

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ARTHUR LUZ DOS SANTOS

A UTILIZAÇÃO DE UM NOVO SISTEMA DE COLETA DE DADOS
(SISTEMA IMPULSE) PARA ANÁLISE CINEMÁTICA EM APARELHOS
CONVENCIONAIS DE MUSCULAÇÃO

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS

2018

ARTHUR LUZ DOS SANTOS

A UTILIZAÇÃO DE UM NOVO SISTEMA DE COLETA DE DADOS
(SISTEMA IMPULSE) PARA ANÁLISE CINEMÁTICA EM APARELHOS
CONVENCIONAIS DE MUSCULAÇÃO

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de bacharel e licenciatura em Educação Física.

Orientador: Cristiano Lino Monteiro de Barros.

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS

2018

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por sempre acreditarem no meu potencial.

Ao professor Cristiano pela confiança, suporte e paciência na orientação.

Ao amigo Rodrigo Almeida Feres, por desenvolver o sistema e ajudar no processamento de dados deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	5
INTRODUÇÃO	6
MATERIAIS E MÉTODOS	7
Amostra	7
Delineamento experimental	7
Equipamentos	7
Análise estatística	9
RESULTADOS	9
DISCUSSÃO	14
CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

**A UTILIZAÇÃO DE UM NOVO SISTEMA DE COLETA DE DADOS
(SISTEMA IMPULSE) PARA ANÁLISE CINEMÁTICA EM APARELHOS
CONVENCIONAIS DE MUSCULAÇÃO**

**THE USE OF A NEW DATA COLLECTION SYSTEM (IMPULSE SYSTEM)
FOR KINEMATIC ANALYSIS IN CONVENTIONAL WORKOUT
EQUIPMENTS**

RESUMO: O objetivo deste estudo foi comparar a análise de tempo e deslocamento do peso vertical em aparelhos convencionais de musculação entre um novo sistema de coleta de dados (Sistema Impulse) e o software Kinovea Experimental Version (KEV). Dez voluntários homens (idade= 26,3±2,4, estatura= 179,70±4,6 cm, massa corporal= 85,4±14,5 kg), saudáveis, fisicamente ativos no momento da coleta de dados e com experiência de no mínimo um ano de treinamento de força, realizaram exercícios em dois aparelhos de uso convencional nas academias, o banco extensor e o puxador vertical pegada aberta. Duas cadências foram utilizadas na pesquisa, 2s (Cad1) e 0,66s (Cad2), por fase do movimento. Os voluntários iniciaram o procedimento fazendo uma série de familiarização com dez repetições, que não foi utilizada nas análises, e em seguida, sem descanso pré-determinado, fizeram uma série de oito repetições. Após um minuto de descanso passivo o voluntário repetiu o procedimento, porém com menor cadencia (Cad2). Ao finalizar, o protocolo foi repetido no segundo aparelho. Para maior parte dos resultados na variável amplitude, observa-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os dois sistemas de coleta de dados. Por sua vez, nos resultados do comparativo de tempo para cada fase do movimento, observa-se diferença significativa ($p < 0,05$) apenas na fase excêntrica do exercício puxador Cad2 ($p = 0,043$). Houve uma forte correlação em todas as análises entre KEV e SI, nas quais as análises de tempo e amplitude foram: $r = 0,997$, $r = 0,997$ na extensora; e $r = 0,996$, $r = 0,997$, no puxador. Conclui-se deste estudo que o SI tem autonomia para realizar análises cinemáticas com precisão.

Palavras-chave: Musculação. Análise cinemática. Desempenho esportivo.

ABSTRACT: The aim of this study was to compare the time and displacement of vertical weight in a workout equipments between a new data collection system (Impulse System) and Kinovea Experimental Version (KEV) software. Ten male volunteers (age = 26.3 ± 2.4, height = 179.70 ± 4.6 cm, body mass = 85.4 ± 14.5 kg), healthy, physically active at the time of data collection and with experience of at least one year of strength training, performed exercises in two equipments of conventional use in the gym, the leg extension and the lat pulldown. Two cadences were used in the research, 2s (Cad1) and 0.66s (Cad2), per phase of the movement. Volunteers started the procedure by doing a familiarization series, which was not used in the analyzes, with 10 repetitions and then without rest pre-determined, did a series of 8 repetitions. After 1 minute of passive rest the volunteer repeated the procedure, but with a lower cadence (Cad2). At the end, the protocol was repeated on the second equipments. For most of the results in the amplitude variable, a significant difference ($p < 0.05$) was observed between the two data collection systems. On the other hand, the results of the comparative time for each phase of the movement, a significant difference ($p < 0.05$)

was observed only in the eccentric phase of the lat pulldown Cad2 ($p = 0.043$). There was a strong correlation in all analyzes between KEV and SI, where the analyzes of time and amplitude were: $r = 0.997$, $r = 0.997$ in the leg extension; and $r = 0.996$, $r = 0.997$, for lat pulldown. The conclusion of this study is that the Impulse System has the autonomy to perform kinematic analyzes with precision

Keywords: Workout. Kinematic analysis. Sports performance.

Introdução

O treinamento resistido (TR) vem sendo estudado há décadas, por diversos pesquisadores com diferentes objetivos. Hoje, já compreendemos a importância deste treinamento em muitas áreas de aplicação, como o desenvolvimento de aptidão física em atletas de diversas modalidades esportivas¹, prevenção e tratamento de lesões ortopédicas², doenças cardiorrespiratórias³, pressão arterial⁴, obesidade⁵, diabetes⁶ e promoção de saúde em geral⁷. Assim como em outras modalidades, no treinamento de qualquer valência de força através do TR é necessário um planejamento sistemático e quantificação das variáveis para garantir uma progressão adequada ao indivíduo que utiliza deste treinamento.

Para sistematizar uma progressão no TR, determinar com precisão as variáveis agudas é imprescindível para o sucesso de um programa de treinamento⁸⁻⁹. Para determinar o volume, encontramos diferentes métodos descritos na literatura, como *Volume-load*, *Time Under Tension*, e o Trabalho Total, dado em Joules, tido como uma das melhores formas de quantificar volume total, porém pouco utilizado, mesmo em laboratório, pela falta de praticidade de efetuar essa mensuração¹⁰.

Além do controle de variáveis, as avaliações também devem ser realizadas periodicamente para quantificar o desenvolvimento do indivíduo e avaliar a sistematização de treinos. Testes de uma repetição máxima e saltos na plataforma são frequentemente utilizados para determinar força e potência em atletas.

Apesar da importância de um controle individual de avaliações e sistematização das variáveis do treinamento, nas academias convencionais de musculação, isso acaba sendo negligenciado e fica sem o rigor necessário para o alcance de objetivos com mais segurança e em menor tempo. Uma das justificativas é a falta de praticidade de avaliar e controlar cargas em diversos alunos em um curto período de tempo.

O objetivo deste estudo foi comparar a análise de tempo e deslocamento do conjunto de pesos verticais em aparelhos convencionais de musculação entre um novo

sistema de coleta de dados (Sistema Impulse) e o software Kinovea Experimental Version (KEV).

Materiais e métodos

Amostra

Foram selecionados 10 voluntários homens, saudáveis, fisicamente ativos no momento da coleta de dados e com experiência de no mínimo um ano de treinamento de força. A estatura foi mensurada através de um estadiômetro (Professional Sanny) e a massa corporal utilizando a balança (Micheletti MIC 200) (n= 10, idade= 26,3±2,4 anos, estatura= 179,70±4,6 cm, massa corporal= 85,4±14,5 kg).

Delineamento experimental

Os voluntários realizaram exercícios, com amplitude máxima em dois aparelhos de uso convencional nas academias, o banco extensor (Righetto PROr PR1030) e o puxador vertical pegada aberta (*Axcess fitness equipment*). O exercício pelo qual o voluntário iniciou foi selecionado de forma aleatória, sendo que no final metade dos voluntários iniciaram pelo banco extensor e a outra metade pelo puxador vertical.

Duas cadências foram utilizadas na pesquisa, 2s (Cad1) e 0,66s (Cad2), por fase do movimento concêntrica (CON) e excêntrica (EXC), ditadas através de um metrônomo (*Soundbrenner*). Esta escolha foi feita por assemelharem a cadências utilizadas no treinamento de força, a fim de encontrar alguma possível variação no Sistema Impulse. Dois tipos de cargas foram selecionados por conveniência, uma para familiarização e outra para análise. Na escala dos aparelhos, peso 2, 4, que significam 10 kg e 20 kg.

Os voluntários iniciaram o procedimento fazendo uma série de familiarização com 10 repetições com a carga mais leve (peso 2) e com maior cadência (Cad1). Em seguida, sem descanso pré-determinado, fizeram uma série de oito repetições com uma carga mais pesada (peso 4). Após um minuto de descanso passivo o voluntário repetiu o procedimento, porém com menor cadência (Cad2). Ao finalizar, o protocolo foi repetido no segundo aparelho.

Equipamentos

Para análise dos dados, os resultados de tempo e deslocamento do conjunto de

pesos verticais para cada fase do movimento, foram comparados entre o Sistema Impulse (SI) e análise de vídeo com o software *Kinovea Experimental Version* (KEV) que calcula velocidade linear e deslocamento através da ferramenta de rastreamento semiautomática. Foram analisadas as séries com peso 4 nas duas cadências em ambos os aparelhos. As séries de familiarização foram descartadas nas análises. Além disso, para determinar a conveniência do equipamento, foi analisada a praticidade, rapidez e facilidade da utilização do SI.

O SI é um sistema eletrônico automático que utiliza um sensor com tecnologia ToF (*Time of Flight*)¹¹ com funcionamento em 16Hz para coleta de dados de tempo e deslocamento das barras em posição vertical em aparelhos convencionais de academia. O aparelho possibilita mensurar Força, Potência e Trabalho e, instantaneamente, exporta esses dados para um computador em arquivos em formato *json*, via protocolo de comunicação MQTT e utilizando um programa escrito em *python* processa-los através da biblioteca *panda*. Desta forma, encontram-se os dados de interesse da pesquisa, pontos máximos e mínimos locais de posição do peso em relação ao tempo, apresentados graficamente por meio da *Mat plot lib*.

O SI tem seu sensor e placa para leitura embutidos na parte externa do aparelho de musculação (Figura 1), o que permite a coleta de dados de tempo e posição do conjunto de pesos manipulado durante o exercício. O sistema é universal e consegue ser acoplado em qualquer modelo de aparelho de musculação do mercado. O sistema também conta com um sensor de *tag RFID*¹², por onde consegue reconhecer o indivíduo que executa a atividade no aparelho, bem como um conjunto de células de carga para coletar o peso utilizado durante o exercício, porém este não foi avaliado nesta pesquisa. No banco extensor, na posição inicial, o sensor se encontrava a 47 cm da placa de leitura e na puxada vertical a 120 cm.

As filmagens foram feitas com duas câmeras Sony HDR-CX330 (60 Hz), posicionadas verticalmente no tripé a 105,5cm de altura para o banco extensor e 129,5cm para a puxada vertical. Dois marcadores com dois cm de diâmetro foram posicionados em cada aparelho, com distância de 62 cm no banco extensor e 125cm na puxada vertical, para auxiliar na análise de vídeo.

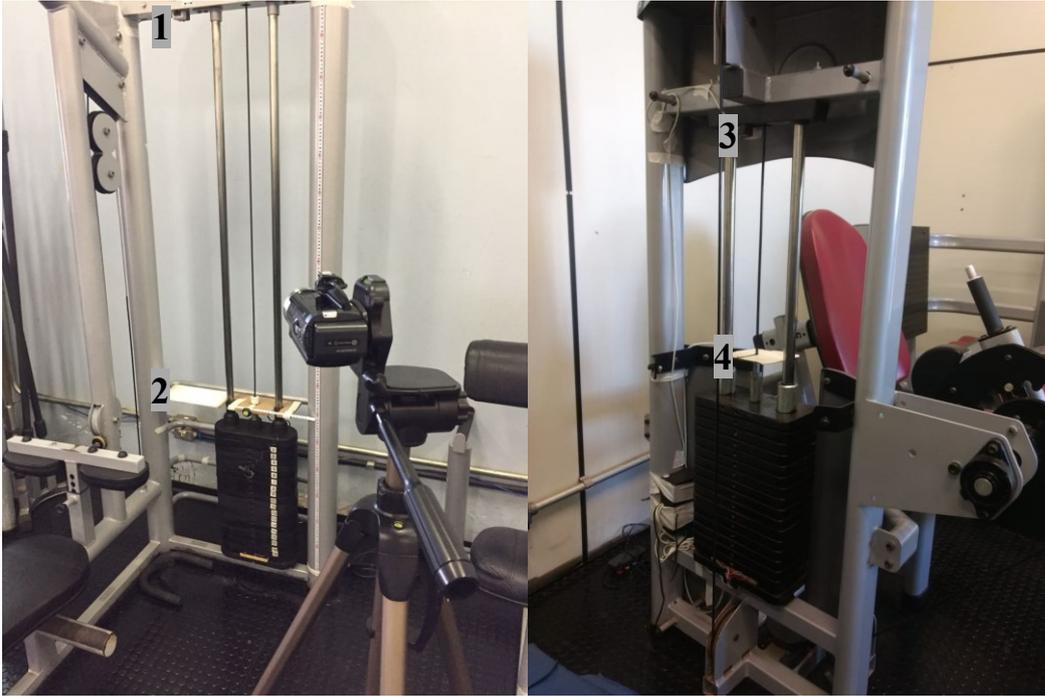


Figura 1: Puxador e Cadeira Extensora equipados com SI e câmera posicionada para coleta de dados.

Legenda: 1,3= sensor , 2,4 = placa de leitura

Análise estatística

Os resultados estão expressos como média \pm desvio padrão. Para as comparações entre o tempo e amplitude movimento entre os dois sistemas de coleta de dados foi utilizado o teste t de *Student*. Para estabelecer a relação entre o tempo e amplitude de movimento entre o Si e KEV foi utilizada a correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software Sigma Plot 12.0.

Resultados

Para maior parte dos resultados na variável amplitude, observa-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os dois sistemas de coleta de dados. Para cadeira extensora, CON Cad1, EXC Cad1, CON Cad2, EXC Cad2 ($p=0,00$) e para puxador, CON Cad1, EXC Cad1 ($p=0,00$), CON Cad2 ($p=0,039$). Apenas o resultado do puxador EXC Cad2 não houve diferença ($p=0,052$). As informações decorrentes deste relato estão apresentadas nas figuras 2 e 3.

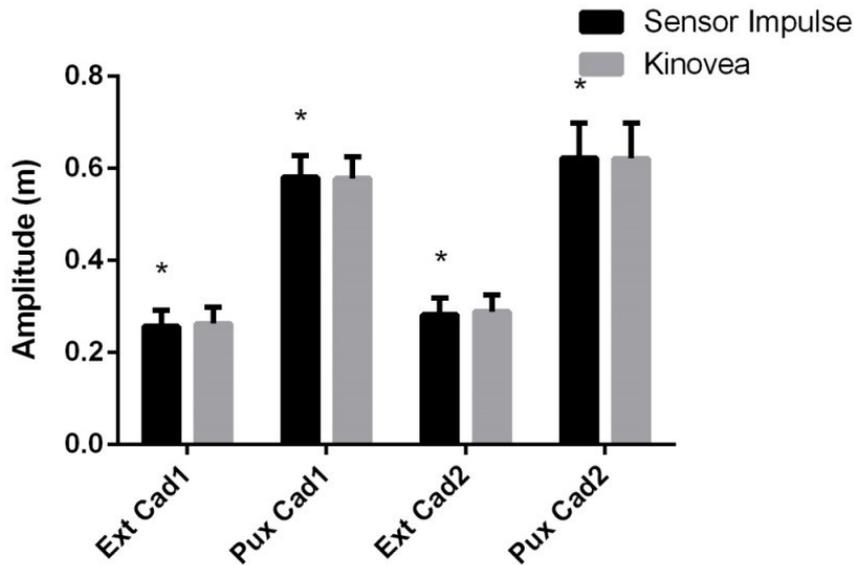


Figura 2: Amplitude da fase concêntrica

Legenda: Ext= Cadeira Extensora, Pux= Puxador, *= Diferença em relação ao Kinovea.

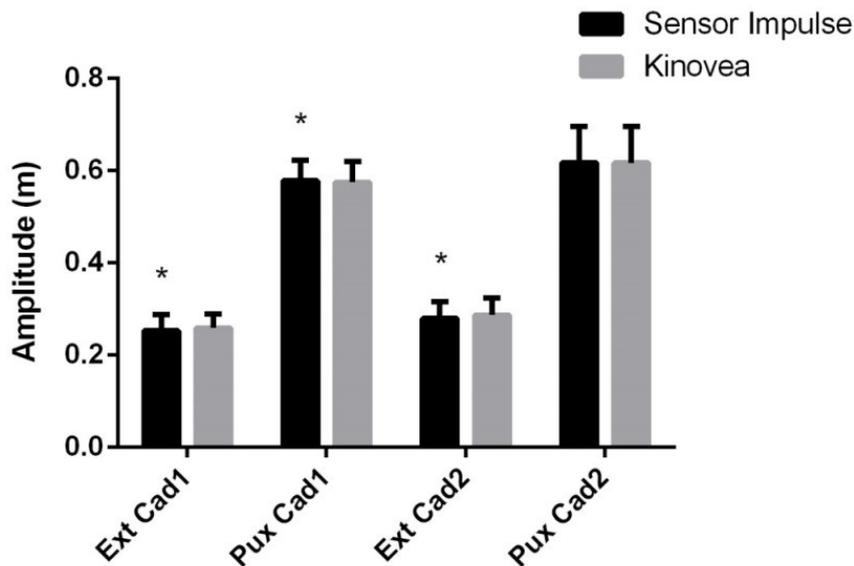


Figura 3: Amplitude da fase excêntrica

Legenda: Ext= Cadeira Extensora, Pux= Puxador, *=Diferença em relação ao Kinovea.

Por sua vez, os resultados do comparativo de tempo para cada fase do movimento, observa-se diferença significativa ($p < 0,05$) apenas em puxador EXC Cad2 ($p = 0,043$), onde na cadeira extensora CON Cad1 ($p = 0,12$), EXC Cad2 ($p = 0,69$), CON Cad2 ($p = 0,26$), EXC Cad2 ($p = 0,24$) e puxador CON Cad1 ($p = 0,82$), EXC Cad1 ($p = 0,66$), CON Cad2 ($p = 0,64$). As informações decorrentes deste relato estão apresentadas nas figuras 4 e 5.

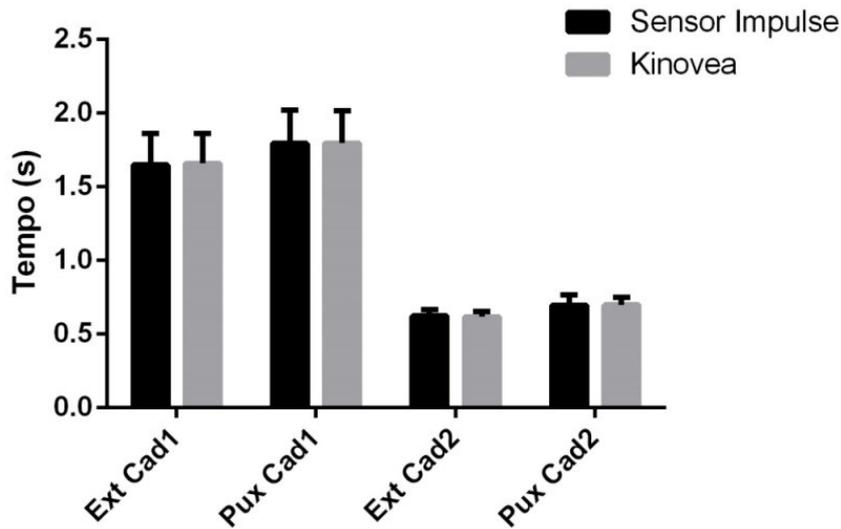


Figura 4: Tempo da fase concêntrica

Legenda: Ext= Cadeira Extensora, Pux= Puxador, *=Diferença em relação ao Kinovea.

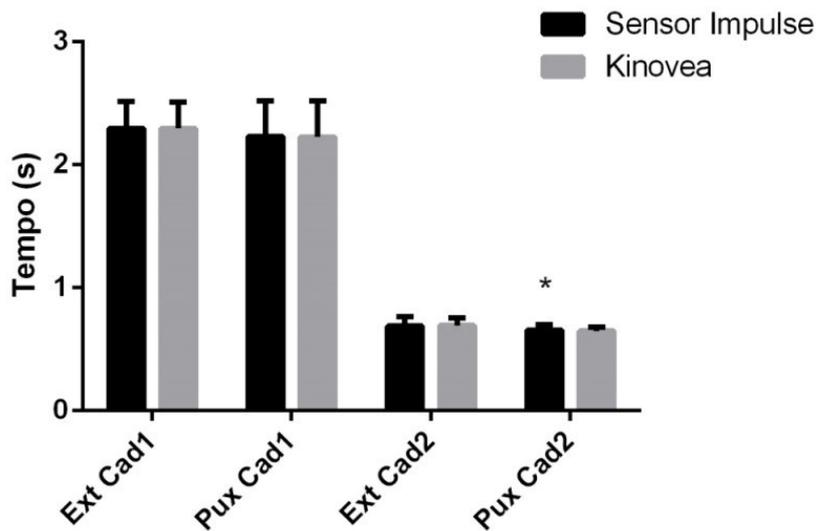


Figura 5: Tempo da fase excêntrica

Legenda: Ext= Cadeira Extensora, Pux= Puxador, *=Diferença em relação ao Kinovea.

Observamos na variável amplitude, para cadeira extensora, uma média da diferença de $0,59 \pm 0,059\text{cm}$ que significa $2,22 \pm 0,16\%$ comparada ao KEV. Para o exercício Puxador, uma média da diferença de $0,24 \pm 0,11\text{cm}$ que significa $0,41 \pm 0,20\%$ comparada ao KEV. O único valor que apresentou diferença na variável tempo foi Puxador EXC Cad2, onde a diferença foi 7,2 ms representando 1,1%. Seguem as informações nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Diferença da média da amplitude entre KEV e SI.

	KEV (m)	SI (m)	Diferença (m)	Diferença (%)
Extensora CON Cad1*	0,2571	0,2625	0,0054	2,10
Extensora EXC Cad1*	0,2531	0,2589	0,0058	2,29
Extensora CON Cad2*	0,2824	0,2883	0,0059	2,09
Extensora EXC Cad2*	0,2797	0,2865	0,0068	2,43
Puxador CON Cad1*	0,5812	0,5779	0,0033	0,57
Puxador EXC Cad1*	0,5781	0,5746	0,0035	0,61
Puxador CON Cad2*	0,6233	0,6217	0,0016	0,26
Puxador EXC Cad2	0,6183	0,6169	0,0014	0,23

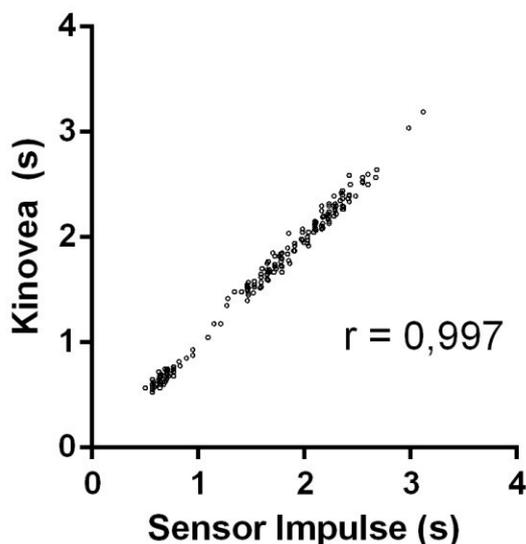
Legenda * = diferença entre KIV e SI ($p < 0,05$)

Tabela 2. Diferença da média do tempo entre KEV e SI.

	KEV (s)	SI (s)	Diferença (s)	Diferença (%)
Extensora CON Cad1	1,6492	1,6602	0,0109	0,66
Extensora EXC Cad1	2,2973	2,2945	0,0028	0,12
Extensora CON Cad2	0,6226	0,6181	0,0045	0,72
Extensora EXC Cad2	0,6879	0,6928	0,0048	0,70
Puxador CON Cad1	1,7950	1,7966	0,0016	0,09
Puxador EXC Cad1	2,2305	2,2274	0,0031	0,14
Puxador CON Cad2	0,6971	0,6990	0,0018	0,26
Puxador EXC Cad2*	0,6573	0,6501	0,0072	1,10

Legenda * = diferença entre KIV e SI ($p < 0,05$)

Houve uma forte correlação em todas as análises entre KEV e SI. Para as análises de tempo ($r = 0,997$) e amplitude ($r = 0,996$) na extensora (Figura 6 e 7, respectivamente), e para tempo ($r = 0,997$) e amplitude ($r = 0,997$) no puxador (Figura 8 e 9, respectivamente).

**Figura 6:** Tempo na cadeira extensora.

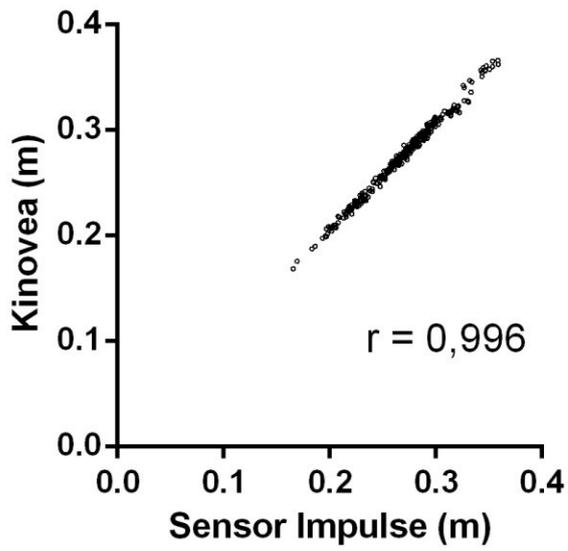


Figura 7: Amplitude na cadeira extensora.

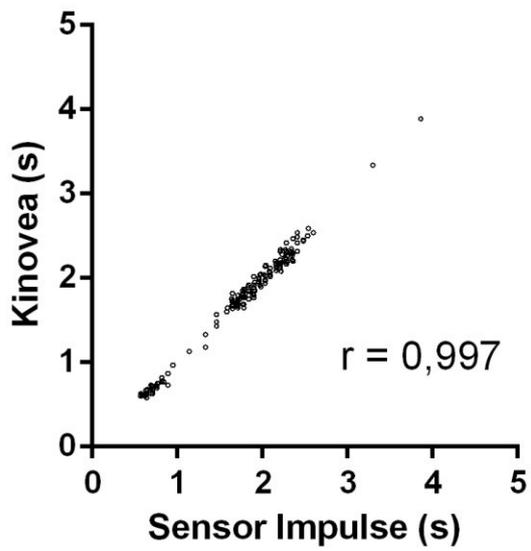


Figura 8: Tempo no puxador.

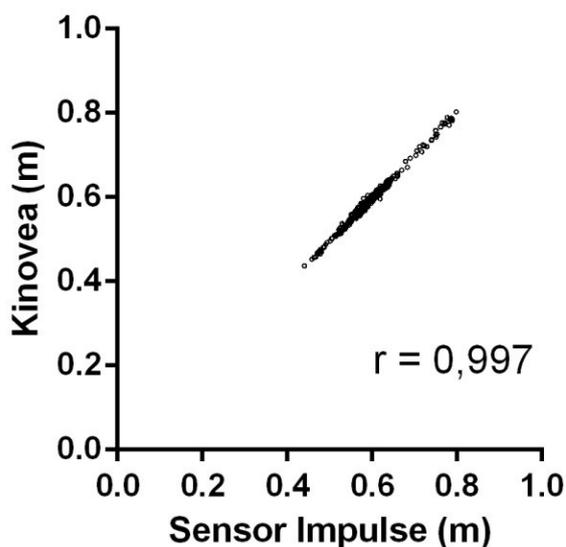


Figura 9: Amplitude no puxador.

Discussão

O presente estudo foi desenvolvido para comparar análise cinemática entre o SI e um sistema já existente e validado pela na literatura (KEV). O principal achado foi a forte correlação entre o SI comparada ao KEV e pouca diferença entre os resultados médios entre os dois sistemas de coleta de dados.

Foi encontrada diferença significativa para maior parte dos resultados de amplitude entre os dois sistemas. Uma possível explicação para esse resultado é a variação no sistema de rastreamento do KEV, visto que os marcadores que auxiliaram o cursor da ferramenta tinham dois cm de diâmetro, podendo, portanto, ter uma pequena variação em sua amplitude durante a execução. Para um melhor rastreamento em análise de vídeo, Dæhlin et al.¹³ propõe um marcador de LED acoplado ao sistema em que será analisado. Apesar de uma diferença estatística para alguns resultados, na prática não parece ser suficientemente expressiva.

Novas tecnologias de análise cinemáticas vêm sendo desenvolvidas e validadas na literatura, deixando a execução de testes mais acessível e os controles de carga mais precisos. Valores similares ao deste estudo foram encontrados por Sañudo¹⁴, que comparou um transdutor linear e análise de vídeo em Kinovea. Foram obtidos resultados de destaque para correlação entre os dois sistemas, que avaliaram a média da velocidade de propulsão e velocidade máxima da fase concêntrica, validando o equipamento através de análise cinemática de um repetição máxima durante o supino reto. Outros estudos compararam aplicativos de celular para estimar salto vertical¹⁵,

mecânica de corrida¹⁶, desempenho em *sprints*¹⁷, velocidade da barra em supino¹⁸, comparados a dispositivos já existentes e validados pela literatura.

Poucos equipamentos podem ser utilizados para testes e controle de carga do treinamento resistido em aparelhos convencionais de musculação e estes não são acessíveis para maior parte do público. Isso abre uma lacuna no processo de avaliação e progressão precisa da carga de treino para estes aparelhos.

Após o acoplamento do SI em um aparelho de musculação, que é feito de maneira rápida e fácil, a análise dos dados cinemáticos são instantâneas. Isso facilita a aplicação de testes e o monitoramento das sessões de treino, podendo acontecer à distância, e consequentemente contribuir para a melhora do desempenho do indivíduo que utiliza o sistema.

O monitoramento da velocidade de execução de um exercício pode ser usado ainda para estipular cargas ótimas de trabalho, além de prever com precisão cargas de uma repetição máxima para atletas¹⁹⁻²¹. O controle da amplitude também tende a maximizar a *performance*, tendo em vista estudos que sugerem que exercícios com maior amplitude tem uma maior demanda muscular, o que gera uma dissimilaridade de dano e tempo de recuperação comparada a amplitude parcial, afetando diretamente no ganho de força²²⁻²³.

Conclusão

Os resultados deste estudo mostraram que o SI foi sensível para a medida do tempo de deslocamento do peso, contudo, pequenas diferenças foram encontradas em relação à amplitude de movimento. A correlação entre os dois sistemas é alta e significativa e sugere que o SI tem autonomia para realizar análises cinemáticas com precisão.

Referências bibliográficas

1. Young, Warren B. "Transfer of strength and power training to sports performance." *International journal of sports physiology and performance* 1.2 (2006): 74-83.
2. Lauersen, Jeppe Bo, Thor Einar Andersen, and Lars Bo Andersen. "Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: a systematic review, qualitative analysis and meta-analysis." *Br J Sports Med* 52.24 (2018): 1557-1563.

3. Adams, Jenny, et al. "Importance of resistance training for patients after a cardiac event." *Baylor University Medical Center Proceedings*. Vol. 19. No. 3. Taylor & Francis, 2006
4. Cornelissen, Véronique A., and Robert H. Fagard. "Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials." (2005): 251-259.
5. Strasser, Barbara, and Wolfgang Schobersberger. "Evidence for resistance training as a treatment therapy in obesity." *Journal of obesity* 2011 (2010).
6. Dunstan, David W., et al. "High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes." *Diabetes care* 25.10 (2002): 1729-1736.
7. Kostka, T. "Resistance (strength) training in health promotion and rehabilitation." *Polski merkuriusz lekarski: organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego* 13.78 (2002): 520-523.
8. Williams, Tyler D., et al. "Comparison of periodized and non-periodized resistance training on maximal strength: a meta-analysis." *Sports Medicine* 47.10 (2017): 2083-2100.
9. Bird, Stephen P., Kyle M. Tarpenning, and Frank E. Marino. "Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness." *Sports medicine* 35.10 (2005): 841-851.
10. Haff, G. Gregory. "Quantifying workloads in resistance training: a brief review." *Strength and Cond* 10 (2010): 31-40.
11. Kaufmann, Rolf, et al. "A time-of-flight line sensor: development and application." *Optical Sensing*. Vol. 5459. International Society for Optics and Photonics, 2004.
12. Roberts, Chris M. "Radio frequency identification (RFID)." *Computers & security* 25.1 (2006): 18-26.
13. Dæhlin, Torstein E., Tron Krosshaug, and Loren ZF Chiu. "Enhancing digital video analysis of bar kinematics in weightlifting: A case study." *The Journal of Strength & Conditioning Research* 31.6 (2017): 1592-1600.
14. Sañudo, Borja, et al. "Validation of a video analysis software package for quantifying movement velocity in resistance exercises." *Journal of strength and conditioning research* 30.10 (2016): 2934-2941.
15. Haynes, Thomas, et al. "The validity and reliability of the my jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance." *The Journal of sports medicine and physical fitness* (2018).
16. Balsalobre-Fernández, Carlos, Hovannes Agopyan, and Jean-Benoit Morin. "The validity and reliability of an iPhone app for measuring running mechanics." *Journal of applied biomechanics* 33.3 (2017): 222-226.
17. Romero-Franco, Natalia, et al. "Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods." *European journal of sport science* 17.4 (2017): 386-392.
18. Balsalobre-Fernández, Carlos, et al. "Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise." *Journal of sports sciences* 36.1 (2018): 64-70.
19. Conceição, Filipe, et al. "Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises." *Journal of sports sciences* 34.12 (2016): 1099-1106.

20. Loturco, Irineu, et al. "Using bar velocity to predict maximum dynamic strength in the half-squat exercise." *International journal of sports physiology and performance* 11.5 (2016): 697-700.
21. Loturco, Irineu, et al. "Load-Velocity Relationship in National Paralympic Powerlifters: A Case Study." *International journal of sports physiology and performance* (2018): 1-13.
22. Baroni, Bruno M., et al. "Full range of motion induces greater muscle damage than partial range of motion in elbow flexion exercise with free weights." *The Journal of Strength & Conditioning Research* 31.8 (2017): 2223-2230.
23. Valamatos, Maria João, et al. "Influence of full range of motion vs. equalized partial range of motion training on muscle architecture and mechanical properties." *European journal of applied physiology* 118.9 (2018): 1969-1983.