

Yo-Yo IR2 Test e Teste de Margaria: Validade, Confiabilidade e Obtenção da Frequência Cardíaca Máxima em Jogadores Jovens de Futebol

CIÊNCIAS DO EXERCÍCIO
E DO ESPORTE



Artigo Original

Yo-Yo IR2 Test and Margaria Test: Validity, Reliability and Maximum Heart Rate in Young Soccer Players

Cristiano Diniz da Silva¹

Antônio José Natali²

Jorge Roberto Perroux de Lima³

Maurício Gattás Bara Filho³

Emerson Silami Garcia⁴

João Carlos Bouzas Marins⁵

1. Programa de Pós-Graduação em Educação Física Universidade Federal de Viçosa-Universidade Federal de Juiz de Fora, Laboratório de Performance Humana da UFV (LAPFH) – Viçosa, MG, Brasil. Bolsista CAPES.

2. Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG, Brasil.

3. Faculdade de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora, MG, Brasil.

4. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte, MG, Brasil.

5. Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa. Laboratório de Performance Humana da UFV (LAPFH) – Viçosa, MG, Brasil.

Correspondência:

Rua Márcio Araújo, 174 apto. 01, bairro JK – 36570-000 – Viçosa, MG, Brasil.

E-mail: cristianodiniz.silva@gmail.com

RESUMO

Os objetivos do presente estudo foram: i) avaliar a validade de constructo do *Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2* (Yo-Yo IR2) e do teste de Margaria (TM) com o desempenho em alta intensidade de exercício durante jogos oficiais em jogadores de futebol; ii) verificar a confiabilidade (teste-reteste) dos dois testes; iii) comparar os valores da frequência cardíaca máxima (FCM) obtida nesses protocolos e em jogo. Dezoito jogadores (média \pm DP; idade $14 \pm 0,8$ anos, estatura 172 ± 9 cm, peso $64,3 \pm 8,5$ kg) pertencentes à mesma equipe foram avaliados em teste-reteste nos referidos protocolos e no percentual de tempo de permanência acima de 85% da FCM individual (PTP>85%FCM) em dois jogos oficiais do Campeonato Mineiro Infantil. Uma alta correlação foi encontrada entre o desempenho no Yo-Yo IR2 e PTP>85%FCM ($r_s = 0,71$; $p < 0,05$). Não houve correlação estatisticamente significativa entre o desempenho no TM e PTP>85%FCM ($r_s = 0,44$; $p = 0,06$). O Yo-Yo IR2 se mostrou mais variável e menos reprodutível (CV = 11%; CCI [95% IC] = 0,38) do que TM (CV = 1%; CCI [95% IC] = 0,93). O maior valor de FCM ($p < 0,001$) ocorreu no jogo (202 ± 8 bpm). A FCM no Yo-Yo IR2 (194 ± 4 bpm) foi menor ($p < 0,006$) do que TM (197 ± 6 bpm). Conclui-se que o Yo-Yo IR2 pode ser considerado mais válido para prever a manutenção de alta intensidade de exercício em jogo que é uma importante medida de desempenho no futebol. Porém, há necessidade de padronização rigorosa entre os procedimentos de avaliação para estabilidade da medida. A FCM deve ser observada em diversas situações, principalmente competitiva, para possibilitar que ocorra o maior valor individual.

Palavras-chave: futebol, intensidade de exercício, desempenho, frequência cardíaca, teste de campo.

ABSTRACT

The aims of the present study were: i) to evaluate the construct validity of Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2 (Yo-Yo IR2) and of the Margaria Test (MT) with performance in high intensity exercise during official games in soccer players; ii) to verify the reliability (test-retest) of the two tests; iii) to compare the values of the maximal individual heart rate (MHR) obtained in those protocols and in game. Eighteen players (mean \pm SD; age 14 ± 0.8 years, height 172 ± 9 cm, weight 64.3 ± 8.5 kg) belonging to the same team were assessed in test-retest referred protocols and in the percentage of time spent above 85% of MHR (PTS>85%MHR) in two official games of the U-15 Championship. High correlation was found between performance in the Yo-Yo IR2 and PTS>85%MHR ($r_s=0.71$; $p<0.05$). There was not correlation between performance in MT and PTS>85%MHR ($r_s=0.44$; $p=0.06$). The Yo-Yo IR2 was more variable and less reproducible (CV= 11%; CCI [95% IC]=0.38) than MT (CV= 1%; CCI [95% IC]=0.93). The highest value of MHR ($p<0.001$) occurred in the game (202 ± 8 beats.min⁻¹). MHR in Yo-Yo IR2 (194 ± 4 beats.min⁻¹) was lower ($p<0,006$) than MT (197 ± 6 beats.min⁻¹). In conclusion, the Yo-Yo IR2 can be considered more valid to predict maintenance of high exercise intensity during a match, which is an important performance measure in soccer. However, there is need of strict standardization among the evaluation procedures for stability of the measure. MHR should be observed in several situations, mainly competitive, so that the highest individual value can be reached.

Keywords: soccer, exercise intensity, performance, heart rate, field test.

INTRODUÇÃO

A avaliação da capacidade aeróbica de atletas é útil para seleção, no desígnio de programas de condicionamento físicos e para prever e monitorar desempenho físico em competições⁽¹⁾. Na literatura, existem muitos métodos descritos para avaliação da capacidade aeróbica dos jogadores de futebol⁽¹⁾. Em laboratório, a medida direta do consu-

mo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$) em teste de exaustão em esteira^(2,3) é considerada padrão ouro, pois permite avaliações simultâneas de outros parâmetros importantes como limiar de transição metabólica, economia de corrida e trabalho cardíaco. Esse procedimento, apesar de controvérsias^(4,5), é considerado válido para o futebol, uma vez que tem sido encontrada correlação significativa do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ com a classi-

ficação final da equipe em competição⁽⁶⁾ e com algumas variáveis de desempenho em jogo, tais como: distância percorrida⁽⁶⁻⁹⁾, número de *sprints* realizados⁽⁶⁻⁸⁾, tempo de atividades em alta intensidade^(7,9,10) e número de envoltimentos com a bola pelo jogador⁽⁷⁾. No entanto, uma importante limitação dessa avaliação, especialmente para esportes coletivos, é que os procedimentos consomem muito tempo, requerem pessoal treinado e equipamentos caros^(11,12).

Entre os testes de campo, o teste de Margaria⁽¹³⁾ (TM) tem-se destacado na avaliação de jogadores de futebol por permitir ajustes na distância de deslocamento utilizada, que deve ser percorrida no menor tempo possível e com velocidade constante para estimativa do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$. Assim, em somente um procedimento, é possível estimar o desempenho pelas equações do teste de 2.400m de Copper⁽¹⁴⁾ ou a do teste de Weltman⁽¹⁵⁾. Outra vantagem desse procedimento é a fácil adequação de local e a necessidade de poucos equipamentos. Porém, a validade desses testes para o futebol pode ser questionada por não refletir a resposta fisiológica do jogo^(3,16), visto que possuem característica retilínea e contínua de movimentação e, portanto, não simulam a carga competitiva, em que os jogadores são exigidos em inúmeras trocas repentinas de movimentos e direções^(10,17-19).

O *Yo-Yo Intermittente Recovery Test Level 2* (Yo-Yo IR2) foi proposto como um teste de campo de fácil aplicação e baixo custo^(4,16,20). Fundamentado em corridas de ida e volta (20m) com incremento de velocidade de deslocamento controlado por sinal sonoro, seu principal atributo de mensuração é a intermitência de ações, caracterizadas com paralisação de 10 segundos de recuperação entre os estímulos para novo deslocamento. Os deslocamentos são conduzidos até a exaustão do jogador, caracterizados pelo não acompanhamento dos sinais sonoros nas respectivas marcações. Devido a essa característica, o Yo-Yo IR2 tem sido recomendado como ótima medida de avaliação para o futebol^(5,16). O desempenho obtido no Yo-Yo IR2 tem demonstrado correlação significativa com o tempo de fadiga em teste progressivo de corrida em esteira, com o $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ e forte correlação com a máxima distância de deslocamento coberta em cinco minutos durante jogo em jogadores adultos de elite⁽²⁰⁾. Outra indicação de seu emprego é a possibilidade de ser observada a frequência cardíaca máxima (FCM) do avaliado durante sua realização, não diferindo dos valores observados nos procedimentos de teste de exaustão conduzidos em esteira^(16,20). A informação dessa variável é importante fator para relativização de intensidades de cargas na prescrição de treinamentos.

Embora estudos prévios, como os relatados anteriormente, tenham demonstrado as vantagens do Yo-Yo IR2 para o futebol, pelo nosso saber, há uma carência de estudos com jogadores jovens buscando detectar a validade de constructo⁽²¹⁾, confiabilidade e adequação dessa medida para observação da FCM ou mesmo comparação desses aspectos a outro procedimento de avaliação em campo. Outra questão é a comparação de protocolos de campo contínuos com intermitentes, pois ambos os estímulos podem ser utilizados para facilitar as adaptações fisiológicas e melhorar o desempenho de jogadores de futebol^(7,9).

A validade de constructo e a confiabilidade são importantes fatores a serem considerados pelas comissões técnicas na hora da seleção de um protocolo. Primeiramente pela validade de constructo, pois um alto grau providencia correlações com outras proposições teóricas. No caso do futebol corresponde a uma boa simulação fisiológica e pode servir como medida diagnóstica para um critério de desempenho no jogo⁽²¹⁾. Da mesma forma, é através da confiabilidade que se pode comparar se resultados semelhantes são obtidos sob as mesmas circunstâncias de aplicação em teste-reteste, demonstrando que a variação do protocolo é pequena e tem menores fontes de erro de medida⁽⁵⁾, o que é critério importante para reavaliações ao longo da temporada. Do ponto de

vista prático é ainda interessante que os estímulos desses testes de campo sejam ainda adequados para obtenção da FCM por resultar em ganho de tempo para a comissão técnica pela não necessidade de aplicação de teste específico para essa variável, que é atualmente muito utilizada para relativização da carga de esforço em prescrição e controle de treinamento.

Dessa forma, os objetivos deste estudo foram: i) avaliar a validade de constructo concorrente do Yo-Yo IR2 e do teste de Margaria pelo desempenho em alta intensidade de exercício durante jogos oficiais em jogadores sub-15 de futebol; ii) verificar a confiabilidade (teste-reteste) dos dois testes; iii) comparar os valores da FCM observada nesses protocolos e em jogo.

MÉTODOS

Participantes

Vinte e cinco jogadores masculinos pertencentes a uma equipe que participa de competições regulares reconhecidas pela Federação Mineira de Futebol aceitaram participar do estudo como voluntários. Os jogadores que não participaram das partidas completas por motivo de não escalação (por lesão; N = 1) ou de substituição ao longo do jogo (N = 6), foram excluídos do estudo. Os participantes (N = 18) tinham idade de $14 \pm 0,8$ anos, estatura de 172 ± 9 cm e peso corporal de $64,3 \pm 8,5$ kg (média \pm desvio padrão). A representação por posição de jogo foi da seguinte forma: laterais (N = 3); zagueiros (N = 4); meio-campistas (N = 7) e atacantes (N = 4). A equipe jogava em uma formação regular de 4-4-2, usando quatro defensores, quatro meio-campistas e dois atacantes.

Durante os procedimentos experimentais, os participantes estavam participando da principal competição da categoria sub-15 do estado de Minas Gerais. Eles eram submetidos a uma sessão de treino por dia (treinos físicos-técnicos e táticos), com duração aproximada de 90 minutos, cinco vezes por semana e participavam de uma partida oficial por semana (70 min.) aos sábados ou domingos. Todos os voluntários tinham experiência de quatro \pm um ano de treinamentos sistemáticos e competições do futebol.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido referente ao o estudo foi assinado pelos pais ou responsáveis para participação no estudo, após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, seguindo as recomendações da Resolução 196/196 do Conselho Nacional de Saúde – MS.

Procedimentos experimentais

Inicialmente, os participantes foram familiarizados com os protocolos do Yo-Yo IR2 e do teste de Margaria, assim como com o uso dos monitores de frequência cardíaca (Polar Team System[®], Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia) durante sessões de treinamentos. A frequência cardíaca foi monitorada em intervalo de cinco segundos. Foram seguidos os procedimentos de Krstrup *et al.*⁽²⁰⁾ para realização do Yo-Yo IR2, no qual os jogadores utilizam a mesma vestimenta do jogo de futebol e o teste é realizado em grama natural. Para emissão dos sinais sonoros foi utilizado o CD que acompanha o *kit Yo-Yo tests* (www.teknosport.com, Ancona, Itália). Os procedimentos do teste de Margaria⁽¹³⁾ foram seguidos adotando-se a distância de 2.400m, demarcada em uma pista de 300m, de forma circular em um campo de futebol de terra batida, paralelo ao campo com grama natural utilizado para os treinamentos. Essa distância foi assim adotada por ser considerada usual em protocolos de pista com características similares. Do ponto de vista fisiológico, essa distância exige um tempo maior que cinco ou seis minutos, que é o tempo necessário para manter um alto nível de ritmo estável (*steady-state*) de captação de oxigênio⁽¹³⁾. A predição do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ é dada pela

equação (distância adotada + 30[tempo] / 5[tempo] + 5)⁽¹³⁾.

Para verificar a confiabilidade (estabilidade da medida)⁽²¹⁾, os dois protocolos de testes foram executados duas vezes (teste-reteste), com intervalo de uma semana interprocedimento e 48 horas intraprocedimento (terças-feiras para Yo-Yo IR2 e quintas-feiras para Margaria). Os testes foram executados durante o período da tarde, entre 14h00min e 16h00min (mesmo horário dos jogos), no começo de cada sessão de treinamento, após 20 minutos de aquecimento e alongamentos típicos do futebol. A temperatura ambiente durante a realização dos testes foi monitorada (TGM 100, Homis®, Brasil) e não foi estatisticamente diferente entre os procedimentos (IBUTG = 24,3 ± 0,2°C vs. 24,1 ± 0,4°C; p = 0,655, *Wilcoxon Signed Ranks Test*). Os sujeitos foram distribuídos de forma aleatória para a realização dos testes e cada jogador foi encorajado verbalmente a realizar esforço máximo.

Como critério de desempenho em jogo foi utilizado o percentual de tempo de permanência acima de 85% da frequência cardíaca máxima individual (PTP>85%FCM) obtida em dois jogos completos, para cada jogador, válidos pelo Campeonato Mineiro Infantil de Futebol. Essa estratégia foi assim definida porque a capacidade de realização de grande quantidade de atividades em altas intensidades pelos jogadores durante o jogo é desejada por treinadores e tem sido indicada como a melhor medida de desempenho para o futebol atualmente^(8,10,18,22,23). Atividades em alta intensidade têm comportamento constante entre partidas^(10,17,19,24) e é por onde os jogos frequentemente são ganhos ou perdidos, porque as tentativas prósperas a marcar gols são executadas em alta intensidade⁽²⁵⁾. A temperatura ambiente durante a realização dos jogos foi também monitorada e não foi estatisticamente diferente entre os dias (IBUTG = 24,4 ± 1,8°C vs. 23,6 ± 2°C; p = 0,585, *Wilcoxon Signed Ranks Test*).

A intensidade de exercício observada durante as partidas foi de 85 ± 3,7%FCM. Esse valor corrobora o que é relatado em outros estudos para jogadores de diferentes categorias^(7,26-28), demonstrando que as partidas foram disputadas de forma típica. O PTP>85%FCM observado foi de 20,5 ± 5,1%. Esta medida mostrou boa confiabilidade (teste-reteste) através do coeficiente de variação (CV) observado (8,6 ± 5,4%) e do coeficiente de correlação intraclasse (CCI = 0,92). Alguns estudos recentes^(17,22,24) têm encontrado CV variando de 3 a 9,2% utilizando método de *video-recording* ou *computerised, semi-automatic video match analysis image recognition system* para a classificação em corridas de alta intensidade dos jogadores profissionais em jogos oficiais. Assim, a estratégia PTP>85%FCM pode ser considerada um critério consistente para avaliação do desempenho em alta intensidade de exercício nos jogadores avaliados.

A frequência cardíaca durante os jogos foi monitorada com permissão dos árbitros da Federação Mineira de Futebol. As partidas avaliadas antecederam e sucederam as aplicações dos testes Yo-Yo IR2 e de Margaria em, no máximo, duas semanas. A FCM individual foi definida como a de maior valor de pico obtida durante os jogos, Yo-Yo IR2 ou teste de Margaria. Como os jogadores residem em regime de concentração, uma diretriz nutricional padrão foi mantida pela comissão técnica e os jogadores podiam ingerir água *ad libitum* durante os testes e as partidas.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão. Para verificar a validade concorrente, foi aplicado o teste de Spearman (rs) para correlação entre o desempenho nos testes e no PTP>85%FCM nos jogos, sendo considerada a média entre o par de medidas em cada procedimento. A interpretação da correlação observada seguiu a orientação de Morrow *et al.*⁽²⁹⁾ com valores <0,20; 0,20-0,39; 0,40-0,59; 0,60-0,79;

0,80-1, classificadas como muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta, respectivamente. O limite de concordância entre os pares de medidas obtidas em teste-reteste foi observado de acordo com o método sugerido por Bland e Altman⁽³⁰⁾. O coeficiente de variação (CV) foi usado também como uma medida de confiabilidade⁽³¹⁾. O CV foi estabelecido para cada sujeito a partir da divisão do desvio padrão de cada par de medidas pelos seus valores médios (CV = [(DP / média) * 100]. A seguir, o CV médio foi calculado a partir da média dos CV individuais. Além disso, para confiabilidade dos pares de valores obtidos em teste-reteste foi utilizado o coeficiente de correlação intraclasse (CCI)⁽³¹⁾. A utilização dessas três abordagens segue as recomendações de Atkinson e Nevill⁽³¹⁾, pois existem vantagens e desvantagens para cada caso. Para a comparação entre as FCM obtidas durante o Yo-Yo IR2, TM e jogo foi utilizado *Wilcoxon Signed Ranks Test*. A análise estatística foi realizada nos pacotes *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS® 15 for Windows, Chicago, IL, EUA)* e *MedCalc Software, Mariakerke, Bélgica (MedCalc 9.2.1.0)*. Em todos os casos, o nível de significação estatística foi fixado a p < 0,05.

RESULTADOS

Uma alta correlação positiva (p < 0,05) foi encontrada entre o desempenho no Yo-Yo IR2 e a PTP>85%FCM durante o jogo (rs = 0,71; p = 0,001) (Figura 1). Entretanto, não houve correlação (p > 0,05) entre o desempenho no TM e a PTP>85%FCM durante os jogos (rs = 0,44; p = 0,064) (Figura 2).

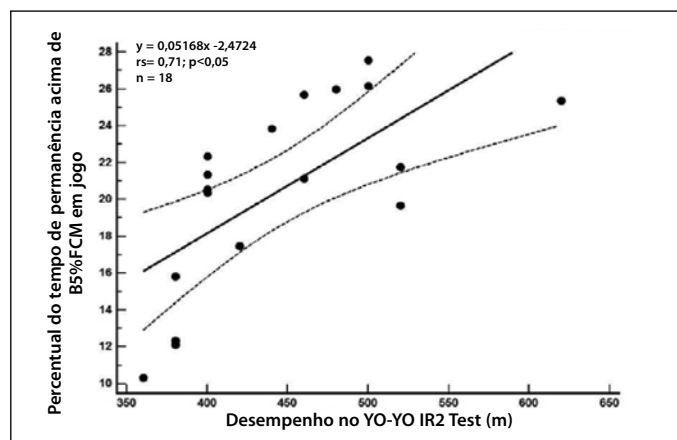


Figura 1. Dispersão e reta de regressão linear simples correspondentes ao desempenho no Yo-Yo Intermittente Recovery Test Level 2 (Yo-Yo IR2) e o percentual de tempo de permanência acima de 85% da FCM individual (PTP>85%FCM) durante jogo (N = 18; rs = 0,71; p = 0,001). Linha tracejada denota o IC95%.

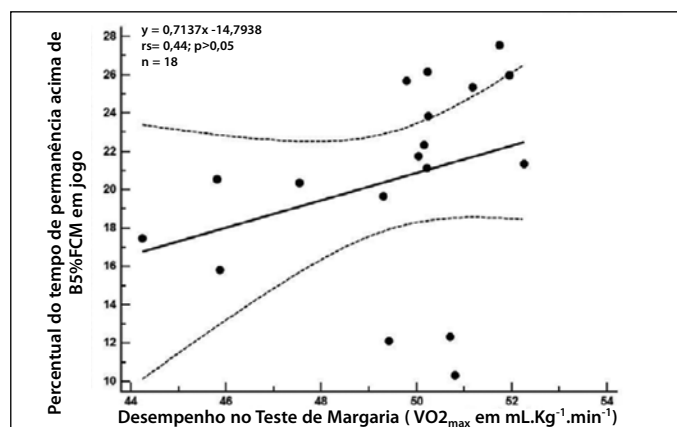


Figura 2. Dispersão e reta de regressão linear simples correspondentes ao desempenho no teste de Margaria e o percentual de tempo de permanência acima de 85% da FCM individual (PTP>85%FCM) durante jogo (N = 18; rs = 0,44; p = 0,064). Nota: linha tracejada denota o IC95%.

O desempenho no Yo-Yo IR2 e no TM, coeficiente de variação (CV), assim como o coeficiente de correlação intraclass (CCI) para todos os procedimentos são apresentados na tabela 1. Pode-se observar que os CCI e CV são maiores e menores, respectivamente, para o TM em comparação ao Yo-Yo IR2.

Tabela 1. Desempenho no Yo-Yo Intermittente Recovery Test Level 2 (Yo-Yo IR2), no teste de Margaria (TM), coeficiente de variação (CV) e coeficiente de correlação intraclass (CCI) com intervalo de confiança de 95%.

	Desempenho*	CV*	CCI (95% IC)
Yo-Yo IR2	445,5 ± 67,8m	11%	0,38 (-0,38-0,80)
TM	49,5 ± 2,2mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹	1%	0,93 (0,82-0,97)

*Dados expressos como média ± desvio padrão. Número de jogadores: 18.

Os gráficos de Bland-Altman demonstrando o grau de concordância entre os pares de medidas obtidos em teste-reteste são apresentados na figura 3 para o Yo-Yo IR2 e na figura 4 para o TM. Um jogador esteve fora dos limites de concordância no TM (Figura 4). Apesar de baixo CCI e alto CV para o Yo-Yo IR2, a plotagem de Bland-Altman (Figura 3) revelou que as diferenças médias entre teste-reteste estiveram dentro dos limites de concordância, assim como para o TM (Figura 4). Nenhum dos protocolos apresentou erro heterocedástico. Salienta-se, no entanto, que a variabilidade na reprodutibilidade das medidas foi grande, uma vez que as médias das diferenças entre teste-reteste não foram próximas de zero em ambos os testes.

Houve diferença entre as FCM obtidas nas diferentes situações (Figura 5). O maior valor de FCM ($p < 0,001$) foi observado na situação de jogo (202 ± 8 bpm). A FCM obtida no Yo-Yo IR2 (194 ± 4 bpm) foi menor ($p < 0,006$) que aquela durante o TM (197 ± 6 bpm).

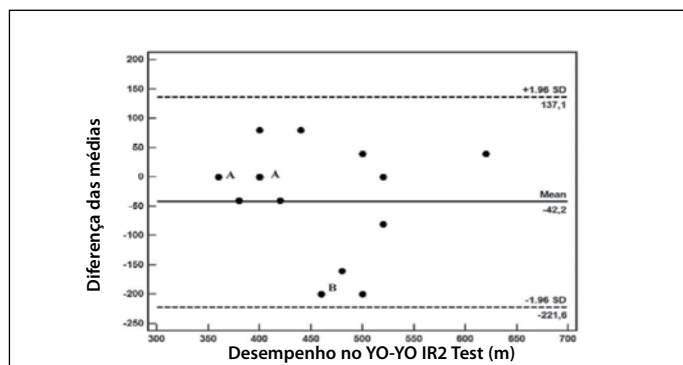


Figura 3. Plotagem do viés (média das diferenças) e limites de concordância ($\pm 1,96$ IC95%) entre os desempenhos obtidos no teste de Yo-Yo Intermittente Recovery Test Level 2 (Yo-Yo IR2), de acordo com os procedimentos de Bland-Altman (N = 18). Nota: "A" representa sobreposição de três jogadores e "B", dois jogadores.

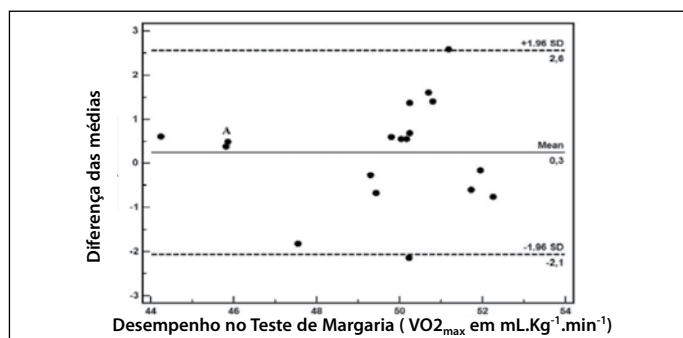


Figura 4. Plotagem do viés (média das diferenças) e limites de concordância ($\pm 1,96$ IC95%) entre os desempenhos obtidos no teste de Margaria, de acordo com os procedimentos de Bland-Altman (N = 18). Nota: "A" representa sobreposição de dois jogadores.

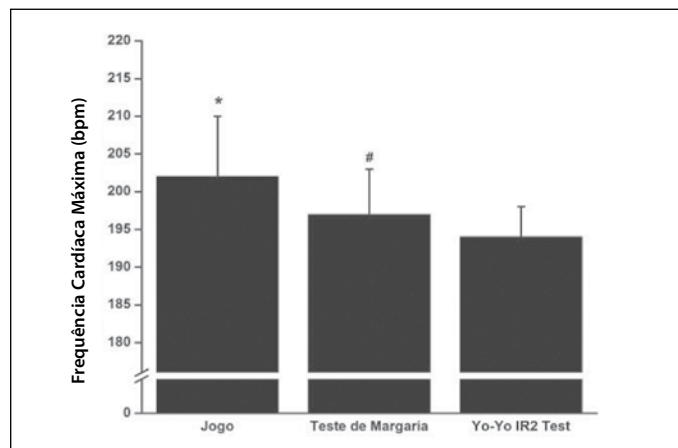


Figura 5. Frequência cardíaca máxima observada durante jogo, teste de Margaria e Yo-Yo Intermittente Recovery Test Level 2 (Yo-Yo IR2) (N = 18). * $p < 0,05$ em relação às demais situações. # $p < 0,05$ em relação ao Yo-Yo IR2 test.

DISCUSSÃO

Um dos objetivos deste estudo foi avaliar a validade concorrente de dois protocolos de campo através da correlação do desempenho dos jogadores nesses procedimentos com desempenho em alta intensidade de exercício em jogo durante jogos oficiais em jogadores sub-15 de futebol. Uma alta correlação entre o desempenho no Yo-Yo IR2 e o percentual de tempo de permanência acima de 85% da frequência cardíaca máxima individual ($PTP > 85\%FCM$) durante o jogo ($r_s = 0,71$; $p < 0,05$) foi encontrada (Figura 1), demonstrando que esse procedimento pode ser considerado mais válido do que TM ($r_s = 0,44$; $p = 0,06$; Figura 2).

Em virtude da execução na forma de estímulos intermitentes, o desempenho no Yo-Yo IR2 parece ser facilitado por adaptações morfo-fisiológicas específicas que os jogadores adquirem nos jogos e treinamentos do futebol. As combinações da velocidade de deslocamento e de seu incremento a cada estágio fazem com que a habilidade de suportar estímulos em que ambos os sistemas aeróbicos e anaeróbicos são estimulados fortemente seja avaliada nesse protocolo^(16,20). Assim, o desempenho no Yo-Yo IR2 pôde refletir melhor o condicionamento dos jogadores para atividades específicas do futebol e ter correlação significativa com a manutenção de alta intensidade de exercício durante as partidas, que é uma medida de desempenho importante para o futebol^(8,10,18,22,23) em virtude da valorização que o componente físico tem ganhado nos últimos anos.

Alguns estudos têm encontrado correlação significativa entre desempenho no Yo-Yo IR1 test (outro nível de exigência de intensidade de exercício físico mais brando)⁽¹⁶⁾ e desempenho em atividades de altas intensidades em competição em jogadores adultos no futebol de elite masculino⁽³²⁾, feminino⁽¹⁰⁾, em árbitros em competições de alto nível no futebol⁽³³⁾ e no desempenho em corridas de curta duração após partida experimental de basquetebol com jogadores juniores⁽¹¹⁾. Uma alta correlação ($r = 0,74$; $p < 0,05$), comparável à encontrada no presente estudo (figura 1), foi observada por Krstrup *et al.*⁽²⁰⁾ entre o desempenho no Yo-Yo IR2 e a máxima distância de deslocamento percorrida em cinco minutos durante os jogos em jogadores adultos de elite da região da Escandinávia. Ainda foi observado nesse estudo⁽²⁰⁾ que a correlação entre o Yo-Yo IR2 foi maior do que a obtida para o $\dot{V}O_{2max}$ nesse mesmo critério de atividade de alta intensidade durante o jogo.

Desde categorias mais jovens, a dinâmica de treinamentos do futebol atual leva os jogadores a trabalharem os aspectos aeróbico e anaeróbico combinados nas formulações dos treinamentos. Corridas de longas distâncias ou oportunidades típicas para condicionamento

aeróbico são raras, sobretudo no período competitivo, momento em que foram feitas as avaliações do presente estudo. Mohr *et al.*⁽²⁴⁾ observaram que o período competitivo foi a fase em que jogadores profissionais apresentam as maiores taxas de deslocamentos em alta intensidade, refletindo a fase de treinos que tem os procedimentos mais intensos, intermitentes e próximos da realidade de jogo. Esses aspectos podem tornar os protocolos que utilizam procedimentos contínuos, como o TM, pouco específicos e válidos para avaliação de jogadores de futebol, principalmente nesse momento.

Outro objetivo do estudo foi avaliar a confiabilidade (teste-reteste) dos dois testes. A análise dos gráficos de Bland-Altman para o desempenho nos dois protocolos apontou que eles não apresentaram erro heterocedástico nem sistemático absoluto, ou seja, a diferença entre teste-reteste não guarda relação significativa com a magnitude da medida nem apresenta tendências a serem sistematicamente positivas ou negativas. No entanto, a análise teste-reteste do TM revelou que em dois jogadores as diferenças entre esses pares de medidas foram altas, próximas aos limites de aceitação, provando uma baixa reprodutibilidade da medida nessa amostra (Figura 4). Do outro lado, o CV para o Yo-Yo IR2 foi maior que o do TM (11% vs. 1%; Tabela 1), sendo, portanto, uma medida com maior grau de variabilidade teste-reteste, reforçado ainda pelo baixo valor CCI (0,38). A variabilidade encontrada no presente estudo para o Yo-Yo IR2 está próxima da que foi reportada (CV = 9,6 %) no próprio estudo de Krstrup *et al.*⁽²⁰⁾ para validação desse protocolo.

Essa maior variabilidade demonstrada por CV, Bland-Altman e CCI no Yo-Yo IR2 reporta a necessidade de adoção de padronização rigorosa entre os procedimentos de avaliação para esse protocolo. Infere-se, com isso, que as interpretações de possíveis mudanças associadas ao treinamento ou a intervenções nutricionais, por exemplo, poderão estar comprometidas pela baixa estabilidade da medida e comprometer a validade de um teste⁽²¹⁾. A adoção de duas ou mais medidas no Yo-Yo IR2 parece ser necessária para melhorar a estabilidade da mesma. Por exemplo, considerando os resultados de correlação individual de desempenho no Yo-Yo-IR2 com o PTP>85%FCM (resultados não demonstrados) encontramos valores de $r_s = 0,53$; $p < 0,05$ (primeira coleta) e $r_s = 0,60$; $p < 0,05$ (segunda coleta). Nota-se, portanto, que a ponderação dos resultados melhoraram a correlação Yo-Yo IR2 com PTP>85%FCM ($r_s = 0,71$; $p < 0,05$; Figura 1). Estratégias de motivação e condições do gramado também podem ser fontes que levarão à baixa confiabilidade desse protocolo. Vale lembrar que os avaliadores foram os mesmos e que houve tentativa de minimizar esses fatores. Mesmo assim, Bangsbo *et al.*⁽¹⁶⁾ consideram que os protocolos Yo-Yo IR têm uma alta confiabilidade visto que os componentes psicológicos envolvidos podem alterar os resultados dentro do teste-reteste. Por se tratar de um teste exaustivo como outro qualquer dessa característica, os resultados poderão ser dependentes de disposição para um alto rendimento.

A baixa estabilidade da medida pode ser uma importante limitação nos testes de campo, em comparação aos procedimentos realizados em condições controladas de laboratório⁽⁵⁾. No entanto, uma considerável limitação dos procedimentos em laboratório é sua validade ecológica, porque, se os treinos e competições ocorrem no campo, então os procedimentos de avaliação devem ser realizados nesse mesmo ambiente^(12,21). Contudo, a importância dos procedimentos de avaliação de $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ em esteira em condições laboratoriais é destacada, principalmente médica-desportiva através da avaliação cardiológica simultânea, tornando indispensável sua realização de pelo menos duas vezes, uma no começo e outra no meio da temporada, com os testes de campo podendo ser utilizados nos outros momentos como forma de controle para a comissão técnica⁽⁴⁾.

O principal objetivo dos procedimentos de avaliação no futebol é a simulação das demandas fisiológicas do jogo. Do ponto de vista prático é interessante que eles sejam simples para a rotina do dia a dia do futebol. Assim, apesar de ter sido observada maior variabilidade de teste-reteste no Yo-Yo IR2 no presente estudo, do ponto de vista prático esse protocolo apresenta a vantagem do tempo de avaliação despendida ser mais rápido (geralmente de 5 a 10 min.)⁽¹⁶⁾. No presente estudo, o tempo despendido foi de aproximadamente 6 min. para esse protocolo e de 10 min. para o TM. Isso pode significar ganho de tempo ao avaliar muitos atletas, sendo importante também por permitir um número maior de avaliações ao longo da temporada. Além disto, o Yo-Yo IR2 pode ser realizado junto às sessões de treinamento, no próprio campo de jogo, com as vestimentas específicas do jogador de futebol, aproximando-se das condições competitivas. Essas vantagens de aplicação podem ser interessantes para os clubes de menor poder aquisitivo, nas categorias de base, nos quais as avaliações indiretas realizadas em campo são muito utilizadas⁽¹⁾.

O último objetivo deste estudo foi avaliar qual estímulo (Yo-Yo IR2, TM ou jogo) proporciona o maior valor de pico de FCM. O maior valor de FCM foi encontrado durante os jogos (202 ± 8 bpm; $p < 0,05$) em relação ao Yo-Yo IR2 (194 ± 4 bpm) e TM (197 ± 6 bpm) (Figura 5). Isso está em conformidade com os resultados encontrados por Antonacci *et al.*⁽³⁴⁾ para jogadores brasileiros de futebol de alto nível das categorias juvenil, júnior e profissional. Eles observaram que o maior valor de FCM foi observado em jogos oficiais, em comparação ao teste de esforço máximo (1.000m de corrida contínua) e pela equação de predição 220-idade. Segundo Santos *et al.*⁽³⁵⁾, há uma forte tendência da FCM ser maior em testes de campos do que em testes em laboratório. Segundo esses autores⁽³⁵⁾, as diferenças entre os valores de FCM obtidos nesses dois ambientes podem ser parcialmente explicadas pelo fato de que, como a temperatura e umidade do ar são geralmente maiores no ambiente de campo, isso levaria a uma maior carga de estresse fisiológico. Além disso, o aspecto psicológico e a maior motivação para alto desempenho em situação de competição parecem ser os principais motivos que levam a FCM ser observada em situações competitivas, como acontece também em outras modalidades de característica intermitente, como no rúgbi⁽³⁶⁾, futebol americano⁽³⁷⁾ e futebol gaélico⁽³⁸⁾.

No presente estudo, a FCM durante o Yo-Yo IR2 foi menor que durante o jogo e TM ($p < 0,05$) (Figura 5), o que poderia subestimar essa variável e, conseqüentemente, as prescrições de atividades com intensidade controlada pela FC. No entanto, alguns estudos recomendam que o Yo-Yo IR2 pode ser um bom indicador de FCM, pois não observaram diferenças ($p > 0,05$) em relação a testes de $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ em esteira^(16,20) em jogadores adultos. Aspectos como duração das avaliações no Yo-Yo IR2 (~5 min), fadiga de membros inferiores e motivação podem ter dificultado a observação de maiores valores de FCM nos sujeitos do presente estudo. No TM, a FCM também foi subestimada em relação à observada em jogo (Figura 3). A falta de marcadores de fadiga durante os testes como, por exemplo, lactato sanguíneo, pH muscular ou K^+ plasmático pode ser considerada uma limitação do presente estudo. Estes parâmetros ajudariam a caracterizar melhor os testes e monitorar o esforço máximo despedido, ou não pelos jogadores no ato das avaliações e diferenciar entre limitação fisiológica e/ou motivacional para tal procedimento. Há, porém, que se destacar que, como são medidas invasivas, isso tem limitação do comitê de ética por se tratar de voluntários jovens.

Em quatro jogadores dos 18 avaliados (~22%) no presente estudo, a FCM individual foi observada no Yo-Yo IR2 ou no TM e não necessariamente na situação de jogo. Vale ressaltar que as posições de jogo têm demanda diferenciada de esforço^(2,18,19,24) e isso pode refletir em maior

facilidade, ou não, da posição apresentar maior valor de FCM na partida. Cabe destacar a carência de estudos que direcionaram atenção para a relação das posições ocupadas no jogo e FCM. Assim, apesar de a literatura apontar que os maiores valores de FCM ocorrem em situação de competição^(34,36-38), recomenda-se que essa variável seja avaliada em outras situações de esforço em jogadores de futebol. Desta forma, há possibilidade de os jogadores expressarem o maior valor individual, melhorando a acuidade das prescrições e controle de treinamento pela FCM. Afonso *et al.*⁽³⁹⁾ ainda alertam sobre a influência circadiana na resposta da FCM. Eles observaram decréscimo na FCM na fase escura do ciclo claro/escuro em seu estudo usando o protocolo de Bruce em esteira, o que levaria à necessidade de considerar as variações circadianas individuais, para observar e prescrever atividades tomando como parâmetro essa variável, principalmente em horários mais tardios.

Algumas das limitações do presente estudo foram os totais controles da carga de trabalho previamente aos procedimentos de avaliação e da variabilidade cotidiana da FC. O controle dessas situações é dificilmente realizado em situações com equipes em período competitivo, pois isto impõe muita organização e perturba o horário regular e rotina de treinamento da equipe. Mesmo sabendo da variabilidade da FC, muitos outros estudos foram administrados em jogador de futebol usando essa variável para controlar a intensidade de exercício. Estudos

futuros devem ser realizados com a intenção de analisar a correlação entre outros protocolos de campo e/ou medida direta de consumo de oxigênio com outros fatores indicadores de alto desempenho durante o jogo a fim de evidenciar os procedimentos de avaliação mais válidos e com maior confiabilidade para jovens jogadores de futebol, dos quais há uma grande limitação de conhecimentos publicados.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados neste estudo demonstram que o Yo-Yo IR2 apresenta-se como mais válido do que o teste de Margaria, obtendo alta correlação entre o desempenho nesse protocolo e o desempenho em alta intensidade de exercício durante os jogos em jogadores jovens. No entanto, esse protocolo apresentou a maior variabilidade, levando à necessidade de adoção de padronização rigorosa entre os procedimentos de avaliação para não comprometer sua confiabilidade. O maior valor de FCM foi encontrado nos jogos em comparação aos dois testes de campo, demonstrando que a situação competitiva pode ser o melhor referencial para obtenção dessa variável.

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

REFERÊNCIAS

1. Silva CD, Bloomfield J, Marins JCB. A review of stature, body mass and Vo2max profiles of U17, U20 and first division players in Brazilian soccer. *J Sports Sci Med* 2008;7:309-19.
2. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med* 2005;35:501-36.
3. Aziz AR, Tan FHY, Teh KC. A pilot study comparing two field tests with the treadmill run test in soccer players. *J Sports Sci Med* 2005;4:105-12.
4. Svensson M, Drust B. Testing soccer players. *J Sports Sci* 2005;23:601-18.
5. Currell K, Jeukendrup AE. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med* 2008;38:297-316.
6. Wisløff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:462-7.
7. Helgerud J, Engen LC, Wisløff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1925-31.
8. Bangsbo J, Lindquist F. Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int J Sports Med* 1992;13:125-32.
9. Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Iaia FM, et al. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med* 2006;27:483-92.
10. Krstrup P, Mohr M, Ellingsgaard H, Bangsbo J. Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1242-8.
11. Castagna C, Impellizzeri FM, Rampinini E, D'Ottavio S, Manzi V. The Yo-Yo intermittent recovery test in basketball players. *J Sci Med Sport* 2008;11:202-8.
12. Silva ASR, Santos FNC, Santhiago V, Gobatto CA. Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:233-7.
13. Margaria R, Aghemo P, Piñera Limas F. A simple relation between performance in running and maximal aerobic power. *J Appl Physiol* 1975;38:351-2.
14. Cooper KH. Capacidade Aeróbica. Coleção Educação Física Mundial - Técnicas Modernas 2ª ed., Rio de Janeiro: Honor Editorial; 1972.
15. Weltman J, Seip R, Levine S, Snead D, Rogol A, Weltman A. Prediction of lactate threshold and fixed blood lactate concentrations from 3200-m time trial running performance in untrained females. *Int J Sports Med* 1989;10:207-11.
16. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The yo-yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med* 2008;38:37-51.
17. Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, Impellizzeri FM. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med* 2007;28:1018-24.
18. Ekblom B. Applied physiology of soccer. *Sports Med* 1986;3:50-60.
19. Bangsbo J, Nørregaard L, Thorsø F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci* 1991;16:110-6.
20. Krstrup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, Bangsbo J. The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:1666-73.
21. Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. Métodos de pesquisa em atividade física 5 ed. Porto Alegre: Artmed; 2007.
22. Mohr M, Krstrup P, Andersson H, Kirkendall D, Bangsbo J. Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *J Strength Cond Res* 2008;22:341-9.
23. Carling C, Bloomfield J, Nelsen L, Reilly T. The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med* 2008;38:839-62.
24. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 2003;21:519-28.
25. Kirkendall DT. Issues in training the female player. *Br J Sports Med* 2007;41 Suppl 1:S64-7.
26. Capranica L, Tessitore A, Guidetti L, Figura F. Heart rate and match analysis in pre-pubescent soccer players. *J Sports Sci* 2001;19:379-84.
27. Mohr M, Krstrup P, Nybo L, Nielsen JJ, Bangsbo J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches: beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports* 2004;14:156-62.
28. Strøyer J, Hansen L, Klausen K. Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:168-74.
29. Morrow JR, Jackson AW, Ditch JG, Mood DP. Measurement and Evaluation in Human Performance 3 ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2005.
30. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1(8476):307-10.
31. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med* 1998;26:217-38.
32. Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, et al. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:697-705.
33. Krstrup P, Bangsbo J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sports Sci* 2001;19:881-91.
34. Antonacci L, Mortimer LF, Rodrigues VM, Coelho DB, Soares DD, Silami-Garcia E. Competition, estimated, and test maximum heart rate. *J Sports Med Phys Fitness* 2007;47:418-21.
35. Santos AL, Silva SC, Farinatti PDTV, Monteiro WD. Respostas da frequência cardíaca de pico em testes máximos de campo e laboratório. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:177-80.
36. Deutsch MU, Maw GJ, Jenkins D, Reaburn P. Heart rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition. *J Sports Sci* 1998;16:561-70.
37. Gleim GW, Witman PA, Nicholas JA. Indirect assessment of cardiovascular "demands" using telemetry on professional football players. *Am J Sports Med* 1981;9:178-83.
38. Reilly T, Keane S. Estimation of physiological strain on Gaelic football players during match-play. *J Sports Sci* 1999;17:S819.
39. Afonso LDS, Santos JFB, Lopes JR, Tambelli R, Santos EHR, Back FA, et al. Frequência cardíaca máxima em esteira ergométrica em diferentes horários. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12:318-22.