


VALIDAÇÃO E CONFIABILIDADE ENTRE DISPOSITIVOS DE ANÁLISE DE CARGA EXTERNA PARA ATLETAS NO FUTEBOL


VALIDATION AND RELIABILITY BETWEEN EXTERNAL LOAD ANALYSIS DEVICES FOR SOCCER PLAYERS

VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD ENTRE DISPOSITIVOS DE ANÁLISIS DE CARGA EXTERNA PARA ATLETAS DE FÚTBOL

Otaviano Oliveira-Júnior¹ 
(Médico)


Roberto Chiarí² 
(Educador Físico e Fisiologista do esporte)


Wisley R.T. Lopes¹ 
(Estudante de Fisioterapia)


Karoline C. Abreu¹ 
(Fisioterapeuta)

Augusto D. Lopes¹ 
(Estudante de Medicina)

Guilherme Fialho² 
(Fisioterapeuta)

Rodrigo C. P. Lasmaz² 
(Médico)

Natalia F. N. Bittencourt³ 
(Fisioterapeuta)

Amanda A. O. Leopoldino¹ 
(Fisioterapeuta)

1. Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

2. Clube Atlético Mineiro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

3. Departamento Médico de Futebol Profissional, Clube Atlético Mineiro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Correspondência:

Amanda Aparecida Oliveira Leopoldino
Alameda Ezequiel Dias, 275 - Centro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. 30130-110.
aoliveira@leopoldino@gmail.com

RESUMO

Objetivo: Testar a confiabilidade entre dois instrumentos com diferentes mecanismos de análise, seja por GPS (modelo GPSPORTS®) ou por análise de vídeo (InStat For Players®), relacionando os resultados de distância total percorrida e distância em alta velocidade $\geq 20\text{km/h}$ (Distância de Corrida de Intensidade Muito Alta, VHIR) durante partidas oficiais de futebol. **Desenho do Estudo:** Este é um estudo metodológico. Dados de 35 atletas de futebol profissional do sexo masculino, de todas as posições táticas foram incluídos. Idade $29,2 (\pm 4,8)$ anos e gordura corporal $9,9 (\pm 1,7\%)$, excluindo goleiros (102 análises individuais) foram coletados em jogos oficiais. Na análise dos dados, foram utilizados procedimentos de estatística descritiva para caracterizar a amostra e o coeficiente de correlação intraclass (ICC) foi utilizado para verificar a concordância quanto à estabilidade e consistência interna dos testes com intervalos de confiança (IC) de 95%. **Resultados:** O ICC no caso da variável distância total percorrida foi significativo $0,914 (0,876; 0,941)$ e indicou concordância muito elevada, com o coeficiente de correlação linear indicando forte correlação positiva ($p < 0,001$). O ICC para a variável VHIR não foi significativo, embora o coeficiente de correlação linear indique uma correlação positiva forte ($p < 0,001$). **Declaração de Relevância Clínica:** Este estudo revela que há boa concordância na comparação de dois sistemas projetados para analisar as demandas de movimento de cada atleta profissional de futebol em relação à distância total percorrida. **Nível de evidência I; Estudo metodológico - Investigação de um teste diagnóstico.**

Descritores: Confiabilidade dos dados; Futebol; Desempenho Atlético; Teste de materiais.

ABSTRACT

Objective: To test the reliability between two instruments with different analysis mechanisms, either by GPS (model GPSPORTS®) or by video analysis (InStat For Players®), relating the results of total distance covered and distance at high speed $\geq 20\text{km/h}$ (Very High-Intensity Running Distance, VHIR) during official soccer matches. **Study Design:** This is a methodological study. Data from 35 male professional soccer athletes from all tactical positions were included. Age $29.2 (\pm 4.8)$ years and body fat $9.9 (\pm 1.7\%)$, excluding goalkeepers (102 individual analyzes) were collected in official matches. In the data analysis, descriptive statistics procedures were used to characterize the sample and the intraclass correlation coefficient (ICC) was used to verify the agreement on the stability and internal consistency of the tests with 95% confidence intervals (CI). **Results:** The ICC in the case of the total distance traveled variable was significant $0,914 (0,876; 0,941)$ and indicated a very high agreement, with the linear correlation coefficient indicating a strong positive correlation ($p < 0.001$). The ICC for the VHIR variable was not significant, although the linear correlation coefficient indicates a strong positive correlation ($p < 0.001$). **Clinical Relevance Statement:** This study reveals that there is good agreement in the comparison of two systems designed to analyze the movement demands of each professional soccer athlete in relation to the total distance covered. **Level of Evidence I; Methodological Study - Investigation of a diagnostic test.**

Keywords: Data Accuracy; Soccer; Athletic Performance; Materials testing.

RESUMEN

Objetivo: Probar la confiabilidad entre dos instrumentos con diferentes mecanismos de análisis, ya sea por GPS (modelo GPSPORTS®) y por análisis de vídeo (InStat For Players®), relacionando los resultados de distancia total recorrida y distancia a alta velocidad $\geq 20\text{km/h}$ (Distancia de carrera de muy alta intensidad, VHIR) durante los partidos oficiales de fútbol. **Diseño del estudio:** se trata de un estudio metodológico. En los partidos oficiales se recopilieron datos de 35 atletas de fútbol profesionales masculinos, de todas las posiciones tácticas. Edad $29,2 (\pm 4,8)$ años y grasa corporal $9,9 (\pm 1,7\%)$, excluidos los porteros (102 análisis individuales). En el análisis de datos, se utilizaron procedimientos de estadística descriptiva para caracterizar la muestra y se utilizó el coeficiente de correlación intraclass (CCI) para verificar la concordancia sobre la estabilidad y consistencia interna de las pruebas con intervalos de confianza (IC) del 95%. **Resultados:** El CCI en el caso de la variable distancia total recorrida fue



significativa 0,914 (0,876; 0,941) e indicó una concordancia muy alta, con el coeficiente de correlación lineal indicando una fuerte correlación positiva ($p < 0,001$). El CCI para la variable VHIR no fue significativo, aunque el coeficiente de correlación lineal indica una fuerte correlación positiva ($p < 0,001$). Enunciado de relevancia clínica: Este estudio revela que existe un buen acuerdo en la comparación de dos sistemas diseñados para analizar las demandas de movimiento de cada deportista de fútbol profesional en relación con la distancia total recorrida. **Nivel de evidencia I; Estudio Metodológico - Investigación de una prueba diagnóstica.**

Descriptor: Exactitud de los Datos; Fútbol; Rendimiento Atlético; Ensayo de Materiales.

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202228042021_0064

Artigo recebido em 06/04/2021 aprovado em 29/11/2021

INTRODUÇÃO

A quantificação da carga externa dos atletas é realizada para reduzir o risco de lesões e melhorar o desempenho.^{1,2} O desempenho tático em uma partida de futebol depende da qualidade das ações dos atletas no espaço e no tempo durante o jogo para ser bem sucedido.³ Devido aos requisitos multifatoriais para o sucesso no futebol, muitas tentativas têm sido feitas para elucidar as demandas fisiológicas de uma partida de futebol com base em estimativas de distância percorrida e flutuações na intensidade de corrida durante uma partida.^{2,4} As inovações tecnológicas levaram a novas possibilidades de capturar informações espaço-temporais precisas de todos os atletas e de revelar a dinâmica e complexidade dos jogos de futebol. A captura e análise desses dados é de suma importância para elaborar a estratégia técnica de cada atleta e da equipe como um todo, além de realizar o controle de carga através da geração e análise de dados pós-jogo e pós-treino.^{1,5,6}

Tais dados no futebol profissional podem ser capturados utilizando o Sistema de Posição Global (GPS) e também por dispositivos semiautomáticos de análise de vídeo, ambos responsáveis por gerar dados de posicionamento, velocidades e monitoramento na demanda de carga.^{7,8} Eles permitem avaliar as ações físicas mais importantes realizadas pelos atletas, que são a distância total percorrida, o número de mudanças de direção e a distância coberta em alta velocidade, o que significa ≥ 20 km/h (Distância de corrida de muito alta intensidade, VHIR).⁹ Embora seja permitido o uso de dispositivos eletrônicos de rastreamento, alguns estudos relataram perda intermitente de sinal ao baixar os dados brutos do dispositivo GPS devido ao fato de que a engenharia de alguns estádios de futebol acaba bloqueando a transmissão do sinal, interferindo na aquisição de dados.^{2,10,11} Assim, o uso da tecnologia de vídeo em jogos oficiais foi aderido e vem sendo utilizado em conjunto com GPS quando possível, dado que a tecnologia multi-câmera não sofre interferências relacionadas à estrutura ambiental, garantindo assim a aquisição bem-sucedida de dados.^{12,13}

Alguns pesquisadores relatam a falta de estudos que comparam os resultados obtidos pelos dois métodos, além de mostrar que vários sistemas de câmeras semiautomáticas tendem a relatar distâncias ligeiramente a moderadamente maiores cobertas em média e alta intensidade do que a tecnologia GPS.¹⁴

Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar as variáveis de distância total percorrida e VHIR durante partidas profissionais de futebol em diferentes estádios e arenas, coletadas simultaneamente do sistema de vídeo (InStat For Player) com os mesmos dados obtidos a partir de um dispositivo GPS (GPSports®, modelo SPI HPU), e, em seguida, avaliar o consenso entre eles. Todos os dados deste estudo foram coletados durante partidas em competições oficiais e sob condições reais de uso dos dispositivos na prática do futebol profissional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo metodológico que foi descrito de acordo com as Diretrizes para a Elaboração de Relatórios de Estudos de Confiabilidade e Acordos – GRRAS¹⁵ e as Normas Baseadas em Consenso para

a Seleção de Instrumentos de Medição do Estado de Saúde – iniciativa COSMIN¹⁶, a fim de melhorar a qualidade metodológica do estudo. O estudo foi precedido pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais - 15737819.6.0000.5134. Os dados de desempenho de 35 atletas de uma equipe brasileira de futebol profissional, excluindo goleiros, de um total de 102 análises individuais, foram coletados em jogos oficiais do campeonato durante a temporada de 2019.

Atletas de todas as posições táticas foram incluídos: zagueiros centrais e laterais, meio-campistas centrais e laterais, além de atacantes. Os atletas pertenciam ao elenco de uma seleção brasileira de futebol da primeira divisão e tinham experiência profissional de pelo menos dois anos em treinamentos e competições a nível nacional e internacional, reconhecidos pela Confederação Brasileira de Futebol (CBF) e pela Confederação Sul-Americana de Futebol (CONMEBOL).

O tamanho da amostra foi calculado para testar a significância do CCI.¹⁷ A significância de 5%, e força mínima de 80%, para testar a significância de um CCI de 0,5 inoculação para pelo menos 28 atletas. Os atletas foram informados sobre os objetivos do estudo e a confidencialidade de sua identidade e todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Uma unidade GPS, modelo GPSports® marca GPS, modelo SPI HPU, foi anexada a cada um dos atletas individualmente antes de cada um entrar em campo para uma partida oficial de futebol.⁷ Dispositivos semiautomáticos de análise de vídeo, como o InStat®, também realizam análises de desempenho esportivo da mesma forma que o GPS, fornecendo uma ferramenta profissional para avaliação de desempenho individual (InStat For Players). Esta tecnologia é uma metodologia de análise de carga externa baseada em múltiplas câmeras de alta definição que acompanham atletas, colocadas ao redor do campo de futebol. Este sistema reproduz as trajetórias dos atletas ao redor do campo, ao longo do campo e permite aos pesquisadores acesso aos dados da trajetória para estudar os movimentos dos atletas, velocidade, aceleração, distância total percorrida, VHIR e as interações entre elas.⁸

Os conjuntos de dados GPS foram ajustados de acordo com os dados do InStat no início de cada partida. No entanto, os dados de algumas partidas foram eliminados porque uma perda de sinal foi detectada baixando os dados brutos de todas as análises possíveis do dispositivo GPS, tornando seu uso inviável. Foram utilizados dados de seis equipes de jogos profissionais de futebol em três partidas, nas quais os atletas jogaram com o dispositivo GPS e também foram analisados pelo InStat®. Esses dados de desempenho foram registrados separadamente de cada tempo de jogo, a fim de permitir a comparação de dados dos dois sistemas e evitar erros de avaliação, usando especificamente as variáveis distância total percorrida e VHIR.

Os dados foram obtidos de 35 atletas em relação à distância total percorrida e VHIR em situações de partidas (para alguns, primeira e segunda vezes) para um total de 102 medições, a fim de avaliar a consistência interna das medições e a reprodutibilidade das medições feitas pelos

sistemas GPS e InStat. As médias de cada uma das medidas foram obtidas para cada sistema, as diferenças médias entre os dois sistemas, ICC e coeficiente de correlação linear (r) de Pearson, com todas essas medidas sendo implementadas com seus respectivos intervalos de confiança de 95%. A magnitude do ICC foi analisada de acordo com o critério descrito por Pons:² trivial ($\leq 0,1$), pequeno (0,11 a 0,30), moderado (0,31 a 0,5), grande (0,51 a 0,7) e muito grande (0,71 a 0,9) e quase perfeito (0,91 a 1).

A normalidade das diferenças de medição foi avaliada utilizando-se o teste Shapiro-Wilk. O teste-t para amostras emparelhadas foi utilizado para comparar as diferenças médias, e a significância do ICC e R também foram testadas. A análise foi desenvolvida utilizando-se o programa gratuito de software R versão 3.5.3 e $p < 0,05$ foi considerado significativo. Foram disponibilizadas diferenças médias entre os dois sistemas, coeficientes de correlação intraclassa (ICC), coeficiente de correlação linear de Pearson (R), como meios para cada um dos sistemas, todas essas medidas com seus intervalos de intervalo. 95% de confiança. A magnitude do ICC foi analisada de acordo com o critério descrito por Pons.²

A normalidade das diferenças nas medidas foi avaliada por meio do teste Shapiro-Wilk. Para comparar as diferenças médias, o teste-t foi utilizado para os testes emparelhados, e a significância do ICC e do R também foram testadas. Modelos simples de regressão linear foram construídos para descrever a relação entre as medições feitas por GPS e InStat. Foram produzidos gráficos de dispersão, equação de regressão e coeficiente de determinação. A qualidade do ajuste foi verificada por meio da análise dos resíduos, onde foram avaliadas a normalidade, a homoscedasticidade e a presença de *outliers*. O gráfico Bland-Altman foi construído para verificar se a diferença entre as medidas era razoável para assumir um acordo entre elas. A análise foi realizada utilizando-se o software livre R versão 4.0.0 e $p < 0,05$ foi considerado significativo.

RESULTADOS

A amostra foi composta por 35 atletas profissionais de futebol masculino: idade 29,2 ($\pm 4,8$ anos), massa corporal 77,6 ($\pm 7,2$ kg), altura 178,8 ($\pm 7,2$ kg), altura 178,8 ($\pm 8,2$ cm), gordura corporal 9,9 ($\pm 1,7\%$), YoYo Teste de Recuperação Intermitente - Nível 1 (YIRT1: 1.820 \pm 343 metros).

Para as variáveis distância total coberta e VHIR houve diferença significativa nas medições obtidas via GPS e via InStat ($p = 0,021$ para distância e $p < 0,001$ para VHIR). No caso da variável distância, o ICC foi significativo e indicou concordância quase perfeita e o coeficiente de correlação linear indicou forte correlação positiva ($p < 0,001$). Para a variável VHIR, o ICC foi significativo e indicou concordância moderada, e o coeficiente de correlação linear indicou forte correlação positiva ($p < 0,001$) (Tabela 1).

Os modelos simples de regressão linear para as variáveis VHIR de distância e distância apresentaram bons ajustes, com resíduos normais, homocedásticos e sem *outliers*. Os valores obtidos pelo GPS podem ser usados para prever os valores do InStat, utilizando as equações apresentadas nas Figuras 1a e 1b.

A maioria das diferenças nas medições de distância feitas por GPS e InStat foram entre -402 (8% da média entre as duas distâncias) e 318 (6% da média entre as duas distâncias), sendo considerada uma variação

Tabela 1. Análise da consistência das medições realizadas via GPS e InStat.

Variáveis	Distância	VHIR
Média (IC 95%)		
GPS	4.937,1 (4.928,3; 4.945,9)	278,9 (276,7; 281,2)
InStat	4.978,9 (4.970,6; 4.987,3)	399,5 (396,9; 402,0)
CCI (IC 95%)	0,914 (0,876; 0,941) [†]	0,477 (0,312; 0,614) [†]
R (IC 95%)	0,919 (0,883; 0,945) [†]	0,827 (0,754; 0,880) [†]

Notas: * Média das diferenças (GPS - InStat). CI = Intervalo de confiança; ICC = coeficiente de correlação intraclassa; VHIR = Distância em corrida de alta intensidade. [†] valor $p \leq 0,05$; Valor $nSp > 0,05$.

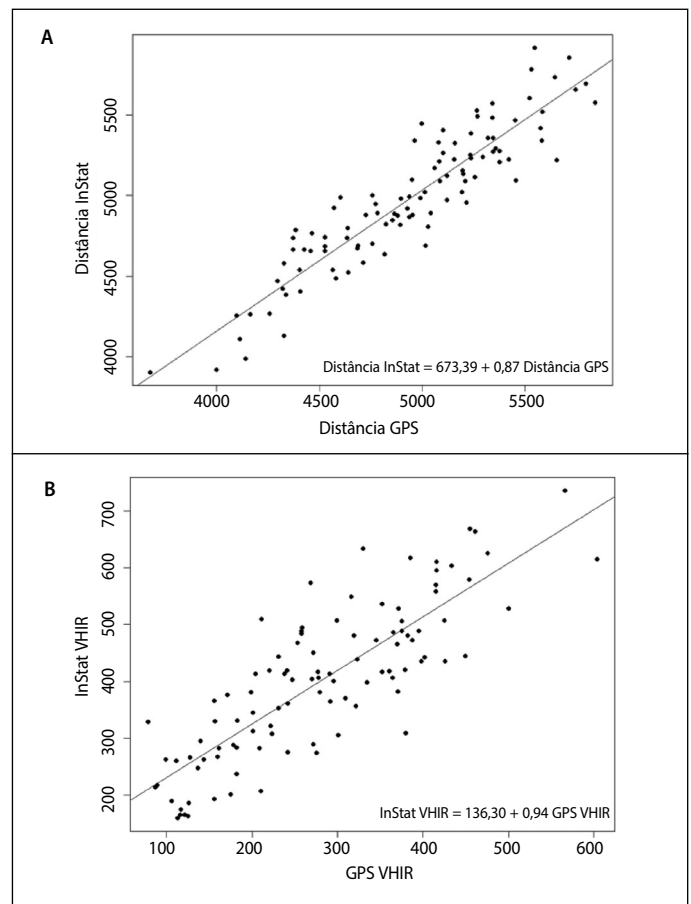


Figura 1. Diagrama de dispersão (A) distâncias medidas por GPS e InStat, com equação de regressão linear (R² 84,34%), (B) VHIR medido por GPS e InStat, com equação de regressão linear (R² 68,15%).

razoável (Figura 2a). Em relação às medidas VHIR, a maioria das medidas foi entre -270 (79,6% da média entre as duas VHIR) e 28,99 (8,6% da média entre os dois VHIR), neste caso, uma grande variação que mostra que o VHIR medido pelo GPS tende a ser muito menor do que o medido pelo InStat (Figura 2b).

DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, destacamos que o InStat superestimou moderadamente os valores do VHIR em relação ao GPS. Por outro lado, a variável distância total percorrida não mostrou diferença significativa entre as duas tecnologias. As diferenças entre os dois sistemas foram menores do que em estudos anteriores, possivelmente devido aos avanços tecnológicos^{11,18} como o aumento do número de câmeras (no caso de tecnologias multi-câmera) para obter maior cobertura do estádio de mais ângulos e melhoria na qualidade de resolução das imagens, detectando e rastreando automaticamente cada jogador pelo seu número de identificação.¹⁹ Esses resultados são consistentes com os achados do estudo por Edgecomb e Norton²⁰, concluindo que tanto a tecnologia GPS quanto o sistema de rastreamento de computador/vídeo envolvem erros sistemáticos, superestimando a distância percorrida. Vale ressaltar que o VHIR é uma das medidas que podem estar relacionadas à prevenção de lesões.^{1,2}

Houve diferença significativa nas medições obtidas via GPS e via InStat ($p < 0,001$) na variável total de distância coberta em nosso estudo, mas o ICC foi significativo, indicando grande concordância e forte coeficiente de correlação linear positiva. O ICC para a variável distância foi de 0,88, inferindo um bom acordo entre o modelo GPSports[®] SPI HPU e o InStat For Player, e, portanto, o uso combinado dos dois instrumentos pode ser realizado com base nesses resultados. Alguns estudos têm

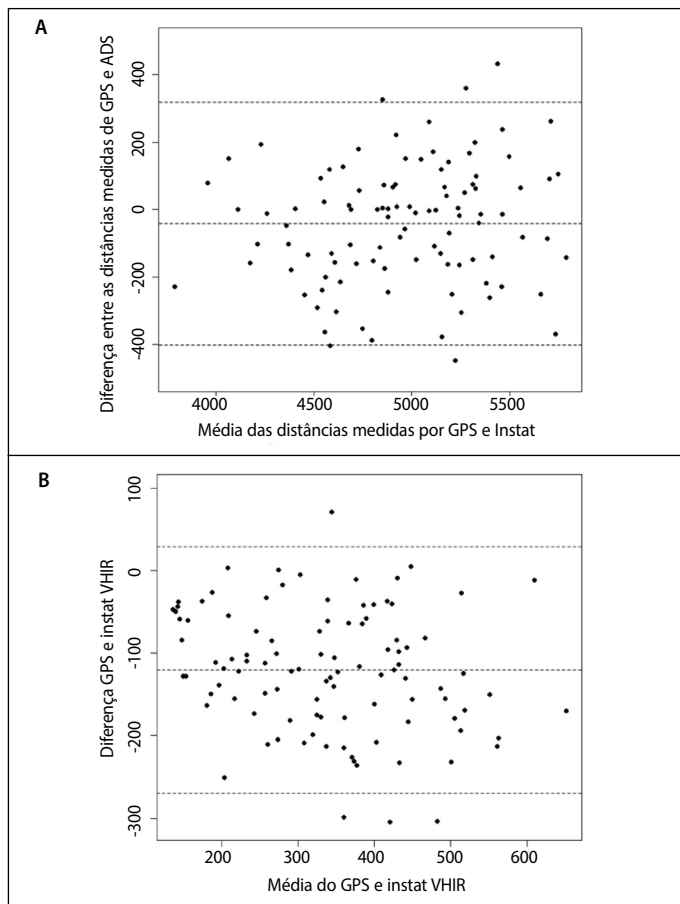


Figura 2. Gráficos bland-Altman para (A) distâncias medidas por GPS e InStat e (B) VHIR medidos por GPS e InStat.

demonstrado que vários sistemas de câmeras semiautomáticas tendem a relatar distâncias leves a moderadamente maiores^{4,14} cobertas em média e alta intensidade do que a tecnologia GPS. Os resultados dessas investigações destacaram que todos os sistemas detectaram da mesma forma a carga externa produzida durante o início, havendo diferenças entre os instrumentos na estimativa das distâncias cobertas em cada uma das categorias de velocidade. Outros autores^{20,21,22} também avaliaram a precisão nas medidas das tecnologias de rastreamento mais utilizadas em esportes de equipe profissionais (ou seja, tecnologia de vídeo semiautomática com múltiplas câmeras, banda ultra-larga - UWB, LPS e GPS), concluindo que as diferenças entre as tecnologias não eram tão pronunciadas em distâncias e velocidades mas todas as tecnologias resultaram no aumento da magnitude do erro à medida que a velocidade do objeto rastreado objeto também aumentou. Os resultados revelaram variações dependentes da tecnologia na precisão no sistema de rastreamento de vídeo. Algumas unidades GPS até mediram duas a seis vezes mais ocorrências de aceleração/desaceleração do que outras unidades nesses estudos. Segundo os autores, esse fenômeno poderia ser explicado devido à diferença na versão de software instalada em cada dispositivo de posicionamento global.^{13,22, 23}

Outros estudos^{9,24} avaliaram a validade convergente e a confiabilidade do teste-reteste entre dispositivos GPS do mesmo modelo, nos quais se observou haver diferença dos resultados para a mesma variável e para o mesmo teste, concluindo que alguns modelos de GPS poderiam variar nos resultados entre si, tornando essencial realizar estudos

de confiabilidade para garantir a reprodutibilidade dos resultados do equipamento. Por outro lado, a maioria dos estudos foi realizada em ambientes não ecológicos, criando circuitos que simulam condições reais de competição^{13,20,25} e, portanto, é interessante notar que nosso estudo comparou o InStat com dados reais de rastreamento durante partidas oficiais usando um dispositivo GPS. Isso se deve à perda recorrente de sinal da engenharia de certos estádios de futebol, especialmente aqueles com coberturas metálicas, como descrito na literatura^{10,18} impossibilitando o uso desses dados em algumas partidas do nosso estudo. O problema foi superado pelo uso de dados de outros jogos da mesma temporada que não experimentaram essa perda de sinal. Ressalta-se que as medições foram realizadas em diferentes situações ambientais em estádios, em diferentes locais geográficos e em diferentes épocas, comparando com outros autores que realizaram o estudo em um único estádio e em horário específico.²⁶

A imperfeição na correlação entre os dois sistemas continua sendo um grande desafio para a análise de dados de treinamento e jogos. As dificuldades em obter captura de sinal GPS de boa qualidade em jogos em estádios fechados reforçaram o uso crescente de sistemas de controle através de câmeras. Ao mesmo tempo, o uso do sistema de câmeras nos campos de treinamento também apresenta algumas dificuldades, como o alto custo de instalação e a demanda por um tempo maior do que o GPS para a análise de dados e para elaboração de relatórios de informações. Assim, padronizar um único sistema a ser utilizado em treinamentos e jogos oficiais ainda parece ser uma questão importante a ser avaliada em outros estudos.

CONCLUSÃO

Este estudo mostra que houve uma boa concordância entre os sistemas GPS e o InStat na comparação dos dois instrumentos projetados para analisar o movimento de cada jogador em uma partida de futebol profissional em relação à distância total percorrida. Em relação ao primeiro, há uma tendência de supervalorizar moderadamente as variáveis analisadas em medidores, e a análise estatística indicou um ICC significativo e um acordo muito grande entre os dois dispositivos. Portanto, esses dados proporcionam alta relevância para a análise de situações reais de correspondência relacionadas às demandas físicas. Entretanto, a respeito da variável VHIR, os instrumentos não foram confiáveis, com diferença significativa nas medições obtidas entre ambas as tecnologias.

Implicações práticas

- Os dispositivos GPS e InStat apenas podem ser intercambiáveis para analisar a distância total coberta.
- Não é recomendável o uso simultâneo dos dispositivos para a análise VHIR.
- O mesmo dispositivo deve ser mantido em todas as análises.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Profa. Dra. Isabel Moura pela ajuda na análise estatística dos dados. Os autores também gostariam de agradecer ao Clube Atlético Mineiro por fornecer os dados e a Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais pelo apoio no desenvolvimento deste projeto.

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

REFERÊNCIAS

1. Akenhead R, Nassis G. Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;11(5):587–93.
2. Pons E, García-Calvo T, Resta R, Blanco H, López del Campo R, Díaz García J, et al. A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology during official soccer matches: Agreement between systems. *PLOS ONE.* 2019;14(8):e0220729.
3. Van Beijsterveldt A, Anne M, Stubbe J, Schmikli S, van de Port I, Backx F. Differences in injury risk and characteristics between Dutch amateur and professional soccer players. *J Sci Med Sport.* 2015;18(2):145–9.
4. Randers M, Mujika I, Hewitt A, Santisteban J, Bischoff R, Solano R, et al. Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *J Sports Sci.* 2010;28(2):171–82.
5. Buchheit M, Simpson B. Player-Tracking Technology: Half-Full or Half-Empty Glass? *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(Suppl 2):S2–35–S2–41.
6. Ryan M, Malone S, Collins K. An Acceleration Profile of Elite Gaelic Football Match-Play. *J Strength Cond Res.* 2018;32(3):812–20.
7. GPSports, About us. 2019 [accessed on June 6, 2020]. Available at: <https://www.catapultsports.com/products/evo>.
8. INStat. 2019 [accessed on June 6, 2020]. Available at: https://instatsport.com/football/instat_scout.
9. Beato M, Bartolini D, Ghia G, Zamparo P. Accuracy of a 10 Hz GPS Unit in Measuring Shuttle Velocity Performed at Different Speeds and Distances (5 – 20 M). *J Hum Kinet.* 2016;54(1):15–22.
10. Aughey R. Applications of GPS Technologies to Field Sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6(3): 295–310.
11. Castillo A, Gómez Carmona C, De la Cruz Sánchez E, Pino Ortega J. Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time–motion analyses in soccer. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(4):450–7.
12. Bradley P, O'Donoghue P, Wooster B, Tordoff P. The reliability of ProZone MatchViewer: a video-based technical performance analysis system. *Int J Perform Anal Sport.* 2007;7(3):117–29.
13. Buchheit M, Allen A, Poon T, Modonutti M, Gregson W, Di Salvo V. Integrating different tracking systems in football: multiple camera semi-automatic system, local position measurement and GPS technologies. *J Sports Sci.* 2014;32(20):1844–57.
14. Harley J, Lovell R, Barnes C, Portas M, Weston M. The Interchangeability of Global Positioning System and Semiautomated Video-Based Performance Data During Elite Soccer Match Play. *J Strength Cond Res.* 2011;25(8):2334–6.
15. Kottner J, Audige L, Brorson S, Donner A, Gajewski B, Hróbjartsson A, et al. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol.* 2011;48(6):661–71.
16. Mokkink L, de Vet H, Prinsen C, Patrick D, Alonso J, Bouter L, et al. COSMIN Risk of Bias checklist for systematic reviews of Patient-Reported Outcome Measures. *Quality of Life Research.* 2017;27(5):1171–9.
17. Zou GY. Sample size formulas for estimating intraclass correlation coefficients with precision and assurance. *Stat Med.* 2012;31(29):3972–81.
18. Castillo A, Gómez Carmona C, Pino Ortega J, de la Cruz Sánchez E. Validity of an inertial system to measure sprint time and sport task time: a proposal for the integration of photocells in an inertial system. *Int J Perform Anal Sport.* 2017;17(4):600–8.
19. Imai T, Uchiyama A, Magome T, Higashino T. Play Recognition Using Soccer Tracking Data Based on Machine Learning. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies.* 2018;875–884.
20. Edgecomb S, Norton K. Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian Football. *J Sci Med Sport.* 2006;9(1–2):25–32.
21. González M, Arcos A, Nakamura F, Gantois P, Ortega J. A comparison between UWB and GPS devices in the measurement of external load and collective tactical behaviour variables during a professional official match. *Int J Perform Anal Sport.* 2020;20(6):994–1002.
22. Linke D, Link D, Lames M. Validation of electronic performance and tracking systems EPTS under field conditions. *PLOS ONE.* 2018;13(7):e0199519.
23. Huggins R, Giersch G, Belval L, Benjamin C, Curtis R, Sekiguchi Y, et al. The Validity and Reliability of Global Positioning System Units for Measuring Distance and Velocity During Linear and Team Sport Simulated Movements. *J Strength Cond Res.* 2020;34(11):3070–77.
24. Barbero-Álvarez J, Coutts A, Granda J, Barbero-Álvarez V, Castagna C. The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *J Sci Med Sport.* 2010;13(2):232–5.
25. Cust E, Sweeting A, Ball K, Robertson S. Machine and deep learning for sport-specific movement recognition: a systematic review of model development and performance. *J Sports Sci.* 2019;37(5):1–33.
26. Polglaze T, Dawson B, Peeling P. Gold Standard or Fool's Gold? The Efficacy of Displacement Variables as Indicators of Energy Expenditure in Team Sports. *Sports Med.* 2015;46(5):657–70.