as diferenças entre grupos e 3) classificar corretamente novos indivíduos nos grupos determinados⁶⁵. Outra função da análise discriminante é a sua aplicação para a análise de identificação de talentos nos esportes^{18,66}.

No futebol poucos estudos aplicam a análise discriminante ou outras técnicas multivariadas para diferenciar quais variáveis musculares, por exemplo, pico do momento, podem ser discriminadas entre jogadores de elite e amadores ou até mesmo para a detecção de talentos em categorias de base. Reilly¹⁷ em 1977 avaliou jogadores de 31 clubes da Inglaterra em pré-temporada e aplicou testes estatísticos multivariados com variáveis antropométricas, fisiológicas,

de força muscular e também psicológicas. Nos resultados foi possível observar que as variáveis eficiência de repouso cardíaco, resistência e força de quadríceps explicam somente 26% do total de variância de sua análise discriminante, porém, detalhes de como os testes de força foram aplicados não são fornecidos.

Williams¹⁸ realizou uma revisão sobre a identificação de talentos no futebol o objetivo de avaliar tanto características psicológicas como físicas de atletas jovens. Entre as variáveis físicas a que parece contribuir para o sucesso futuro dos atletas é a idade biológica avançada, ou seja, aqueles que atingem a estatura adulta mais cedo que os demais têm maior chance de se tornarem jogadores profissionais; outras variáveis como quantidade de massa muscular e de gordura corporal são mais maleáveis a influências de dietas e não necessariamente diferenciam os jogadores.

Vaeyens¹⁹ avaliou jogadores com idade entre 12 e 16 anos quanto às características físicas e de habilidades; a variável foi medida por meio de dinamômetro de prensão manual e como resultado os jogadores mais velhos obtiveram valores mais altos de força. As variáveis que discriminaram as categorias sub-13 e sub-14 foram velocidade da corrida e habilidades técnicas, já para as categorias sub-15 e sub-16 a variável discriminante foi resistência cardiorrespiratória.

Recentemente, Gonaus²⁰ avaliou as aptidões físicas de jogadores de futebol australianos com idade entre 14 e 17 anos. O teste de força aplicado para membros superiores foi a distância de arremesso de *medicine ball* de 2 kg, enquanto para membros inferiores foram os testes de salto contra-movimento e de salto saindo de uma plataforma de 40 cm; outros testes específicos para outras aptidões físicas também foram selecionados, por exemplo, corrida de alta intensidade de 20 m em linha reta, teste senta e alcançar, resistência por meio da corrida, circuito de agilidade, *foot tapping* e corrida com mudança de direção. Para a categoria sub-14 os testes que melhor discriminaram os jogadores foram o arremesso de *medicine ball*, teste de agilidade e corrida com mudança de direção, classificando corretamente 63,4% dos participantes; para as categorias sub-15 e sub-16 as variáveis foram corrida com mudança de direção, arremesso de *medicine ball* e resistência de corrida, classificando corretamente 62,7% dos jogadores sub-15 e 63,6% dos sub-16; para a categoria S17 as variáveis foram corrida com mudança de direção, arremesso de *medicine ball* e *foot tapping*, classificando corretamente

66,2% dos jogadores. Outros estudos ainda relatam o perfil corporal e fisiológico dos jogadores, porém não avaliaram a força com dinamômetros isocinéticos ou aplicaram análise discriminante. Assim ainda faltam estudos que utilizem a análise discriminante para descrever quais variáveis de força avaliadas por um sistema confiável e reprodutível estão relacionadas a diferentes categorias de futebol²¹⁻²⁸.

ARTIGO

AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA DOS MÚSCULOS DO JOELHO EM DUAS CATEGORIAS DE FUTEBOL: ANÁLISE DISCRIMINANTE E RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO-VELOCIDADE.

(Para ser submetido ao *Journal of Sports Science*)

Resumo

Os objetivos deste estudo foram avaliar isocineticamente os músculos do joelho de jogadores de futebol e discriminar quais variáveis pertencem as categorias sub-17(S17) e profissionais (PRO) e também comparar as relações torque-ângulo-velocidade por meio mapas de superfícies 3D dos músculos do joelho. Trinta e quatro jogadores de futebol (n = 17 para cada categoria) foram avaliados. As variáveis isocinéticas utilizadas para a análise de extensão-flexão do joelho foram: pico de torque (Nm), trabalho total (J), potência média (W), ângulo de pico de torque (graus), razão agonista/antagonista (%), testadas em três velocidades (60°/s, 120°/s e 300°/s). Duas análises discriminantes foram feitas usando o método *Wilk's Lambda* para identificar quais variáveis discriminam significativamente entre as categorias. As variáveis discriminantes a 60°/s na categoria PRO foram: pico de torque extensores, trabalho total flexores, potência média extensores e razão agonista/antagonista, no S17 foram: trabalho total extensores, pico de torque de flexores e potência média de flexores. A 300°/s, as variáveis encontradas para os grupos PRO e S17 foram, respectivamente: potência média extensores e trabalho total extensores. As análises discriminantes usando variáveis isocinéticas foram capazes de discriminar corretamente os jogadores das diferentes categorias

Descritores: Biomecânica, Isocinético, Futebol, Análise discriminante.

Abstract

The aims of this study were to perform knee isokinetic analyzes and to discriminate between which variables could belong to the under 17s (U17) soccer category, and which to the professional (PRO) and also to compare the torque-angle-velocity relationship by means of 3D strength surfaces of knee muscles. Thirty-four soccer players ($n = 17$ for each category) participated in this study. The isokinetic variables used for the knee extension-flexion strength analysis were: peak torque (N.m), total work (J), average power (W), angle of peak torque (deg.), agonist/antagonist ratio (%), measured for three velocities ($60^\circ/s$, $120^\circ/s$ and $300^\circ/s$). Two discriminant analysis were made using the Wilk's Lambda method to identify which variables would discriminate significantly between the two categories. Discriminative variables at $60^\circ/s$ in the PRO categories were: extension peak torque, flexion total work, extension average power and agonist/antagonist ratio; in the U17 were: extension total work, flexion peak torque and flexion average power. At $300^\circ/s$, the variables found in the PRO and U17 respectively were: extension average power and extension total work. The discriminant analysis using isokinetic variables were able to correctly discriminate between PRO and U17 players.

Keywords: Biomechanics, Isokinetics, Soccer, Discriminant analysis.

Introdução

O futebol é o esporte mais popular do mundo com aproximadamente 200 milhões de jogadores ativos em todos os continentes. Como todo esporte, o futebol tem suas demandas específicas, exigindo dos atletas habilidades e qualidades físicas e mentais particulares de suas atividades e ações (Manning,& Levy, 2006).

A característica principal do esporte é seu caráter intermitente, em que as sequências de ações necessitam de uma variedade de habilidades, com diferentes intensidades, em todos os momentos. Entre elas a corrida é a atividade fundamental, com o esforço máximo nas corridas de alta intensidades (*sprints*), além desta, outros movimentos como saltos, disputas com contato físico e os chutes, também são fatores importantes para o bom desempenho. Todos estes esforços são dependentes, além de outras capacidades físicas, principalmente da força do sistema muscular, em especial dos membros inferiores (Cometti et al., 2001; Lees,& Nolan, 1998; Stolen, Chamari, Castagna & Wisloff, 2005).

Uma forma de se avaliar a força de membros inferiores é por meio do dinamômetro isocinético. A avaliação isocinética consiste na medida do desempenho muscular dinâmico em que o músculo se contrai contra uma resistência acomodada e controlada enquanto se move em velocidade angular constante (Dvir Z, 2002). Entre as principais variáveis do isocinético estão o pico de torque, que é o maior valor alcançado entre as repetições e indica a aptidão de geração de força do músculo. O trabalho total, que indica a habilidade muscular em gerar torque durante todo o arco de movimento, a potência média que é relacionada com a velocidade do músculo em gerar torque durante a contração, pois considera a razão entre o trabalho total e o tempo gasto para que este trabalho seja efetuado e a razão concêntrica agonista/antagonista, que no joelho considera a razão entre o

pico de torque dos isquiotibiais em relação ao pico de torque do quadríceps (Dvir Z, 2002).

Quando comparados jogadores sub-17 com profissionais, o pico de torque demonstra diferenças significativas, tendo os jogadores profissionais valores superiores aos sub-17 para ambos os grupos musculares do joelho (Croisier J.L. et al, 2003-2008; Kellis, S., Gerodimos, V., Kellis, E., & Manou, V.,2001; Lehance, Binet, Bury & Croisier, 2009; O'Sullivan, K., O'Ceallaigh, B., O'Connell, K., & Shafat, A., 2008).

Os desequilíbrios de força entre os membros inferiores ou entre os grupos musculares agonistas-antagonistas do movimento são fatores intrínsecos de lesões nos esportes (Brito et al., 2010). Normalmente a relação de pico de torque concêntrico, em avaliações isocinéticas, entre estes grupos musculares é de 60% em velocidades baixas como 60°/s, ou seja, os isquiotibiais têm cerca de 60% do valor máximo do torque do quadríceps (Rahnma N,& Bambaieichi E, 2008). Do total de lesões no futebol, as de membros inferiores são as mais frequentes com 87%, consistindo de 37% de lesões agudas, por contato (extrínsecas) e 63% de lesões intrínsecas (sem contato físico ou crônica). Em relação ao tipo de lesão, as musculares e tendinosas são as mais frequentes (45,4%) e os músculos ou segmentos com maior frequência de lesões são os isquiotibiais (14,1%), seguido por adutores da coxa (13,5%) e tornozelos (12,9 %) (Frisch et al., 2011).

As variáveis isocinéticas demonstram importante função na avaliação muscular, porém no futebol, poucos estudos tentam caracterizar quais destas variáveis podem diferenciar jogadores de elite e amadores ou até mesmo para a identificação de talentos em categorias de base. Uma maneira de fazer tal análise, seria por meio da análise discriminante. A análise discriminante é uma

técnica estatística multivariada que tem como objetivos: 1) identificar variáveis que melhor discriminem ou distinguem 2 ou mais grupos de indivíduos estruturalmente distintos e mutuamente exclusivos, 2) aplicar estas variáveis como parâmetros ou função discriminante que represente as diferenças entre grupos e 3) classificar corretamente novos indivíduos nos grupos determinados (Marôco, 2011).

Vários estudos relatam o perfil corporal e fisiológico de jogadores, mas não avaliam a força com dinamômetros isocinéticos ou aplicam somente análises estatísticas univariadas (Gonaus, & Muller, 2012; Mangine, Noyes, Mullen, & Barber, 1990; Mujika, Santisteban, Impellizzeri, & Castagna, 2009; Ostojic, 2000; Philipaerts et al, 2006; Reilly, & Thomas, 1977-2000; Shepard, 1999; Sutton, Scott, Wallace, & Reilly, 2009; Stroyer, Hansen, & Klausen, 2004; Vaeyens et al, 2006; Williams, & Reilly, 2000).

Outro conceito pouco utilizado das variáveis isocinéticas é relação torque-ângulo-velocidade. A capacidade de geração de torque tem íntima relação não somente com a posição angular da articulação em momentos específicos, como também com a velocidade em que a mudança no comprimento do músculo acontece (Frey-Law, L.A., 2012, Khalaf, K.A., & Parnianpour, M, 2001). Um exemplo de análise esquemática pouco empregada para o entendimento do momento angular e da relação entre torque-ângulo-velocidade, ou força dinâmica, é a de mapas de superfícies em 3D. Esta técnica leva em consideração não somente a relação entre força-velocidade como também qual o comportamento relacionado à posição articular. (Anderson, Madigan, & Nussbaum, 2007, Frey-Law, L.A., 2012, Khalaf, K.A., & Parnianpour, M, 2001).

Devido aos índices de lesões do joelho no futebol e sua importância principalmente nas funções atléticas, as avaliações desta articulação

são desfechos importantes não só para a área da fisioterapia ou prevenção, como também de desempenho esportivo. Sobretudo para estabelecimento de valores, por meio de variáveis isocinéticas, que indiquem parâmetros para a classificação de indivíduos em suas categorias distintas, pois na categoria sub-17 os jogadores estão em um período importante de decisão entre continuar ou não a carreira de jogador profissional (Williams, & Reilly, 2000); além disso, estes parâmetros servem de auxílio na preparação da pré-temporada tanto para jogadores profissionais como para sub-17. Assim, os objetivos deste estudo foram: 1) avaliar os músculos do joelho por meio de dinamômetro isocinético em duas categorias de futebol, 2) discriminar quais variáveis isocinéticas diferenciam as categorias e 3) comparar as relações torque-ângulo-velocidade por meio dos mapas de superfície 3D dos músculos do joelho entre os grupos.

Método

Participantes

Foram avaliados 34 jogador, sendo 17 profissionais e 17 sub-17, em período de pré-temporada (1 mês do começo do campeonato); os participantes foram instruídos a não realizar treinos no dia da avaliação e também no período da tarde do dia anterior. Os critérios de inclusão além de ausência de lesões nos membros inferiores nos últimos três meses, para ambos os grupos, foi de idade maior que 20 anos para o grupo PRO e idade entre 15 e 17 anos para o grupo S17. As características dos participantes são descritas na tabela 1.

Tabela 1. Características dos grupos.

	PRO (DP) \bar{x}	S17 (DP) \bar{x}	P
Idade (anos) *	23 (20-24)	16 (16-17)	<0,001
Altura (cm)	181 (5,2)	176 (10,9)	0,10
Peso (kg)	78,5 (6,8)	69,8 (8,6)	0,003
IMC (kg/m ²)	23,9 (1,9)	22,4 (1,8)	0,031
Destros	14	16	-
Canhotos	3	1	-

* valores em mediana e seus quartis (25-75%)

Procedimentos de avaliação

O equipamento usado para a coleta de dados foi um dinamômetro isocinético (*Biodex System 4®*, *Biodex Medical*, *Shirley, NY*) e o modo de contração escolhido para analisar os músculos flexores e extensores de joelho, bilateralmente, foi o concêntrico. Os participantes foram avaliados em uma única sessão, em três velocidades angulares (60°/s, 120°/s e 300°/s), em que a ordem de execução foi por meio de sorteio simples. Previamente ao teste isocinético era feito aquecimento em bicicleta ergométrica durante cinco minutos. Após, os participantes eram posicionados no equipamento, estabilizados por faixas sobre o tronco, pelve e coxa, para que o segmento fosse isolado e evitando movimentos compensatórios. A posição do quadril foi padronizada em 100° de flexão e o eixo mecânico de rotação do dinamômetro foi alinhado com o eixo anatômico do joelho, referente ao epicôndilo lateral do fêmur. A distância do braço de alavanca foi posicionado logo acima da altura dos maléolos (Houwelling, & Onze, 2010).

Os atletas eram instruídos para segurarem nas manoplas ao lado do assento e também não movimentarem o membro inferior contralateral. A calibração foi realizada de acordo com o manual do fabricante (*Biodex Medical System*), assim como a correção da força gravitacional. O arco de movimento foi

estipulado em 90°, considerando a extensão máxima do joelho como 0°, com o cuidado de evitar a hiperextensão. Antes de cada série de repetições eram realizadas contrações máximas e submáximas, nas velocidades iguais ao teste para familiarização com o protocolo até que o participante tivesse pleno entendimento, após, os jogadores faziam cinco repetições de contrações máximas para a flexão e extensão de joelho na amplitude de movimento determinada e o tempo de descanso entre as séries foi de 90 segundos (Parcell, Sawyer, Tricoli, & Chinevere, 2002). Encorajamento verbal e *feedback* visual foram usados para que o participante produzisse o maior esforço possível. As avaliações foram feitas pelo mesmo avaliador em todos os casos e o coeficiente de variação abaixo de 10% foi empregado para que a série fosse considerada válida (Lin, Robinson, Junior, & O'Connor, 1996). Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Instituição (CEP/UEL#055/2012) e todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido antes dos testes.

Processamento dos dados isocinéticos

As variáveis isocinéticas usadas para análise foram: Pico de torque (N.m), trabalho total (J), potência média, ângulo do pico de torque (°) e razão agonista/antagonista (%), das velocidades 60°/s e 300°/s.

Os dados brutos foram exportados e após análise espectral, suavizados por um filtro passa baixa *Butterworth* de 4ª ordem com frequências de corte para os dados de 60°/s de 20 Hz, enquanto que para os de 300°/s foi de 12 Hz.

Para formar os mapas de superfície a função matemática *surf*, do programa *Matlab*® 7.9.0 (R2009b) foi usada. Foram interpoladas as cinco repetições de cada participante, de acordo com a duração de cada uma, com base

nos valores das curvas médias. O algoritmo estima a geometria intrínseca de acordo com os dados de torque (eixo z) relacionados com a posição articular (eixo x) e velocidade do movimento (eixo y) no mesmo instante. O eixo z define a altura do mapa, de acordo com a intensidade da força e os eixos x e y as delimitações dos vértices da superfície. A cor vermelha indica os momentos em que houveram os maiores valores de pico de torque, já as cores azuis indicam o oposto, onde ocorreram os menores valores de pico de torque. A intensidade da cor é proporcional a altura da superfície durante o movimento.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de *Shapiro-Wilk*. Somente para a variável idade, o teste de *Mann Whitney* foi usado para a diferença entre grupos. O teste-*t* independente foi aplicado para avaliar as diferenças entre as médias das variáveis isocinéticas, entre os grupos, nas velocidades de 60°/s e 300°/s, além das diferenças para as variáveis peso, altura e IMC. Para a diferença entre membros foi usado o teste-*t* dependente.

Para a análise discriminante a homogeneidade das matrizes de variância-covariância foram testadas pelo teste *Box's M*. Duas análises discriminantes foram feitas pelo método *Wilk's Lambda* para identificar quais variáveis relacionadas às velocidades 60°/s e 300°/s discriminariam significativamente entre os grupos PRO e S17. A correlação canônica foi usada para medir a associação entre os escores discriminantes e o grupo de atletas. Posteriormente, a análise classificatória foi aplicada para demonstrar a precisão de alocação dos participantes nas categorias e ainda a confirmação pela validação

cruzada. A significância estatística foi estipulada em 5%. Todos os testes estatísticos foram feitos com o software *IBMSPSS Statistics 20*®.

Resultados

As variáveis foram divididas em relação às velocidades de 60°/s e 300°/s. Nenhuma diferença foi encontrada entre os membros dominantes e não dominantes entre todas as variáveis, sendo assim, para a análise discriminante e para as comparações entre os grupos, somente o membro dominante foi usado.

Nas tabelas 1 e 2 estão descritas as comparações entre os valores das variáveis isocinéticas. As únicas variáveis que não tiveram diferenças estatisticamente significantes para 60°/s foram: ângulo do pico de torque de extensores ($P=0,33$) e a razão agonista/antagonista ($P=0,86$); e para 300°/s foram: ângulo do pico de torque de extensores ($P=0,61$), ângulo do pico de torque flexores ($P=0,56$) e também razão agonista/antagonista ($P=0,80$).

Tabela 2. Comparações das variáveis isocinéticas a 60°/s.

	Extensores			Flexores		
	\bar{x} (DP)		<i>P</i>	\bar{x} (DP)		<i>P</i>
	PRO	S17		PRO	S17	
Pico de Torque(N.m)	280,9(33,6)	233,5 (44,8)	0,02	163,0 (18,8)	133,9 (22,7)	<0,001
Trabalho Total (J)	1327,6 (161,7)	1109,4 (227,5)	0,03	889,8 (109,5)	724,1 (124,4)	<0,001
Potência Média (W)	183,1 (23,6)	150,6 (27,8)	0,01	116,4 (15,6)	94,8 (17)	0,01
Ângulo do pico de torque (°)	62,4 (3,37)	64 (5,7)	0,33	29,4 (7,6)	36,7 (12,7)	0,05
Razão A/NA (%)	58,3 (6,4)	57,9 (5,9)	0,86	-	-	-

Tabela 3. Comparações das variáveis isocinéticas a 300°/s.

	Extensores			Flexores		
	\bar{x} (DP)			\bar{x} (DP)		
	PRO	S17	P	PRO	S17	P
Pico de Torque(N.m)	155,2 (27,9)	125,4 (22,4)	<0,001	99,1 (16,9)	78,1 (10,1)	<0,001
Trabalho Total (J)	675,5 (115,2)	544,9 (109,0)	<0,001	440,2 (102,2)	357,8 (70,8)	0,01
Potência Média (W)	349,8 (54,0)	268,7 (49,6)	<0,001	209,1 (43,8)	162,9 (30,0)	<0,001
Ângulo do pico de torque (°)	61,1 (3,0)	60,3 (4,4)	0,61	33,8 (5,9)	35,1 (8,7)	0,56
Razão A/NA (%)	63,8 (7,4)	63,1 (8,1)	0,80	-	-	-

Os valores de homogeneidade referentes as matrizes de variância-covariância testadas pelo teste *Box's M* foram de $P= 0,06$ para 60°/s e de $P=0,20$ para 300°/s. Para a velocidade angular de 60°/s as variáveis discriminantes para o grupo PRO foram: pico de torque de extensores, trabalho total de flexores, potência média de extensores e razão agonista/antagonista; para o grupo S17 foram: pico de torque de flexores, trabalho total de extensores e potência média de flexores ($\lambda= 0,52$; $\chi^2_{(9)} = 17,7$; $P=0,03$). Na velocidade de 300°/s a variável discriminante para o grupo PRO foi somente a potência média de extensores, enquanto para o grupo S17 foi apenas o trabalho total de extensores ($\lambda = 0.38$; $\chi^2_{(9)} = 26,5$; $P< 0,001$). A porcentagem de indivíduos corretamente classificados pela análise classificatória foi 79,4% a 60°/s e 91,2 % a 300°/s. No entanto a validação cruzada produziu uma classificação correta de 64,7% e 76,5%, respectivamente. As correlações canônicas obtiveram valores de 0,69 para a maior velocidade e de 0,78 para a menor velocidade.

As figuras 4 e 5 demonstram os mapas de superfície referentes a relação entre torque-ângulo-velocidade, respectivamente para os músculos extensores e flexores do joelho. A área vermelha indica os instantes em que houve

maiores valores de torque enquanto que as áreas azuis são os instantes de menores valores desta variável. Observa-se para o movimento de extensão que os PRO apresentaram maiores áreas com altos valores de torque do que os S17; a área vermelha dos PRO parece permanecer até a velocidade em torno de $250^{\circ}/s$ comparada a aproximadamente $200^{\circ}/s$ dos S17. Ainda, nota-se que no final do movimento de extensão (ângulo próximo a 0°) os PRO também mantêm valores maiores comparado ao S17. Análogo ao mapa de extensão, a representação gráfica dos flexores de joelho ratifica a mesma análise, evidenciando áreas ainda mais breves com baixos valores de torque, do grupo PRO comparado ao S17 e novamente é ressaltada a diferença dos valores no final do arco de movimento (ângulo próximo a 90°). Enquanto os jogadores S17 têm valores aproximados de 0 N.m em todas as velocidades os PRO atingem valores de cerca de 30 N.m neste mesmo instante.

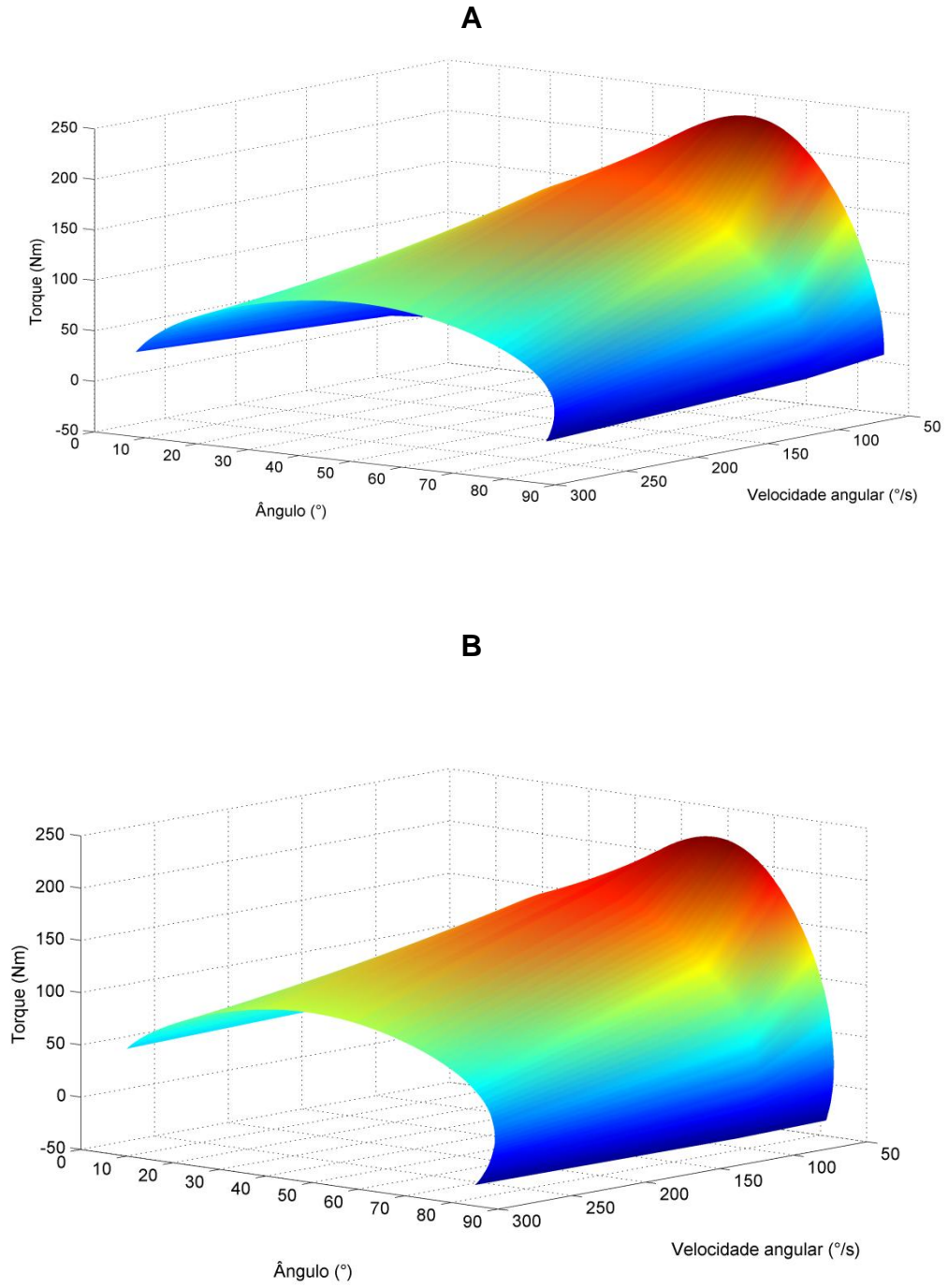


Figura 4. Mapa de superfície dos extensores de joelho - S17(A) e PRO(B).

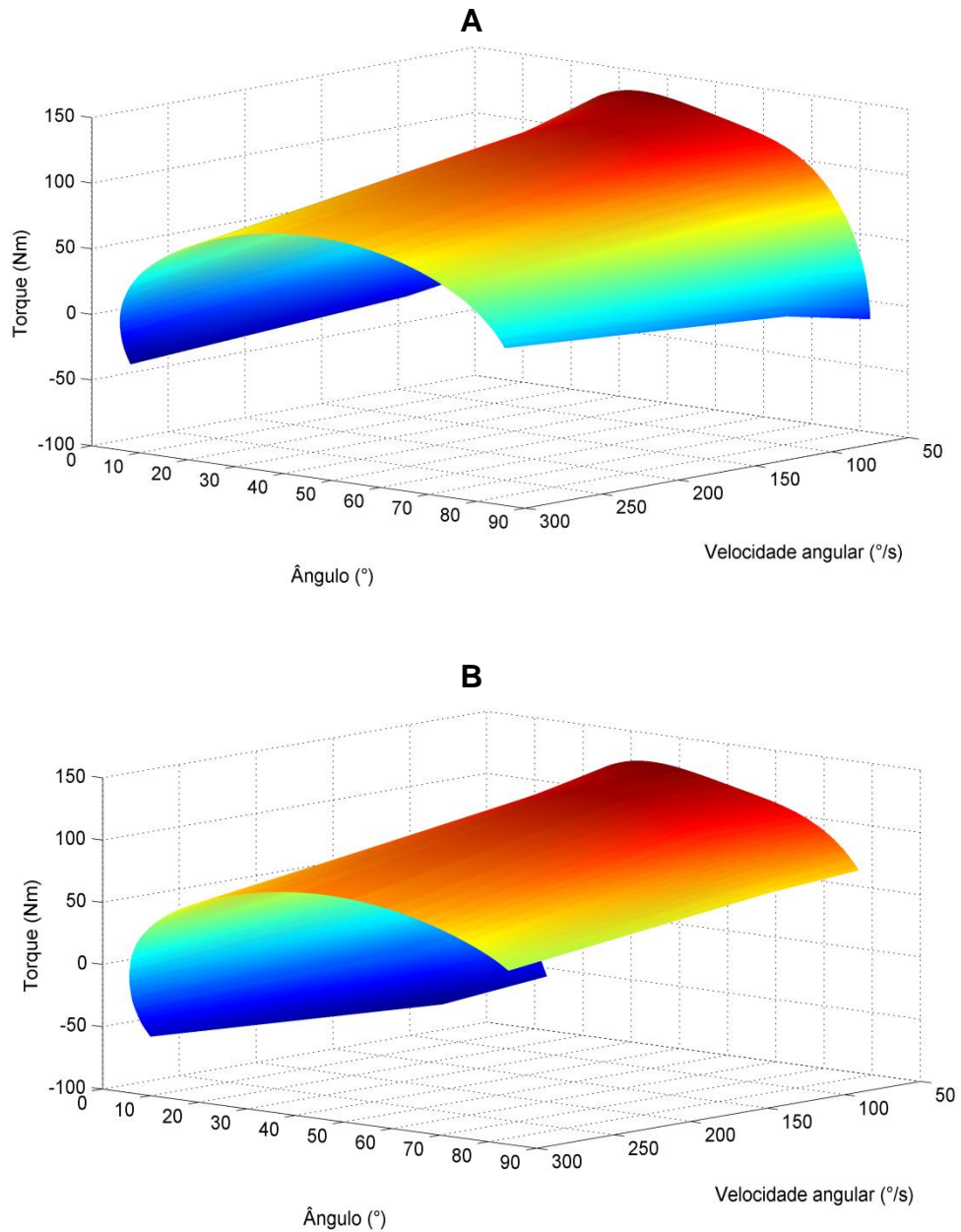


Figura 5. Mapa de superfície dos flexores de joelho - S17(A) e PRO(B).

Discussão

O objetivo deste estudo foi avaliar os músculos extensores e flexores do joelho de jogadores de futebol, com o intuito de comparar e realizar uma análise que discriminasse jogadores PRO e S17. As variáveis isocinéticas são componentes

importantes do desempenho físico no futebol, tanto para avaliação dos riscos de lesão quanto para os propósitos de habilidades do jogo (Cometti, et al, 2001; Gonaus, & Muller, 2012; Lees, A., et al, 2010; Lehance C., et al, 2009). Na literatura são escassos os trabalhos que avaliam a força de jogadores aplicando testes estatísticos específicos para a discriminação de categorias, seja de habilidade (profissionais e amadores), idade (seniores e juniores) ou posição de jogo (atacantes, zagueiros, etc.) (Cometti, et al, 2001; Gonaus, & Muller, 2012).

Exceto para as variáveis ângulo do pico de torque de extensores, razão agonista/antagonista, em ambas as velocidades e ângulo do pico de torque de flexores a 300 %/s, todas as demais tiveram diferenças com significância, sempre com valores maiores para o grupo PRO. Lehance et al (2009) também encontraram estas diferenças no pico de torque concêntrico de extensores de joelho, entre jogadores S17 e PRO. Porém, seus resultados mostraram valores inferiores aos encontrados neste estudo, para ambos os grupos e músculos. Herdy et al. (2013), comparam o torque muscular médio em uma série, a 60 %/s, com cinco repetições, de jogadores de futebol em três categorias de idade diferentes, S17, sub-20 e PRO. Apenas os flexores de joelho do grupo S17 comparado ao PRO, demonstraram diferenças estatisticamente significantes. Já Fousekis (2010) avaliou o torque de jogadores de acordo com o tempo de treinamento e relatou que o pico de torque aumenta em decorrência deste fator. Atletas com tempo de experiência entre 8 e 10 anos, demonstraram valores maiores do que os atletas com menor prática. Sendo assim, os valores menores das variáveis da amostra de S17 comparado aos PRO podem ter a influência de tal parâmetro, além da diferença de maturidade biológica entre os grupos (Carling C., Le Gall, F., & Malina, R.M, 2011; Holm, I., Steen, H., & Olista, M., 2005).

Dervisevic e Hadzic (2012) sugeriram que para a avaliação isocinética de esportes coletivos apenas duas velocidades são necessárias, pois a demanda por tempo é muito grande para que todos sejam avaliados; os autores ainda sugerem que as velocidades a serem escolhidas são 60°/s e 120°/s ou 60°/s e 180°/s. A menor velocidade tem melhor reprodutibilidade e também a que melhor identifica déficits de força entre membros e grupos musculares. Porém, considerando-se o objetivo de analisar a relação torque-ângulo-velocidade, três velocidades são necessárias para auxiliar no raciocínio do perfil de força muscular dos jogadores.

Em nosso estudo foram empregadas três séries, no modo concêntrico, com diferentes velocidades angulares, pois para a melhor construção dos mapas de superfícies as combinações entre velocidades baixas, médias e altas fornecem informações complementares para que haja uma melhor compreensão. Além disso, velocidades angulares mais altas são importantes para que o teste em laboratório tente simular o gesto esportivo, uma vez que em um chute, a perna pode chegar a altas velocidades, maiores que 1000°/s (Lees, A., & Nolan, L., 1998). Outro fator importante para se avaliar altas velocidades é a de recrutamento de diferentes tipos de fibra de contração. Quando a velocidade é muito alta não há tempo suficiente para recrutamento das unidades motoras, já em velocidades mais baixas as fibras do tipo I e II podem atingir sua ativação máxima. Conseqüentemente se a velocidade angular aumenta, as fibras de contração lenta parecem serem passivas ao movimento, ao mesmo tempo, em testes isocinéticos de alta velocidade, o tempo para que se atinja a velocidade pretendida é maior, ou seja, a característica de constância da velocidade é menor do que em velocidades lentas (Kannus, P., 1994).

As variáveis musculares pico de torque, trabalho total e potência média medem capacidades diferentes do músculo, mas são dependentes e correlacionadas principalmente com a capacidade contrátil e de geração de força (Morrisey, M.C.,1987; Kannus, P.,1988).

As variáveis que discriminaram a 60°/s os jogadores PRO demonstram as necessidades do grupo muscular em exercer tarefas específicas da modalidade. A força empregada pelo quadríceps, medida pelo pico de torque e sua capacidade contrátil, medida pela potência média, estão relacionadas a ações como chutes, saltos e corridas de alta intensidades. Estes dois parâmetros juntos, ilustram a indispensável aptidão que este grupo muscular tem que exercer, não só em gerar força, como também fazê-lo do modo mais rápido e eficiente possível. Em decorrência destas variáveis, a ação antagonista dos isquiotibiais é necessária para que haja a desaceleração dos movimentos, com o controle da articulação. Esta função é notada pela variável trabalho total de flexores, que envolve a mudança do momento articular em decorrência do arco de movimento do joelho; esta variável avalia de forma global o comportamento muscular, durante todo o movimento, em contraste ao pico de torque (Reilly, T., 2007; Wesson, J., 2002).

Estas relações apontam para outra variável discriminante encontrada que foi a razão agonista/antagonista. A amostra avaliada obteve valores considerados normais para indivíduos que não apresentam desequilíbrios entre grupos musculares, quando avaliados pelo relação I/Q, reforçando que para as atividades do quadríceps os isquiotibiais precisam atuar de modo excêntrico (Croisier, 2008). No grupo S17 as variáveis discriminantes (pico de torque de flexores, trabalho total de extensores e potência média de flexores) foram opostas as encontradas para o grupo PRO. Devido a idade dos participantes do grupo S17, é

possível que este resultado seja explicado pelo fato de que, o máximo desenvolvimento do desempenho de força, para o grupo extensor de joelho é alcançado aos 21 anos. Após esta idade os valores máximos de torque atingem um platô e diferenças significativas entre faixas etárias não são mais encontradas. Já o grupo flexor atinge seu pico por volta dos 16 anos, ou seja, o desenvolvimento na maioria dos indivíduos neste estudo já estavam completos (Le Gall, F.E, Laurent, T., & Rochcongar P.,1999).

Segundo Malina et al. (2005), o estágio de maturidade dos jogadores influencia em várias habilidades, como dribles, controle da bola com a cabeça, controle da bola com o corpo e precisão do chute, sendo assim as exigências musculares podem ser diferentes das necessárias para jogadores PRO.

A 300°/s a variável discriminante do grupo PRO foi potência média de extensores. Esta variável reforça a necessidade que os atletas têm em realizar movimentos rápidos, produzindo força no menor espaço de tempo possível. Para o grupo S17 a variável foi trabalho total de extensores; como citado anteriormente, devido aos jogadores não terem atingido seu auge de desenvolvimento da musculatura extensora, a variável trabalho aponta para a exigência de um comportamento dinâmico diferente, baseado não só em picos de atividade.

Os valores das correlações canônicas para 300°/s e 60 °/s foram respectivamente 0,69 e 0,78 ou moderada e forte; estes valores indicam quanto que cada função discriminante é útil para determinar a diferença entre os grupos. A correlação canônica é uma medida de associação entre o grupo de variáveis e a função discriminante. Quanto mais próximo a 1, o valor resultante

indica que a variância dos escores discriminantes podem ser atribuídos as diferenças entre estes grupos (Garson D, 2012).

A análise classificatória é aplicada para avaliar o quanto a função discriminante é capaz de classificar os indivíduos corretamente em suas categorias. Já a validação cruzada refere-se a avaliação da precisão das alocações dos indivíduos a partir de todos os casos. Neste estudo as porcentagens da análise classificatória foram 79,4% a 60°/s e 91,2 % a 300°/s, enquanto na validação cruzada foram de 64,7% e 76,5%, respectivamente (Marôco J, 2011).

As figuras 3D proveram informações adicionais da função muscular pela relação torque-ângulo-velocidade, que não são disponíveis quando avaliadas unicamente pela relação força-velocidade (Hill, A.V., 1938; Khalaf K.A., Parnianpour M, & Karakostas, T., 2000). Como descrito anteriormente, nota-se que apesar dos valores do ângulo do pico de torque não terem diferenças estatisticamente significantes, os jogadores PRO têm valores maiores de momento até valores mais elevados de velocidade e também em posições angulares no começo e fim do movimento. Esta análise contribui para que o raciocínio biomecânico se aplique à prática do profissional que lida com este esporte e possa abordar detalhes que não são vistos quando valores isolados são descritos (Khalaf K.A., Parnianpour M, & Karakostas, T., 2000; Frey-Law, et al., 2012).

Limitações do estudo

Neste estudo foram avaliados jogadores de duas categorias diferentes de idade, porém devido ao número de participantes não foi possível realizar outras análises discriminantes em relação a posição de jogo. Como demonstrado nos estudos de

Carvalho, P., & Cabri, P.(2007) e Chollet-Tourny, C., Léger, H., & Beuret-Blanquart, F. (2000), existem diferenças entre posições principalmente na velocidade de 60°/s.

limitação refere-se a o modo de contração, onde as contrações excêntricas também poderiam ser usadas para uma avaliação completa do perfil muscular dos jogadores, assim como a razão de contração dinâmica considerando os valores de pico de torque excêntrico de flexores do joelho, dividido pelo pico de torque concêntrico do quadríceps.

Implicações para a prática

A avaliação muscular por meio de dinamometria isocinética é uma forma segura e confiável de controle não só de desempenho, mas também de desequilíbrios musculares. Os desequilíbrios entre músculos são fatores que acarretam em lesões. A maior incidência de lesão muscular na temporada, além dos adutores de quadril, são nos extensores e flexores de joelho, porém durante a pré-temporada o grupo muscular com maior índice de lesões é o quadríceps (Hagglund, M., Walden, M., & Ekstrand, J.,2012).

As variáveis discriminantes encontradas servem como parâmetros para comparações entre jogadores em situações similares. Tais valores podem auxiliar, no período de pré-temporada, os profissionais que atuam na preparação física dos atletas, a fim de evitar lesões futuras e principalmente para que haja um bom rendimento esportivo e evolução durante toda a competição, além disso, uma análise individualizada das características de força muscular, de cada jogador pode ser feita com base nos resultados demonstrados.

Implicações para novas pesquisas

Futuros estudos devem incluir não somente o modo de contração concêntrico, pois a avaliação excêntrica possibilita que a razão de contração dinâmica seja calculada (Aagard, et al., 1998; Dervisevik E., & Hadzic V., 2012). Esta avaliação permite observar melhor a relação entre as ações musculares na prática esportiva do futebol, pois os isquiotibiais trabalham, sobretudo, desacelerando a perna para conservar os movimentos articulares íntegros, esta relação junto com a razão I/Q, ajudam na prevenção de lesões, pois descrevem o equilíbrio entre os grupos musculares do joelho.

Novas pesquisas também devem considerar, além da avaliação isocinética, testes específicos para o futebol e variáveis fisiológicas. Desta forma o perfil dos atletas pode ser melhor descrito e correlações entre testes de campo e as variáveis isocinéticas podem ser feitas, com o intuito de auxiliar os profissionais que atuam com os jogadores a classificá-los e avaliá-los, mesmo quando o equipamento isocinético não está disponível para a avaliação muscular. Ainda carecem estudos com a análise discriminante com número maior de participantes, para que possam ser encontradas variáveis isocinéticas relacionadas a diferentes posições de jogo, habilidade (séries A, B, etc.) e também para jogadores de outras categorias de idade, como sub-20 e sub-15, desta forma a análise discriminante pode ajudar, entre outros fatores, na identificação de talentos em outras categorias ou na escolha correta da mudança de categoria.

Conclusão

As análises discriminantes com variáveis isocinéticas para os músculos flexores e extensores de joelho foram capazes de discriminar corretamente jogadores das categorias PRO e S17. A 60°/s para PRO as variáveis foram: pico de torque extensores (280 N.m), trabalho total flexores (889,8 J), potência média extensores (183 W), razão A/AN (58,3%); e para S17 foram: trabalho total extensores (1109,4 J), pico de torque flexores (133,9 N) e potência média de flexores (94,8 W). Já para 300°/s foram: potência média de flexores (209,1 W) para PRO e trabalho total de extensores (544,9 J) para S17. Os mapas de superfície permitiram que análises complementares fossem possíveis, demonstrando que jogadores PRO têm valores de torque durante maiores arcos angulares para flexão e extensão do joelho.

Referências

1. Aagard, P., Simonsen, E.B., Magnusson, S.P., Larsson, B., & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *American journal of Sports Medicine*, 26(2), 231-237.
2. Anderson, D.E., Madigan, M.L., & Nussbaum, M.A. (2007). Maximum voluntary joint torque as a function of joint angle and angular velocity: Model development and application to the lower limb. *Journal of Biomechanics*, 40, 3105–3113.
3. Biodex Medical System. Biodex multi-joint system. Isokinetic source book.
4. Brito, J., Figueiredo, P., Fernandes, L., Seabra, A., Soares, J.M., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2010). Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinetic and Exercise Science*, 18, 211-215.
5. Carlin, C., Le Gall, F, & Malina, R.M. (2011) Body size, skeletal maturity, and functional characteristics of elite academy soccer players on entry between 1992 and 2003. *Journal of Sports Sciences*, 1-11.
6. Carvalho, P., & Cabri, P.(2007). Avaliação isocinética da força dos músculos da coxa em futebolistas. *Revista Portuguesa de Fisioterapia do Desporto*, 1(2), 4-13.

7. Chollet-Tourny, C., Léger, H., & Beuret-Blanquart, F. (2000). Isokinetic knee muscles strength of soccer players according to their position. *Isokinetic and Exercise Science*, 8, 187-193.
8. Cometti, G., Maffiuletti, N.A., Pousson, M., Chatard, J.C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 45-51.
9. Croisier, J.L., Reveillon, V., Ferret, J.M., Cotte, T., Genty, M., Popovich, N., Filho, M., Faryniuk, J.E., Ganteaume, S., & Crielaard, J.M. (2003). Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players. *Isokinetic and Exercise Science*, 11, 61-62.
10. Croisier, J.L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J.M. (2008). Strength imbalance and prevention of hamstring injury in professional soccer players. A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475.
11. Dervisevic, E., & Hadzic, V. (2012). Quadriceps and hamstrings strength in team sports: Basketball, football and volleyball. *Isokinetics and Exercise Science*, 20, 293-300.
12. Dvir, Z (2002). Isocinética: Avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas. Barueri: Manole.
13. Frey-Law, L.A., Laake, A., Avin, K.G., Heitsman, J., Marler, T., & Abdel-Malek, K. (2012). Knee and elbow 3D strength surfaces: Peak torque-angle-velocity relationships. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(6), 726-37.
14. Frisch, A., Urhausen, A., Seil, R., Croisier, J.L., Windal, T., & Theisen, D. (2011). Association between preseason functional tests and injuries in youth football: A prospective follow-up. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21, e468–e476.
15. Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G., (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science and Medicine*. 9, 364-373.
16. Gonaus, C., & Muller, E. (2012). Using physiological data to predict future career progression in 14- to 17-year-old Austrian soccer academy players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1673-1682.
17. Garson, D. (2012). Discriminant function analysis: Blue book series. ebook: Statistical Associates Publishing.
18. Hagglund, M., Walden, M., & Ekstrand, J. (2012). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(2), 327-335.

19. Herdy, C., Alkimim, R., James, S., & Pedrinelli, A (2013). Isokinetic testing of athletes Brazilian U17, U20 and professional. *22nd International Conference on Sports Rehabilitation and Traumatology: Football Medicine Strategies for muscle and tendon injuries*, 1-2.
20. Hill, A.V.(1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London*, 126(B), 136-195.
21. Holm, I., Steen, H.,& Olsa, M. (2005). Isokinetic muscle performance in growing boys from pre-teen to maturity. Na eleven-year longitudinal study. *Isokinetics and Exercise Science*, 13, 153-158.
22. Houwelling, T.A.W.,& Hamzeh, M.A. (2010). Does knee joint alignment with the axis of the isokinetic dynamometer affect peak torque? *Isokinetics and Exercise Science*. 18, 217–221.
23. Kannus, P. (1988). Peak torque and total work relationship in the thigh muscles after anterior cruciate ligament injury. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 10(3) 97-101.
24. Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine*. 15, S11-S18.
25. Kellis, S., Gerodimos, V., Kellis, E., & Manou, V. (2001). Bilateral isokinetic concentric and eccentric strength profiles of the knee extensors and flexors in young soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 9, 31-39.
26. Khalaf, K.A., Parnianpour, M., & Karakostas, T. (2000). Surface responses of maximum isokinetic ankle torque generation capability. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 52-59.
27. Khalaf, K.A., & Parnianpour, M (2001). Normative database of isokinetic upper-extremity joint strengths: towards the evaluation of dynamic human performance. *Biomedical Engineering Applications, Basis and Communications*, 13, 79-92.
28. Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: A review. *Journal of Sports Sciences*, 16(3), 211-234.
29. Lees, A., Asai, T., Andersen, T.B., Nunome, H., & Sterzing, T. (2010). The biomechanics of kicking in soccer: A review. *Journal of Sports Sciences*, 28(8), 805-817.
30. Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J.L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports*, 19, 243–251.

31. Le Gall, F.L., Laurent, T., Rochcongar, P. (1999). Évolution de la force musculaire des fléchisseurs et extenseurs du genou mesurée par dynamomètre isocinétique concentrique chez le footballeur de haut niveau. *Science and Sports*, 14, 167-172.
32. Lin, P.C, Robinson, M.E., Junior, J.C., & O`Connor, P. (1996). Detections of submaximal effort in isometric and isokineitc knee extension tests. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24(1), 19-24.
33. Malina, R.M., Cumming, S.P., Kontos, A.P., Eisenmann, J.C., Ribeiro, B., & Aroso, J (2005). Maturity-associated variation in sport -specific skills of youth soccer players aged 13-15 years. *Journal of Sports Science*, 23(5), 515-522.
34. Manning, M.R., & Levy, R.S. (2006). Soccer. *Physical Medicine and Rehabilitation*, 17, 677-695.
35. Mangine, R.E., Noyes, F.R., Mullen, M.P.,& Barber, S.D. (1990). A physiological profile of the elite soccer athlete. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 12(4), 147-152.
36. Marôco, J.(2011). Análise estatística com o SPSS Statistics. Pero Pinheiro: ReportNumber.
37. Morrissey, M. C. (1987). The relationship between peak torque and work of the quadriceps and hamstrings after meniscectomy. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 8(8), 405-408.
38. Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzer, I M.,&Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal of Sports Sciences*,27 (2), 107- 114.
39. Ostojic, S.M. (2000). Physical and physiological characteristics of elite Serbian soccer players. *Facta Universitatis*, 1(7), 23-29.
40. O'Sullivan, K., O'Ceallaigh, B., O'Connell, K., & Shafat, A. (2008). The relationship between previous hamstring injury and the concentric isokinetic knee muscle strength of Irish Gaelic footballers. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9, 30-38.
41. Parcell, A., Sawyer, R.D., Tricoli, V.A., & Chinevere, T.A. (2002). Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. *Physical Fitness and Performance*, 1018-1022.
42. Phillipaerts, R.M., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., Vrijens, J., Beuen,G.,& Malina, R.M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 221-230.
43. Rahnma, N., &Bambaieichi, E. (2008). Musculoskeletal assessment in soccer: A review. *Journal of Movement Sciences and Sports*, 1, 13-24.

44. Reilly, T., & Thomas, V. (1977). Applications of multivariate analysis to the fitness assessment of soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 11(4), 183-184.
45. Reilly, T., Williams, A.M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18, 695-702.
46. Reilly, T. (2007). *The science of training soccer*. Abingdon: Routledge.
47. Shepard, R.J. (1999). Biology and medicine of soccer: An update. *Journal of Sports Sciences*, 17, 757-786.
48. Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
49. Sutton, L., Scott, M., Wallace, J., & Reilly, T. (2009). Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *Journal of Sports Sciences*, 27(10), 1019-1026.
50. Stroyer, J., Hansen, L., & Klausen, K. (2004). Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 168-174.
51. Vaeyens, R., Malina, R.M., Janssens, M., Van Renterghem, B., Bourgois, J., Vrijens, J., & Phillipaerts, R.M. (2006). A multidisciplinary selection model for youth soccer: the Ghent Youth Soccer Project. *British Journal of Sports and Medicine*; 40, 928-934.
52. Wesson, J. (2002). *The science of soccer*. Bristol: Institute of Physics Publishing.
53. Williams, A.M., & Reilly, T. (2000). Talent identification and development in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18, 657-667.

CONCLUSÃO GERAL

Este estudo permitiu usar variáveis isocinéticas para a discriminação entre duas categorias de futebol relacionadas a idade. Para PRO os valores médios de variáveis como pico de torque de extensores, trabalho total de flexores, potência média de extensores e razão agonista/antagonista, todas a 60°/s e ainda a variável potência média de flexores a 300°/s são as variáveis discriminantes, enquanto que para jogadores S17 as variáveis trabalho total de extensores, em ambas as velocidades e pico de torque de potência média de flexores são as que diferenciam da categoria citada anteriormente.

Os mapas de superfície permitem que análises complementares sobre o comportamento muscular e relação torque-ângulo-velocidade durante todo o arco de movimento sejam possíveis, este fator auxilia para a aplicação de desfechos biomecânicos na prática do gesto esportivo.

Os resultados deste estudo servem de suporte para os profissionais que atuam diretamente com os jogadores auxiliando no desempenho da prática esportiva e servindo de parâmetro para o período de pré-temporada, além de ajudar na categorização de novos jogadores tanto da categoria profissional como sub-17.

REFERÊNCIAS

1. Manning MR, Levy RS. Soccer. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2006; 17: 677-695.
2. Lees A, Nolan L. The biomechanics of soccer: A review. *J Sports Sci* 1998; 16(3): 211-234.
3. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med* 2001; 22: 45-5.
4. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer. *Sports Med* 2005; 35 (6): 501-536.
5. Brito J, Figueiredo P, Fernandes L, Seabra A, Soares JM, Krstrup P, Rebelo A. Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isok Exerc Sci* 2010; 18: 211-215.
6. Frisch A, Urhausen A, Seil R, Croisier JL, Windal T, Theisen D. Association between preseason functional tests and injuries in youth football: A prospective follow-up. *Scand J Med Sci Sports* 2011; 21: e468–e476.
7. Rahnma N, Bambaieichi E. Musculoskeletal assessment in soccer: A review. *J Mov Sci Sports* 2008; 1: 13-24.
8. Croisier JL, Reveillon V, Ferret JM, Cotte T, Genty M, Popovich N, Filho M, Faryniuk JE, Ganteaume S, Crielaard JM. Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players. *Isok Exerc Sci* 2003; 11: 61-62.
9. Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength imbalance and prevention of hamstring injury in professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med* 2008; 36(8): 1469-1475.
10. O'Sullivan K, O'Ceallaigh B, O'Connell K, Shafat A. The relationship between previous hamstring injury and the concentric isokinetic knee muscle strength of Irish Gaelic footballers. *BMC Musculoskelet Disord* 2008; 9: 30-38.
11. Kellis S, Gerodimos V, Kellis E, Manou V. Bilateral isokinetic concentric and eccentric strength profiles of the knee extensors and flexors in young soccer players. *Isok Exerc Sci* 2001; 9: 31-39.
12. Lehance C, Binet J, Bury T, Croisier JL. Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 2009; 19: 243–251.
13. Anderson DE, Madigan ML, Nussbaum MA. Maximum voluntary joint torque as a function of joint angle and angular velocity: Model development and application to the lower limb. *J Biomech* 2007; 40: 3105–3113.

14. Frey-Law LA, Laake A, Avin KG, Heitsman J, Marler T, Abdel-Malek K. Knee and elbow 3D strength surfaces: Peak torque-angle-velocity relationships. *J Appl Biomech*. 2012; 28(6): 726-37.
15. Khalaf KA, Parnianpour M. A normative database of isokinetic upper-extremity joint strengths: towards the evaluation of dynamic human performance. *Biomed Eng Appl Basis Comm* 2001; 13: 79-92.
16. Khalaf KA, Parnianpour M, Karakostas T. Surface responses of maximum isokinetic ankle torque generation capability. *J Appl Biomech* 2000; 16: 52-59.
17. Reilly T, Thomas V. Applications of multivariate analysis to the fitness assessment of soccer players. *Brit J Sports Med* 1997; 11(4): 183-184.
18. Williams AM, Reilly T. Talent identification and development in soccer. *J Sports Sc* 2000; 18: 657-667.
19. Vaeyens R, Malina RM, Janssens M, Van Renterghem B, Bourgois J, Vrijens J, Phillipaerts RM. A multidisciplinary selection model for youth soccer: the Ghent Youth Soccer Project. *Br J Sports Med* 2006; 40: 928–934.
20. Gonaus C, Muller E. Using physiological data to predict future career progression in 14- to 17-year-old Austrian soccer academy players. *J Sports Sci* 2012; 30(15): 1673-1682.
21. Sutton L, Scott M, Wallace J, Reilly T. Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *J Sports Sci* 2009; 27(10): 1019-1026.
22. Stroyer J, Hansen L, Klausen K. Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 168-174.
23. Reilly T, Williams AM, Nevill A, Franks A. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci* 2000; 18: 695-702.
24. Phillipaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, Van Renterghem B, Matthys D, Craen R, Bourgois J, Vrijens J, Beunen G, Malina RM. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci* 2006; 24(3): 221-230.
25. Ostojic SM. Physical and physiological characteristics of elite Serbian soccer players. *Facta Univ* 2000; 1(7): 23-29.
26. Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri M, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci* 2009; 27 (2): 107- 114.
27. Shepard RJ. Biology and medicine of soccer: An update. *J Sports Sci* 1999; 17: 757-786.

28. Mangine RE, Noyes FR, Mullen MP, Barber SD. A physiological profile of the elite soccer athlete. *J Orthop Sports Phys Ther* 1990; 12(4): 147-152.
29. Watkins J. *Estrutura e função do sistema musculoesquelético*. 1a ed. Porto Alegre: Artmed; 2001.
30. Smith LK. *Cinesiologia clínica de Brunnstrom*. 5ª ed. Barueri: Manole;--.
31. Lieber RL. *Skeletal muscle structure and function: Implications for rehabilitation and sports medicine*. 1st ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1992.
32. Knudson D. *Fundamentals of Biomechanics*. 2nded. New York: Springer, 2007.
33. Richards J. *Biomechanics in clinic and research*. 1st ed. Philadelphia: Elsevier; 2008.
34. MacIntosh BR. *Skeletal muscle form and function*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2006
35. Dvir Z. *Isocinética. Avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas*. 1ª ed. Barueri: Manole; 2002.
36. Nigg BM. *Biomechanics of the musculo-skeletal system*. 1st ed. Chichester: Wiley; 1997.
37. Hill AV. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proc Royal Soc* 1938; 126(B): 136-195.
38. Zatsiorsky VM. *Biomechanics in sport: Performance enhancement and injury prevention*. 1ª ed. Wiley-Blackwell. Oxford, 2000.
39. Kyrolainen H, Avela J, McBride JM, Koskinen S, Andersen JL, Sipilä S, Takala TES, Komi PV. Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scand J Med Sci Sports* 2005; 15: 58–64.
40. Smidt GL. Biomechanical analysis of knee flexion and extension. *J Biomech* 1973; 6: 79-92.
41. Fried T, Lloyd GJ. An overview of common soccer injuries: Management and prevention. *Sports Med* 1992; 14(4): 269-275.
42. Baratta R., Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation: The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med* 1988; 16: 113-122.

43. Pasta G, Nanni G, Molini L, Bianchi S. Sonography of the quadriceps muscle: Examination technique, normal anatomy, and traumatic lesions. *J Ultrasound* 2010; 13: 76-84.
44. Becker I, Baxter GD, Woodley SJ. The vastus lateralis muscle: An anatomical investigation. *Clin Anat* 2010; 23: 575-585.
45. Kuzon WM, Rosenblatt JD, Huebe SC, Leatt P, Plyley MJ, McKee NH, Jacobs I. Skeletal muscle fiber type, fiber size, and capillary supply on elite soccer players. *Int J Sports Med* 1990; 11(2): 99-102
46. Montanary G, Vecchiet L, Recoy-Campo GL. Sports medicine applied to football. 1st ed. Rome: G Santili;1990.
47. Kellis E, Galanis N, Kapetanios G, Natsis K. Architectural differences between the hamstring muscles. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012; 22: 520–526.
48. Woodley SJ, Mercer SR. Hamstrings muscles: Architecture and innervations. *Cells Tissues Organs* 2005; 179: 125–141.
49. Hoshikawa Y, Iida T, Muramatsu M, Nakajima Y, Fukunaga T, Kanehisa H. Differences in thigh muscularity and dynamic torque between junior and senior soccer players. *J Sports Sci* 2009; 27(2): 129-138.
50. Caruso JF, Brown LE, Tufano JJ. The reproducibility of isokinetic dynamometry data. *Isok Exerc Sci* 2012; 20: 239-253.
51. Nitschke JE. Reliability of isokinetic torque measurements: A review of the literature. *Aus J Phys* , 1992; 382:125-139.
52. Svensson M, Drust B. Testing soccer players. *J Sports Sci* 2005; 23(6): 601-618.
53. Dvir Z, Clinical applicability of isokinetics: A review. *Clin Biomech* 1991; 6: 133-144.
54. Brown LE, Whitehurst M, Bryant JR. Reliability of the LIDO active isokinetic dynamometer concentric mode. *Isok Exerc Sci* 1992; 2(4): 191-194.
55. Brown LE, Whitehurst M, Bryant JR, Buchalter DN. Reliability of the Biodex System 2 isokinetic dynamometer concentric mode. *Isok Exerc Sci* 1993; 3(3): 160-163
56. Sole G, Hamrén J, Milosavljevic S, Nicholson H, Sullivan J. Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 626-31.
57. Malone TR. Evaluation of isokinetic equipment. *Sports Injury Man* 1988; 1(1):1-92.

58. Montgomery LC, Douglas LW, Deuster PA. Reliability of an isokinetic test of muscle strength and endurance. *J Orthop Sports Phys Ther* 1989; 10:315-322.
59. McCleary RW, Andersen JC. Test-retest reliability of reciprocal isokinetic knee extension and flexion peak torque measurements. *J Athl Train* 1992; 27(4): 362-365.
60. Cabri, J., De Proft, E., Dufour, W. and Clarys, J.P. The relation between muscular strength and kick performance. 1st ed. London: E & FN Spon; 1988.
61. Junge A, Rosch D, Peterson L, Graf-Baumann T, Dvorak J. Prevention of soccer injuries: a prospective intervention study in youth amateur players. *Am J Sports Med* 2002; 30: 652–659.
62. Kakavelakis KN, Vlazakis S, Vlahakis I, Charissis G. Soccer injuries in childhood. *Scand J Med Sci Sports* 2003; 13: 175–178.
63. Emery CA, Meeuwisse WH, Hartmann SE. Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer: implementation and validation of an injury surveillance system. *Am J Sports Med* 2005; 33: 1882–1891.
64. Le Gall F, Carling C, Reilly T, Vandewalle H, Church J, Rochcongar P. Incidence of injuries in elite French youth soccer players: a 10-season study. *Am J Sports Med* 2006; 34: 928–938.
65. Marôco J. Análise estatística com o SPSS Statistics. 5^a ed. Pero Pinheiro: ReportNumber; 2011.
66. Savendra JM, Escalante Y, Rodríguez FA. A multivariate analysis of performance in young swimmers. *Pediatr Exerc Sci* 2010; 22: 135-151.

ANEXOS

ANEXO A

Comitê de Ética em Pesquisa



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS
Universidade Estadual de Londrina
Registro CONEP 5231

Parecer CEP/UEL:	055/2012
CAAE:	00768812.0.0000.5231
Processo:	11282/2012
Pesquisador(a):	Jefferson Rosa Cardoso
Unidade/Órgão:	CCS – Departamento de Fisioterapia

Prezado(a) Senhor(a):

O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina" (Registro CONEP 5231) – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:

"AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA DE INDIVÍDUOS COM DISTÚRBIOS NEUROMUSCULOESQUELÉTICOS COMPARADOS À INDIVÍDUOS CONTROLES"

Situação do Projeto: **Aprovado**

Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá ser encaminhado ao CEP/UEL relatório final da pesquisa, conforme prevê a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares.

Londrina, 24 de abril de 2012.



Prof. Dra. Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli
 Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos
 Universidade Estadual de Londrina

ANEXO B

NORMAS DE FORMATAÇÃO DO PERIÓDICO *JOURNAL OF SPORTS SCIENCES*.

Instructions for authors

This journal uses ScholarOne Manuscripts (previously Manuscript Central) to peer review manuscript submissions. Please read the guide for ScholarOne authors before making a submission. Complete guidelines for preparing and submitting your manuscript to this journal are provided below.

The instructions below are specifically directed at authors who wish to submit a manuscript to the Journal of Sports Sciences . For general information, please visit the Author Services section of our website.

If you wish to submit a manuscript to Science and Medicine in Football please use these guidelines .

The Journal of Sports Sciences is published on behalf of the British Association of Sport and Exercise Sciences , in partnership with the World Commission of Science and Sports and in association with the International Society for Advancement of Kinanthropometry . The emphasis is on the human sciences applied to sport and exercise. Topics covered also include technologies such as design of sports equipment, research into training, and modelling and predicting performance; papers evaluating (rather than simply presenting) new methods or procedures will also be considered. The Journal of Sports Sciences also accepts 'Letters to the Editor'.

The Journal of Sports Sciences considers all manuscripts on the strict condition that they have been submitted only to the Journal of Sports Sciences, that they have not been published already, nor are they under consideration for publication or in press elsewhere. Authors who fail to adhere to this condition will be charged with all costs which the Journal of Sports Sciences incurs and their papers will not be published .

Contributions to the Journal of Sports Sciences must report original research and will be subjected to review by referees at the discretion of the Editorial Office.

This journal is compliant with the Research Councils UK OA policy. Please see the license options and embargo periods here.

Taylor & Francis make every effort to ensure the accuracy of all the information (the "Content") contained in our publications. However, Taylor & Francis, our agents, and our licensors make no representations or warranties whatsoever as to the accuracy, completeness, or suitability for any purpose of the Content. Any opinions and views expressed in this publication are the opinions and views of the authors, and are not the views of or endorsed by Taylor & Francis. The accuracy of the Content should not be relied upon and should be independently verified with primary sources of information. Taylor & Francis shall not be liable for any losses, actions, claims, proceedings, demands, costs, expenses, damages, and other liabilities whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with, in relation to or arising out of the use of the Content. Terms & Conditions of access and use can be found at <http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>

Manuscript preparation

1. General guidelines

-Papers are accepted only in English. British English spelling and punctuation is preferred. Please use double quotation marks, except where "a quotation is 'within' a quotation".

-A typical article will not exceed 4000 words not including references, tables, figures and captions. Footnotes should not be used unless they are absolutely necessary. Papers that greatly exceed this will be critically reviewed with respect to length. Authors should include a word count with their manuscript.

-Manuscripts should be compiled in the following order: title page; abstract; keywords; main text; acknowledgments; references; table(s) with caption(s) (on individual pages); figure caption(s) and appendices (as appropriate). The manuscript can be arranged under headings such as Introduction, Methods, Results, Discussion and Conclusion if this is appropriate.

- Abstracts of 200 words or less are required for all papers submitted.

- Each paper should have 3 to 6 keywords.

- Search engine optimization (SEO) is a means of making your article more visible to anyone who might be looking for it. Please consult our guidance here .

- Section headings should be concise and numbered sequentially, using a decimal system for subsections.

- All the authors of a paper should include their full names, affiliations, postal addresses, telephone numbers and email addresses on the cover page of the manuscript. One author should be identified as the corresponding author. The affiliations of all named co-authors should be the affiliation where the research was conducted. If any of the named co-authors moves affiliation during the peer review process, the new affiliation can be given as a footnote. Please note that no changes to affiliation can be made after the article is accepted. Please note that the email address of the corresponding author will normally be displayed in the article PDF (depending on the journal style) and the online article.

- Biographical notes on contributors are not required for this journal.

- For all manuscripts non-discriminatory language is mandatory. Sexist or racist terms should not be used.

- Authors must adhere to SI units. Units are not italicized.

- When using a word which is or is asserted to be a proprietary term or trade mark, authors must use the symbol ® or TM.

2. Style guidelines

Description of the Journal's article style

Papers should be written and arranged in a style that is succinct and easy to follow. An informative title, a concise abstract and a well written introduction will help to achieve this. Authors should avoid some of the more common pitfalls, such as excessive use of the passive voice and past tense and unnecessary use of fabricated abbreviations within the text. The Journal would prefer authors to describe human volunteers as participants rather than subjects in the methods section. Figures and tables should be used to add to the clarity of the paper, not to pad it out. At all times, please try to think about your readers, who will not all be specialists in your discipline.

(a) General

The manuscript must be in English; UK English spellings and words should be used in preference to other versions of English. It must be word-processed, double-spaced throughout, with a 4 cm margin on the left side, with no 'headers and footers' (other than page numbers), and without footnotes unless these are absolutely necessary. Arrange the manuscript under headings (such as Introduction, Methods, Results, Discussion, Conclusions) and subheadings. Ideally, the main body of the text should not exceed 4,000 words, excluding references. Longer manuscripts may be accepted at the discretion of the respective Section Editor. Authors must make every effort to ensure that manuscripts are presented as concisely as possible. The Editors cannot consider for publication papers that are seriously deficient in presentation or that depart substantially from these 'Notes and Guidelines'.

(b) Ethics of human experimentation

The Journal will accept only papers that conform to the highest standards of ethics and participant protection. All experimental work in which humans are participants must conform to requirements stipulated in the Declaration of Helsinki (<http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/>) and as appropriate , the laws of the country in which the work was undertaken. The manuscript should contain a statement to the effect that the work reported has been approved by a recognized ethics committee or review board. Even where information is in the public domain such as on a website that contains statistical or other archive-type data, formal ethics approval should be obtained to demonstrate that appropriate consideration of ethics-related matters has occurred. Similarly, where retrospective analyses of data have been performed, such as those produced as a result of long-term monitoring of athletes or other occupational categories

where fitness-type testing is a contractual obligation, ethics approval is also required. Normally, statements about ethics approval should be made at the beginning of the methods section.

(c) Anonymous refereeing

Because of the adoption of anonymous refereeing by the Journal with effect from 1 January 1998, the title page and manuscript should include no information that clearly identifies the authors or their affiliations. Authors should submit a separate cover letter, which is not part of the manuscript, that can include the following information: the full title; the names of the authors without qualifications or titles; the affiliations and full addresses of the authors; the name, address, telephone and fax numbers, and e-mail address of the author responsible for all correspondence and correction of proofs. Any acknowledgements should also appear on this page, not in the manuscript. These acknowledgements will appear in the printed version if the manuscript is accepted.

(d) Title page

Include the following information on the first page of the manuscript: the full title; a running title of no more than 75 characters and spaces; and up to five keywords for indexing purposes.

(e) The abstract

The abstract must not exceed 200 words and it must summarize the paper, giving a clear indication of the conclusions it contains.

(f) Tables and illustrations

Illustrations and tables must accompany the manuscript but not be included in the text. Authors may wish to express a preference for the location of tables and figures by including comments such as ****Table 1 near here**** or ****Figure 2 near here**** separated by at least one line space from the main text. Tables, referred to as 'Table 1', 'Table 2', and so on, must be numbered in the order in which they occur in the text. Tables must be clearly and simply laid out with clear row and column legends, units where appropriate, no vertical lines and horizontal lines only between the table title and column headings, between the column headings and the main body of the table, and after the main body of the table.

Photographs and line drawings, referred to as 'Figure 1', 'Figure 2', and so on, must be numbered in the order in which they occur in the text. Diagrams and drawings should be produced using a computer drawing or graphics package. All illustrations must be suitable for reduction to single column (84 mm) or page width (174 mm) of the Journal, with particular attention to lettering size. Photographs must be reproduced as black and white image files.

(g) Terms and nomenclature

Terms and nomenclature should abide by the *Système International d'Unités*. For a detailed guide to symbols, units and abbreviations, please consult the following text:

The Symbols Committee of the Royal Society (1975, addenda 1981). *Quantities, Units and Symbols*. London: The Royal Society.

For a comprehensive review of applications to sport and physical activity, please consult the following publication:

Winter, E.M. and Fowler, N. (2009). Exercise defined and quantified according to the *Système International d'Unités*. *Journal of Sports Sciences*, 27, 447-460

This journal follows the APA reference style.

Please also see our [Guide to using mathematical symbols and equations](#)

3. Figures

-It is in the author's interest to provide the highest quality figure format possible. Please be sure that all imported scanned material is scanned at the appropriate resolution: 1200 dpi for line art, 600 dpi for grayscale and 300 dpi for colour .

-Figures must be saved separate to text. Please do not embed figures in the paper file.

-Files should be saved as one of the following formats: TIFF (tagged image file format), PostScript or EPS (encapsulated PostScript), and should contain all the necessary font information and the source file of the application (e.g. CorelDraw/Mac, CorelDraw/PC).

-All figures must be numbered in the order in which they appear in the paper (e.g. Figure 1, Figure 2). In multi-part figures, each part should be labeled (e.g. Figure 1(a), Figure 1(b)).

-Figure captions must be saved separately, as part of the file containing the complete text of the paper, and numbered correspondingly.

-The filename for a graphic should be descriptive of the graphic, e.g. Figure1, Figure 2a.

4. Publication charges

Submission fee

There is no submission fee for Journal of Sports Sciences.

Page charges

There are no page charges for Journal of Sports Sciences.

Colour charges

Colour figures will be reproduced in colour in the online edition of the journal free of charge. If it is necessary for the figures to be reproduced in colour in the print version, a charge will apply. Charges for colour pages in print are £250 per figure (\$395 US Dollars; \$385 Australian Dollars; 315 Euros). For more than 4 colour figures, figures 5 and above will be charged at £50 per figure (\$80 US Dollars; \$75 Australian Dollars; 63 Euros) .

Depending on your location, these charges may be subject to Value Added Tax .

5. Reproduction of copyright material

As an author, you are required to secure permission to reproduce any proprietary text, illustration, table, or other material, including data, audio, video, film stills, and

screenshots, and any supplemental material you propose to submit. This applies to direct reproduction as well as “derivative reproduction” (where you have created a new figure or table which derives substantially from a copyrighted source). The reproduction of short extracts of text, excluding poetry and song lyrics, for the purposes of criticism may be possible without formal permission on the basis that the quotation is reproduced accurately and full attribution is given.

For further information and FAQs, please see <http://journalauthors.tandf.co.uk/permissions/usingThirdPartyMaterial.asp>

6. Disclosure of Potential Conflicts of Interest

It is the sole responsibility of authors to disclose any affiliation with any organization with a financial interest, direct or indirect, in the subject matter or materials discussed in the manuscript (such as consultancies, employment, expert testimony, honoraria, speakers'bureaus, retainers, stock options or ownership) that may affect the conduct or reporting of the work submitted. If uncertain as to what might be considered a potential conflict of interest, authors should err on the side of full disclosure. Information about potential conflict of interest should be clearly stated at the point of submission (for example in a cover letter, or where available within the appropriate field on the journal' Manuscript Central site). This may be made available to reviewers and may be published with the manuscript at the discretion of the Editors.

7. Disclosure of Sources of funding

All sources of funding for research are to be explicitly stated, at the point of submission. This may be published with the manuscript at the discretion of the Editors.

8. Supplemental online material

Authors are welcome to submit animations, movie files, sound files or any additional information for online publication .

Information about supplemental online material

Manuscript submission

All submissions should be made online at the Journal of Sports Sciences Scholar One Manuscripts site. New users should first create an account. Once logged on to the site, submissions should be made via the Author Centre. Online user guides and access to a helpdesk are available on this website.

On submission, authors should select the relevant Section Editor (see Editorial Board) or, in case of any doubt, submit to the Editor-in-Chief. Authors should keep a copy of all materials sent for later reference. Papers submitted to the Journal will be refereed anonymously by acknowledged experts in the subject; at least two such referees will be involved in this process. In the event of conflicting reviews, the Section Editor will normally seek a further independent review. As the Journal operates an anonymous peer-review policy, please ensure that your manuscript submission has all information identifying the author(s) removed. If you are submitting a revised manuscript and have used track changes, please make sure that any comments are anonymous in order to ensure your anonymity. Alternatively, please highlight your text changes through the use of red font.

On submission, authors are required to nominate up to four expert referees for their paper; these potential referees must not have been informed that they have been nominated or be members of the authors' institutions. The nominated referees may or may not be used, at the Section Editor's discretion, and at least one of the referees involved in the review of the paper will be independent of the nominated list.

Manuscripts may be submitted in any standard format, including Word, Endnote and PDF, although the preferred format is Word. These files will be automatically converted into a PDF file for the review process. LaTeX files should be converted to PDF prior to submission because Scholar One Manuscripts is not able to convert LaTeX files into PDFs directly.

[Click here for Information regarding anonymous peer review](#)

Copyright and authors' rights

It is a condition of publication that all contributing authors grant to Taylor & Francis the necessary rights to the copyright in all articles submitted to the Journal. Authors are required to sign an Article Publishing Agreement to facilitate this. This will ensure the widest dissemination and protection against copyright infringement of articles. The "article" is defined as comprising the final, definitive, and citable Version of Scholarly Record, and includes: (a) the accepted manuscript in its final and revised form, including the text, abstract, and all accompanying tables, illustrations, data; and (b) any supplemental material. Copyright policy is explained in detail at <http://journalauthors.tandf.co.uk/preparation/copyright.asp> .

Free article access

As an author, you will receive free access to your article on Taylor & Francis Online. You will be given access to the My authored works section of Taylor & Francis Online, which shows you all your published articles. You can easily view, read, and download your published articles from there. In addition, if someone has cited your article, you will be able to see this information. We are committed to promoting and increasing the visibility of your article and have provided guidance on how you can help . Also within My authored works, author eprints allow you as an author to quickly and easily give anyone free access to the electronic version of your article so that your friends and contacts can read and download your published article for free. This applies to all authors (not just the corresponding author).

Reprints and journal copies

Corresponding authors can receive a complimentary copy of the issue containing their article. Article reprints can be ordered through Rightslink® when proofs are received. If you have any queries about reprints, please contact the Taylor & Francis Author Services team at reprints@tandf.co.uk. To order extra copies of the issue containing your article, please contact our Customer Services team at Adhoc@tandf.co.uk.

Open Access

Taylor & Francis Open Select provides authors or their research sponsors and funders with the option of paying a publishing fee and thereby making an article permanently available for free online access – open access – immediately on publication to anyone, anywhere, at any time. This option is made available once an article has been accepted in peer review.

Full details of our Open Access programme

Last updated 26 April 2013

Visit our Author Services website for further resources and guides to the complete publication process and beyond.