

UNIVERSIDADE SANTO AMARO

CURSO DE FISIOTERAPIA

Mayara Gurgel Gonçalves

**MICROSOFT KINECT PARA O ESTUDO DA BIOMECÂNICA
APLICADA AO ESPORTE: ANÁLISE DA APLICABILIDADE E
LIMITAÇÕES**

SÃO PAULO

2021

Mayara Gurgel Gonçalves

**MICROSOFT KINECT PARA O ESTUDO DA BIOMECÂNICA
APLICADA AO ESPORTE: ANÁLISE DA APLICABILIDADE E
LIMITAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Fisioterapia da Universidade
Santo Amaro - UNISA, como requisito parcial
para obtenção do título Bacharel em
Fisioterapia.

Orientador: Prof. Me. Thiago Domingues
Stocco

SÃO PAULO

2021

Mayara Gurgel Gonçalves

**MICROSOFT KINECT PARA O ESTUDO DA
BIOMECÂNICA APLICADA AO ESPORTE: ANÁLISE DA
APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Fisioterapia da
Universidade Santo Amaro - UNISA, como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Fisioterapia.

Data da Aprovação: 19/05/2021



Prof. Me. Thiago Domingues Stocco
(Orientador)

Conceito final: **9,0**

G627p Gonçalves, Mayara Gurgel

Microsoft Kinect para o estudo da biomecânica aplicada ao esporte: análise da aplicabilidade e limitações / Mayara Gurgel Gonçalves. – São Paulo, 2021.

27f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Fisioterapia) – Universidade Santo Amaro, 2021.

Orientador(a): Prof. Me. Thiago Domingues Stocco

1. Desempenho Atlético. 2. Biomecânica. 3. Cinética. 4. Cinemática. 5. Esportes. I. Stocco, Thiago Domingues, orient. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

Elaborado por Maria Lucélia Souza Miranda – CRB 8 / 7177

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, causa primordial de todas as coisas. E aos meus pais, pilares da minha formação como ser humano”

AGRADECIMENTOS

Aos professores da Universidade Santo Amaro (UNISA), pela oportunidade e por todo aprendizado dentro desses quatro anos, e, em especial, ao meu orientador Prof. Me. Thiago Domingues Stocco pelo incentivo durante todo o trajeto. Seu exemplo profissional foi essencial para a conclusão deste trabalho e sua motivação para concluir este curso. E, aos meus colegas da graduação, obrigada pelo aprendizado e convivência!

“Não é o que você faz, mas quanto amor você dedica no que faz que realmente importa”

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

Introdução: A população tem investido em formas de melhorar as condições de saúde e a qualidade de vida através da prática esportiva. Apesar da importância da atividade física na manutenção de um padrão de vida saudável, a prática inadequada de esportes pode determinar o aumento na frequência de lesões. A avaliação cinemática quantitativa do movimento, é uma análise numérica que se baseia nos movimentos descritos com maior precisão, podendo assim identificar o risco de lesões, e a obtenção desses dados são capturados através de ferramentas que convertem as imagens bidimensionais para tridimensionais. O sensor Microsoft Kinect é um dispositivo de detecção do movimento de vídeo tridimensional (3D), a possibilidade de utilizar para análise cinemática levantando uma opção sem marcadores e com captação de 25 pontos de articulações humanas, e, por ser um sensor de movimento eficiente, econômico, confiável e portátil, a análise cinemática quantitativa pode ser realista. **Objetivos:** O objetivo deste estudo é avaliar a capacidade da câmera de profundidade Microsoft Kinect como uma ferramenta de vídeo tridimensional (3D) para análise biomecânica aplicada ao esporte. **Metodologia:** O trabalho corresponde a um estudo de revisão de literatura integrativa, de artigos científicos oriundos das bases de dados MEDLINE, PEDro, LILACS, SciELO, sem restrição de idiomas e datas, utilizando os descritores *Athletic performance; Biomechanics; Kinetics; Kinematics; Sports* e seus respectivos na língua portuguesa. Foram incluídos ensaios clínicos que abordaram a análise do movimento humano a partir do uso do sistema Microsoft Kinect em algum gesto esportivo. **Resultados e Discussão:** Após a coleta de dados e seleção criteriosa foram incluídos 10 artigos para esta revisão com o ano de publicação entre 2014-2019. Em geral, este estudo observou que a maior limitação do Kinect é a sua taxa de amostragem de apenas 30Hz. Com melhorias nos softwares e maiores estudos, da Microsoft Kinect pode se tornar um substituto econômico, portátil e de fácil aplicação na ferramenta clínica da avaliação cinemática quantitativa do movimento. **Conclusão:** Os artigos inclusos no presente estudo demonstraram que o Microsoft Kinect é uma ferramenta de baixo custo, portátil e de fácil manuseio, que realiza uma avaliação cinemática quantitativa eficaz para movimentos de baixo impacto no plano sagital dos membros inferiores e equilíbrio dinâmico. E tem aplicações potenciais como ferramenta de feedback em tempo real e avaliação dos parâmetros espaço-temporais da marcha.

Palavras-chave: Desempenho Atlético. Biomecânica. Cinética. Cinemática. Esportes.

ABSTRACT

Introduction: The population has invested in ways to improve health conditions and quality of life through sports. Despite the importance of physical activity in maintaining a healthy standard of living, the inappropriate practice of sports can determine the increase in the frequency of injuries. The quantitative kinematic evaluation of the movement is a numerical analysis that is based on the movements described with greater precision, thus being able to identify the risk of injuries, and the obtaining of this data is captured through tools that convert the two-dimensional images to three-dimensional ones. The Kinect sensor is a three-dimensional (3D) video motion detection device, with the possibility of using the Microsoft Kinect sensor for kinematic analysis, it raises an option without markers and capturing 25 points of human joints, and, because it is a sensor of efficient, economical, reliable, and portable movement, quantitative kinematic analysis can be realistic. **Objectives:** The aim of this study is to evaluate the capability of the Microsoft Kinect depth camera as a three-dimensional (3D) video tool for biomechanical analysis applied to sport. **Methodology:** The work corresponds to an integrative literature review study, of scientific articles from the MEDLINE, PEDro, LILACS, SciELO databases, without restriction of languages and dates, using the descriptors *Athletic performance; Biomechanics; Kinetics; Kinematics; Sports* and their respective in the Portuguese language. Clinical trials that addressed the analysis of human movement from the use of the Microsoft Kinect system in some sporting gestures were included. **Results and Discussion:** After data collection and careful selection, 10 articles were included for this review with the year of publication between 2014-2019. In general, this study noted that the biggest limitation of Kinect is its sample rate of only 30Hz and with improvements in Microsoft Kinect software and further studies, it can make it an economical, portable, and easy-to-apply substitute in the clinical tool of quantitative kinematic evaluation of the movement. **Conclusion:** The articles included in the present study demonstrated that Microsoft Kinect is a low-cost, portable, and easy-to-use tool that performs an effective quantitative kinematic assessment for low impact movements in the sagittal plane of the lower limbs and dynamic balance. And it has potential applications as a tool for real-time feedback and evaluation of gait space-time parameters.

Keywords: Athletic performance. Biomechanics. Kinetics. Kinematics. Sports.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	METODOLOGIA	15
4	RESULTADOS	16
5	DISCUSSÃO.....	19
5.1	Posicionamento do sensor Microsoft Kinect.....	149
5.2	Versões do sensor Microsoft Kinect.....	149
5.3	Análise dos gestos esportivos	21
5.3.1	Caminhada e corrida	21
5.3.2	Agachamento bipodal.....	21
5.3.3	Agachamento unipodal.....	22
5.3.4	Equilíbrio dinâmico	22
5.3.5	Salto Vertical da queda bipodal.....	23
5.3.6	Aterrissagem bipodal e unipodal	24
5.4	Softwares	24
5.5	Limitações	25
6	CONCLUSÃO	26
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A população tem investido em formas de melhorar as condições de saúde e a qualidade de vida através da prática esportiva¹. Apesar da importância da atividade física na manutenção de um padrão de vida saudável, a prática inadequada de esportes pode determinar o aumento na frequência de lesões, tornando alguns atletas mais suscetíveis as lesões no aparelho locomotor levando a inúmeras alterações de saúde a curto e longo prazo^{1,2}.

A biomecânica analisa de forma crítica os movimentos do corpo humano e identifica parâmetros mecânicos capazes de influenciar no rendimento esportivo e a melhorar a qualidade de vida estudando a geometria do movimento (cinemática) ou as causas do movimento (cinética)³. A compreensão da cinemática humana é importante para várias áreas relacionadas à saúde e para o esporte, possibilitando uma análise do movimento humano em condições normais ou alteradas⁴. O estudo biomecânico do tipo, localização e gravidade das lesões que podem ocorrer em determinado esporte é importante para verificação do desempenho funcional e para prevenção de lesões em atletas, proporcionando estratégias para reduzir a incidência e a gravidade das lesões durante os gestos esportivos^{2,5,6}.

A avaliação cinemática qualitativa, é uma avaliação clínica da análise do movimento humano, sendo um processo intuitivo e subjetivo (com observação visual, questionários ou avaliações funcionais) por parte dos profissionais da saúde^{4,7}. A avaliação cinemática quantitativa do movimento, é uma análise numérica que se baseia nos movimentos descritos com maior precisão, podendo assim identificar o risco de lesões⁸.

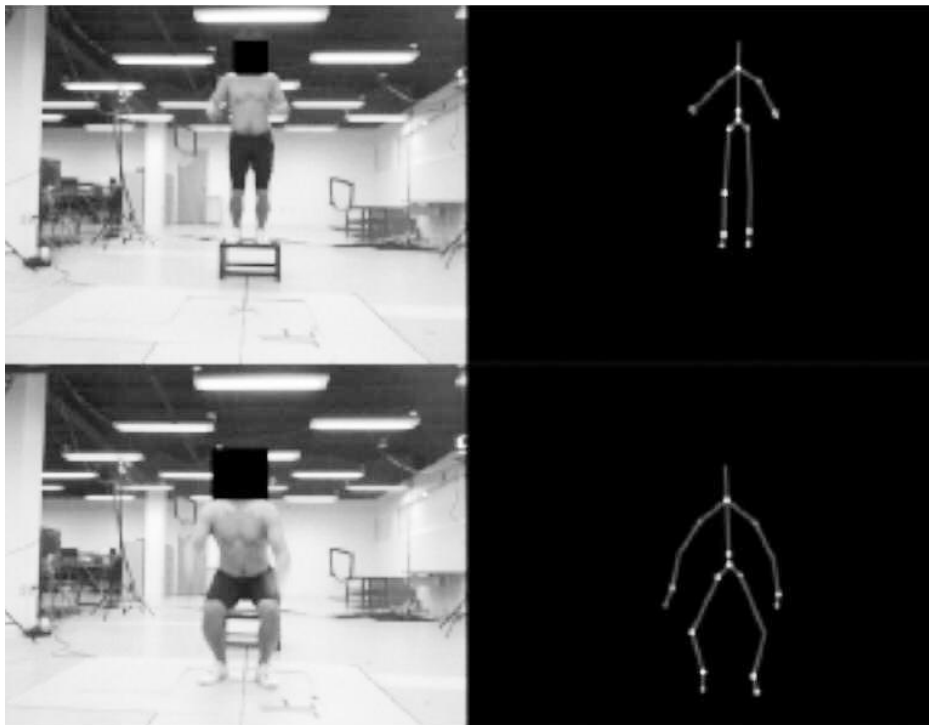
As análises do movimento humano idealmente são realizadas utilizando sistemas de movimentos de vídeos tridimensionais (3D) para medir a cinemática de segmentos corporais, tendo diversas aplicações relacionadas à análise da marcha, reabilitação, desempenho esportivo, assistência robótica e feedback⁹.

No ambiente laboratorial da análise de movimento humano os métodos de avaliação da cinemática quantitativa como Vicon, Qualys, Polhemus, MVN e MotionStar, apesar de serem ferramentas úteis para identificação de indivíduos que podem estar em risco aumentado de lesão, pelo seu alto custo financeiro e

conhecimento técnico necessário para coletar e gerenciar os dados do paciente, necessidade de uso de marcadores e tempo de calibração, podem não ser opções realistas em clínicas de fisioterapia, treinamento atlético ou clínicas de desempenho esportivo^{9,10,11,12}.

O sensor Microsoft Kinect é um dispositivo de detecção do movimento de vídeo tridimensional (3D), desenvolvido pela Microsoft em 2010 para uso em entretenimento doméstico, evoluindo com a segunda versão lançada em 2013, podendo registrar até 6 pessoas de forma simultânea com ótima precisão em vários tipos de ambientes (Figura 1)¹¹.

Figura 1 – Sensor Microsoft Kinect para detecção do movimento.



Fonte: (ELTOUKHY¹², 2016)

Os sensores possuem hardware composto por um sensor infravermelho capaz de escanear o ambiente de forma tridimensional, além de uma câmera que captura cores separadas (câmeras RGB-D) e dados de profundidade 512x424 a 30 Hz^{6,10,13} (Figura 2).

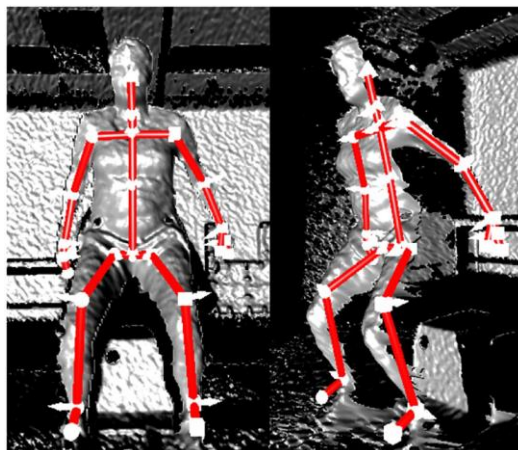
Figura 2 – Dados de profundidade de 512x424



Fonte: (KOB SAR¹⁴, 2019)

A possibilidade de utilizar o sensor Kinect para análise cinemática levanta uma opção sem marcadores e com captação de 25 pontos de articulações humanas (Figura 3), e, por ser um sensor de movimento eficiente, econômico, confiável e portátil, a análise cinemática quantitativa pode ser potencialmente realista^{6,9,10,11,12,13}.

Figura 3 – Pontos de articulações humanas.



Fonte: (GRAY⁶, 2017)

Desta forma, a hipótese desse trabalho é que a análise biomecânica do gesto esportivo possa ser realizada de uma forma mais acessível com o sistema Microsoft Kinect.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é avaliar a capacidade da câmera de profundidade do sensor Microsoft Kinect como uma ferramenta de vídeo tridimensional (3D) para análise biomecânica aplicada ao esporte.

2.2 Objetivos específicos

- Fornecer evidências da reprodutibilidade do sistema Microsoft Kinect no esporte;
- Evidenciar qual gesto esportivo o sensor Microsoft Kinect é capaz de realizar a análise biomecânica;
- Avaliar se o sensor Microsoft Kinect é uma ferramenta tridimensional acessível para o estudo biomecânico aplicado ao esporte.

3 METODOLOGIA

O trabalho corresponde a um estudo de revisão de literatura integrativa, de artigos científicos oriundos das bases de dados *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE)*, *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*, Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Scientific Eletronic Library Online (SciELO)*, sem restrição de idiomas e datas.

A coleta dos dados da literatura foi realizada no período de janeiro a março de 2021, utilizando a combinação das seguintes palavras-chave de acordo com os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): Desempenho Atlético; Biomecânica; Cinética; Cinemática; Esportes, na língua portuguesa; e *Athletic performance; Biomechanics; Kinetics; Kinematics; Sports* na língua inglesa.

Como critérios de inclusão foram selecionados artigos que abordaram a análise do movimento humano a partir do uso do sensor Microsoft Kinect em algum gesto esportivo. Foram excluídos da pesquisa artigos de revisão de literatura, meta-análises, protocolos, relatos de casos e observações clínicas.

4 RESULTADOS

Foram encontrados 3.498 artigos científicos de possível elegibilidade quando pesquisados com os descritores citados acima dos quais 3.342 foram selecionados após remover os duplicados e 25 após a triagem inicial dos artigos que não utilizaram o Kinect como ferramenta de avaliação ou não era relacionado com algum esporte, 15 foram removidos pelos critérios de exclusão estabelecidos para o estudo, resultando em 10 artigos para esta revisão. O fluxograma dessa pesquisa pode ser visualizado na figura 4.

Figura 4 – Fluxograma de pesquisa nas bases de dados



Fonte: O Autor (2021)

Os artigos incluídos para esta revisão são os publicados entre 2014-2019. Todos com ênfase no sensor Microsoft Kinect como ferramenta de análise da biomecânica aplicada a prática esportiva. Os resumos dos dados dos estudos referentes ao Kinect na análise biomecânica tais como objetivos, tamanho da amostra, software utilizado, gesto esportivo e principais achados estão descritos no quadro 1.

Quadro 1 – Principais achados do sensor Microsoft Kinect para avaliação biomecânica aplicada ao esporte.

Autor (ano)	Amostra	Objetivo	Software do Microsoft Kinect	Gesto esportivo	Principais achados
Pfister et al. (2014) ¹⁵ .	20	Avaliar a validade do sensor Microsoft Kinect V1.	Brekel Kinect.	Marcha durante caminhada e corrida.	Com alguns ajustes o sensor Microsoft Kinect V1 pode se tornar uma ferramenta apropriada.
Mentiplay et al. (2015) ¹⁶ .	30	Avaliar a validade do sensor Microsoft Kinect V2.	Microsoft Kinect SDK V2.	Marcha durante caminhada e corrida	O sensor Microsoft Kinect V2 demonstra grande potencial.
Eltoukhy et al. (2016) ¹² .	10	Avaliar a validade sensor Microsoft Kinect V2.	NuiCapture.	Salto vertical da queda bipodal, agachamento bipodal e unipodal.	O sensor Microsoft Kinect V2 pode não ser um substituto adequado para análise tecnológica de movimento tradicional.
Eltoukhy et al. (2016) ¹⁷ .	10	Avaliar a validade do sensor Microsoft Kinect V2.	Microsoft Kinect SDK V2.	Marcha durante caminhada e corrida	O sensor Microsoft Kinect V2 é potencialmente uma ferramenta clínica eficaz.
Eltoukhy et al. (2017) ¹⁸ .	10	Avaliar a validade do sensor Microsoft Kinect V2.	Microsoft Kinect SDK V2.	Star Excursion Balance Test (equilíbrio dinâmico).	O sensor Microsoft Kinect V2 tem potencial para avaliar a postura cinemática da perna de uma maneira válida.

Legenda: SDK= *Software Development Kit*

Fonte: O Autor (2021)

Continuação – Quadro 1 – Principais achados do sensor Microsoft Kinect para avaliação biomecânica aplicada ao esporte.

Autor (ano)	Amostra	Objetivo	Software do Microsoft Kinect	Gesto esportivo	Principais achados
Gray et al. (2017) ⁶ .	38	Comparar o sensor Microsoft Kinect V2 com um sistema de captura de movimento Vicon.	Microsoft Kinect SDK V2.	Salto vertical da queda bipodal.	O sensor Microsoft Kinect V2 mostrou excelente correlação com um sistema de captura de movimento Vicon.
Mentiplay et al. (2018) ¹⁹ .	30	Avaliar a confiabilidade do sensor Microsoft Kinect V2.	LabView	Salto vertical da queda bipodal e agachamento unipodal.	O sensor Microsoft Kinect V2 demonstrou boa a excelente confiabilidade.
Mortazavi et al. (2018) ²⁰ .	13	Avaliar a estabilidade do sensor Microsoft Kinect V2 comparado ao sensor Microsoft Kinect V1.	Microsoft Kinect SDK V2.	Exercício de alongamento estático.	O sensor Microsoft Kinect V2 é mais seguro comparando com o sensor Microsoft Kinect V1.
Kobsar et al. (2019) ¹⁴ .	16	Avaliar a validade de medidas de oscilações verticais comparando o sensor Microsoft Kinect V2 com o sistema de captura de movimento Vicon.	Microsoft Kinect SDK V2.	Marcha durante caminhada e corrida.	O sensor Microsoft Kinect V2 é um novo método de rastreamento para medir com precisão a oscilação vertical na marcha e corrida.
Tipton et al. (2019) ²¹ .	20	Avaliar a validade e confiabilidade do sensor Microsoft Kinect V2.	Brekel Kinect.	Aterrisagem unipodal e bipodal.	O sensor Microsoft Kinect V2 não fornece informações adequadas o suficiente.

Legenda: SDK= *Software Development Kit*

Fonte: O Autor (2021)

5 DISCUSSÃO

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a capacidade do sistema Microsoft Kinect como uma ferramenta de vídeo tridimensional para análise biomecânica aplicada ao esporte. No geral, este estudo observou maior eficácia do sensor Microsoft Kinect quando posicionado de forma que diminuísse as oclusões ocorridas pelo movimento e conforme os avanços das versões e softwares adaptados de forma adequada, o sensor Microsoft Kinect pode ser uma opção realista para análise do movimento humano.

5.1 Posicionamento do sensor Microsoft Kinect.

Pfister et al.¹⁵ não indicaram a forma de posicionamento e distância do sensor Microsoft Kinect. Mortazavi et al.²⁰ realizaram os exercícios com uma distância de 2m do Kinect e posteriormente à distância de 3m da câmera, perceberam com os resultados que o Kinect se mostrou mais estável para medição das articulações dos membros inferiores quando o indivíduo estava a 2m da câmera do Kinect. Kobsar et al.¹⁴ também realizaram o estudo usando o Kinect a 2m de distância do sujeito. Eltoukhy et al.¹² utilizaram a 1,35m. Os outros estudos, que correspondem a um total de 60% optaram por utilizar o sensor Microsoft Kinect a 2,5m de distância do sujeito^{6,15,16,17,18,21}

Zerpa et al.⁹ destacaram a importância de posicionar a câmera do Kinect em um local e distância adequados para reconstruir uma imagem, demonstrando maior evidência confiável do deslocamento do ombro apenas do lado em que o equipamento está localizado, e reconhecendo de forma mais consistente as articulações mais próximas da câmera, como as do ombro e joelho.

Sem explicitar o método de realização e preparação, nenhum estudo citou quaisquer protocolos que tenham seguido em termos de posicionamento do sensor Microsoft Kinect.

5.2 Versões do sensor Microsoft Kinect.

As tecnologias Microsoft Kinect V1 e V2 aplicam informações detalhadas e técnicas de avaliação do movimento humano tridimensional sem a necessidade da utilização de marcadores²⁰. Apesar de serem bem parecidos, ambas as versões do

sensor Kinect possuem diferenças que podem influenciar na validação dos dados obtidos, podendo ser observadas no quadro 2.

Quadro 2 - Características de cada versão do sensor Microsoft Kinect:

	Kinect V1	Kinect V2
Preço	R\$160,00	R\$450,00
Lançamento	2010	2013
Cabo adaptador	R\$30,00	R\$230,00
Pontos Anatômicos	20	25
Motor de inclinação	Necessita	Não necessita
Versão do sistema operacional	Windows 7 e 8	Windows 10
Quantidade de trabalhos publicados	2	9
Quantidade de trabalhos com resultados promissores do sensor Microsoft Kinect	0	7

Fonte (O AUTOR 2021)

Pfister et al.¹⁵ realizaram um estudo com o Kinect versão 1, do Xbox 360. Vinte indivíduos saudáveis, foram rastreados enquanto caminhavam e corriam em uma esteira, utilizando o software Brekel Kinect em comparação ao software Vicon Nexus. O pico de flexão e extensão do quadril e joelho e tempo de passada foram as medições analisadas. Embora as medições do Kinect eram representativas na marcha normal, ele subestimava a flexão e superestimava a extensão. As medições do joelho do Kinect foram um pouco melhores do que o quadril, mas ainda assim inconsistente para avaliação clínica. Houve baixo erro e alta correlação entre a passada do Kinect e Vicon, com o Kinect tendo menor variabilidade nas medições na velocidade mais lenta.

No estudo de Mortazavi et al.²⁰ comparando o Kinect V1 com o Kinect V2, a versão mais antiga se mostrou menos segura na sua aplicação analisando a amplitude de movimento em exercícios de membros superiores de alongamento estático.

O sensor Microsoft Kinect V2 se mostra com mais confiabilidade quando comparado com o Kinect da primeira geração, entretanto, com necessidade de

cuidados para sua aplicação na prática clínica. Em alguns gestos esportivos se mostrou mais eficiente do que em outros.²⁰

5.3 Análise dos gestos esportivos.

Avaliação quantitativa dos gestos esportivos através de análise do movimento tridimensional pode render informações críticas sobre o membro inferior, identificando precocemente o risco de lesões e acompanhando o desempenho atlético em tempo real^{6,8,17,18,20,21}.

5.3.1 Caminhada e corrida.

Os três estudos que analisaram a caminhada e corrida utilizaram o software Microsoft Kinect SDK 2.0^{16,17,14}. Mentiplay et al.¹⁶ e Eltoukhy et al.¹⁷ examinaram a validade e confiabilidade dos parâmetros cinemáticos (flexão de tornozelo e joelho e flexão e adução de quadril) e espaço-temporais (velocidade, variabilidade da velocidade, comprimento e largura da passada, deslocamento pélvico) da marcha usando o Kinect V2 em comparação com um sistema de rastreamento de análise do movimento tridimensional. As medidas espaço-temporais tiveram validade concorrente consistentemente excelente com exceção da variabilidade da velocidade da marcha em ritmo acelerado e deslocamento pélvico, em ambos os estudos. Mentiplay et al.¹⁶ teve baixa validade dos dados cinemáticos, e Eltoukhy et al.¹⁷ indicaram que o Kinect é uma ferramenta aceitável para avaliar no plano sagital a amplitude de movimento do quadril e joelho, mas com limitações na cinemática da amplitude de movimento do tornozelo. Portanto, embora o Kinect V2 não consiga obter os dados cinemáticos da extremidade inferior do corpo com precisão, ele mostra grande potencial como ferramenta para medir aspectos espaço-temporais da marcha.^{16,17}

Kobsar et al.¹⁴ avaliaram a oscilação vertical durante a marcha e corrida em uma esteira em velocidade padrão de 2,7m/s. No geral eles avaliaram que a câmera de profundidade Kinect V2 demonstrou excelente acordo com o sistema Vicon, medindo com precisão a oscilação vertical durante a marcha e corrida.

5.3.2 Agachamento bipodal.

Para realização do agachamento bipodal os indivíduos foram instruídos a ficar com os pés um pouco além da largura dos ombros, com um bastão de 120 cm nas mãos, que foram posicionadas mais afastadas do que a largura dos ombros⁸. Antes do exercício os participantes ficavam com o bastão na altura da cintura e quando iniciasse o movimento elevava acima da cabeça concluindo o agachamento até a profundidade máxima, e terminava a captura do movimento quando o participante voltava a posição inicial¹². Eltoukhy et al.¹² identificaram que o pico de ângulo de flexão do joelho e quadril no plano sagital encontrados foram significativamente consistentes e tem um acordo absoluto significativo quando diretamente comparados o sistema de Microsoft Kinect ao sistema de câmeras BTS, e não foi encontrada consistência significativa ou concordância absoluta entre o pico de ângulos do joelho ou quadril no plano frontal.

5.3.3 Agachamento unipodal.

Os participantes foram instruídos a começar com os dois pés no chão e fazer a transição para uma posição de membro único para iniciar a captura de movimento¹². Eltoukhy et al.¹² identificaram que o pico de ângulo de flexão do joelho e quadril no plano sagital encontrados foram significativamente consistentes e tem um acordo absoluto significativo quando diretamente comparados o sistema de Microsoft Kinect ao sistema de câmeras BTS, e não foi encontrada consistência significativa ou concordância absoluta entre o pico de ângulos do joelho ou quadril no plano frontal.

No estudo de Mentiplay et al.¹⁹ os participantes agachavam com as mãos colocadas nos quadris até aproximadamente 60° de flexão de joelho com apenas um pé. O Kinect V2 demonstrou entre as sessões de boa a excelente confiabilidade para todas as variáveis cinemáticas para a tarefa de agachamento unipodal.

5.3.4 Equilíbrio dinâmico.

Medidas de equilíbrio dinâmico são usadas como ferramentas para avaliar risco de lesão na extremidade inferior, bem como melhorias clínicas em relação a cuidados de reabilitação em populações fisicamente ativas¹⁸.

O estudo de Eltoukhy et al.¹⁸ os participantes realizavam o SEBT enquanto eram monitorados simultaneamente por um sistema de captura de movimento baseado em câmeras e um único sensor Microsoft Kinect. Realizaram o teste

descalço, com as mãos nos quadris, com o pé não dominante alcançar o ponto mais distante ao longo da direção indicada com a parte distal do pé, e depois voltar a posição inicial de duplo apoio. Na direção de alcance anterior, diferenças significativas entre os sistemas estiveram presentes no plano frontal do quadril e no plano sagital do ângulo da articulação do joelho. Com base nas descobertas eles avaliaram que o Kinect oferece consistência e acordo com o sistema de captura de movimento 3DMA para desempenho de alcance do SEBT; e com exceção do movimento do quadril no plano frontal, o Kinect teve de boa a excelente consistência e concordância na avaliação da cinemática da perna de apoio.

Eltouky et al.¹⁸ concluem então, que o Kinect pode ser usado para avaliar a postura cinemática da perna de uma maneira válida, com exclusão do movimento do quadril durante a distância de alcance posterolateral.

5.3.5 Salto vertical da queda bipodal.

Gray et al.⁶ utilizaram o Microsoft Kinect para obter a separação do joelho-tornozelo (KARS) durante o salto vertical da queda (em uma plataforma de 31cm de altura, o indivíduo cai da plataforma para o solo e imediatamente realiza um salto vertical máximo com os dois pés) no contato inicial (IC) e pico de flexão (PF) comparando com o sistema de captura de movimento Vicon. O software Microsoft Kinect SDK não detectou com precisão o IC e PF em 8 de 190 saltos (4,2%). Mostrando excelente correlação com o sistema “padrão ouro” de captura de movimento Vicon na identificação do KASR no IC e PF durante o salto vertical da queda.

No estudo de Mentiplay et al.¹⁹ os participantes do estudo realizaram o salto vertical da queda em uma caixa de 30cm de altura, foi solicitado que caísse da plataforma com ambos os pés e pular imediatamente realizar um salto vertical máximo, estendendo os braços acima da cabeça. Os resultados deste estudo demonstraram que o Kinect V2 fornece medidas altamente confiáveis da cinemática do tronco, quadril e joelho durante o salto vertical da queda.

Eltoukhy et al.¹² realizaram a aterrissagem de uma caixa de 30cm de altura, instruindo os participantes a pular horizontalmente da caixa e realizar um salto máximo vertical imediatamente após o pouso. O pico de flexão do joelho e quadril adquiridos

mostraram ser significativamente consistentes utilizando o sistema Microsoft Kinect no plano sagital, e no plano frontal verificou-se que o ângulo máximo do valgo do joelho apresentava valores absolutos significativos.

5.3.6 Aterrissagem bipodal e unipodal.

No estudo de Tipton et al.²¹ foram avaliados a cinemática do joelho no plano frontal e sagital dos indivíduos durante as atividades de pouso de impacto, as atividades consistiram em cair de uma caixa de 30cm de altura com aterrissagem em uma perna só, testada bilateralmente e cair da mesma caixa, pousando com os ambos os pés, girando 90° usando a perna em teste para empurrar para o lado ipsilateral, testado em ambas as pernas. A precisão do sensor Microsoft Kinect quando o pico de movimento do joelho nos planos sagital e frontal foi comparada com a análise de movimento do sistema Vicon provou ter menos eficácia, sugerindo que o sensor Microsoft Kinect não pode ser validado para uso em clínicas para atividades de alto impacto.

5.4 Softwares

Dos 10 artigos estudados, 6 tiveram a preferência da utilização do Microsoft Kinect SDK 2.0, indicado como um software sem custo e de fácil manuseio, ele é um pacote personalizável que permite que os investigadores desenvolvam um aplicativo para avaliar as medidas desejadas^{6,14,16,17,18,20}.

O software Brekel Kinect compatível com ambas as versões do sensor Microsoft Kinect, foi utilizada em 2 estudos, sendo um software gratuito para o Kinect V1 e com custo adicional para o V2^{15,21}. Por ser bastante acessível e de fácil manuseio, o software Brekel é uma alternativa para quem busca sistemas óticos para análise cinemática e possibilidade de exportação do movimento em 3D em diversos formatos.

Mentiplay et al.¹⁹ optaram por utilizar um programa personalizável do LabView, que é um software de sistemas criado para aplicação de testes, medições e controles, com rápido acesso ao hardware e às informações obtidas a partir dos dados coletados.

NuiCapture utilizado por Eltoukhy et al.¹² é voltado para animação 3D e efeitos visuais com possibilidade de capturar dados do sensor Microsoft Kinect V2 com alta qualidade e baixo custo.

5.5 Limitações.

Este estudo contém algumas limitações. Apesar dos estudos compararem sistemas diferentes e versões diferentes do sensor Microsoft Kinect, nenhum estudo comparou os softwares disponíveis para o Kinect V2. Todos os participantes destas pesquisas foram indivíduos saudáveis, sem nenhuma alteração do aparelho locomotor, mas se houvesse algum estudo recrutando um público com qualquer alteração que prejudicasse o movimento resultaria positivamente no Kinect como ferramenta de feedback em tempo real. Outra limitação analisada foi que os indivíduos estudados tinham a idade entre 20 e 40 anos, por ter praticantes esportivos diferente dessas idades.

6 CONCLUSÃO

Este estudo observou que a maior limitação do sensor Microsoft Kinect é a sua taxa de amostragem de apenas 30Hz quando comparados aos de “padrão ouro” de 100Hz. Embora o sensor Microsoft Kinect tenha algumas limitações ele é uma ferramenta de baixo custo, portátil e de fácil manuseio sem a necessidade do uso de marcadores para realizar uma avaliação cinemática quantitativa eficaz para movimentos lentos, de baixo impacto e não muito distantes, como por exemplo, aterrissagem bipodal, agachamento bipodal e unipodal no plano sagital dos membros inferiores e equilíbrio dinâmico. E tem aplicações potenciais como ferramenta de feedback em tempo real e avaliação dos parâmetros espaço-temporais da marcha.

O sensor Microsoft Kinect é um grande avanço na análise do movimento humano com grande expansibilidade na fácil aplicação da captura de movimento humano com baixa demanda de tempo para calibração, sendo mais eficaz quando posicionado de forma a diminuir às oclusões ocorridas pelo movimento e conforme os avanços das versões e softwares.

Para que essa ferramenta seja validada há a necessidade de estudos complementares com uma população de faixa etária diversificada, com diferentes tipos de lesões, praticantes de diferentes esportes e relacionadas ao Kinect na biomecânica aplicada ao esporte com protocolos padronizados do distanciamento do sensor Microsoft Kinect ao indivíduo testado e softwares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cavalcanti RR, Araújo VGQ, Vasconcelos DA, Junior WRS. Avaliação Funcional do movimento: incidência do valgo dinâmico do joelho em mulheres praticantes de musculação e sedentárias. *Fisioter Pesqui* 2019; 26(2): 120-126
2. Bradshaw EJ, Hume PA. Biomechanical approaches to identify and quantify injury mechanisms and risk factors in women 's artistic gymnastics. *Sports Biomechanics* 2012; 11(3): 324-341
3. Amadio AC, Serrão JC. A biomecânica em educação física e esporte. *Revista brasileira em educação física e esporte* 2011; 25: 15-24
4. Ferreira LCV, Oliveira AO. A análise da variabilidade da marcha de indivíduos com comprometimento articular unilateral do quadril por meio de sensores inerciais. *Faculdade de Engenharia Elétrica* 2016; 59
5. Campbell RA, Bradshaw EJ, Ball NB, Pease DL, Spratford W. Injury epidemiology and risk of factors in competitive artistic gymnastics: a systematic review. *Br J Sports Med* 2019; 0:1-15
6. Gray AD, Willis BW, Skubic M, Huo Z, Razu S, Sherman SL, Guess TM. Development and Validation of a Portable and Inexpensive Tool to Measure the Drop Vertical Jump Using the Microsoft Kinect V2. *Sports Health* 2017; 9(6)
7. Washabaugh EP, Kalyanaraman T, Adamczyk PG, Claflin ES, Krishnan C. Validity and repeatability of inertial measurement units for measuring gait parameters. *Gait Posture* 2018; 55: 87-93
8. Lima CD, Carvalho RP, Barros RML, Tudella E. Dois métodos diferentes para análise cinemática dos movimentos de cabeça durante a coordenação viso-cefálica de lactentes. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 2008; 5:12.
9. Zerpa C, Lees C, Patel P, Prysucha E. The Use of Microsoft Kinect for Human Movement Analysis. *International Journal of Sports Science* 2015; 5(4): 120-127
10. Muller B, Llg W, Giese MA, Ludolph N. Validation of enhanced Kinect sensor-based motion capturing for gait assessment. *Copyright* 2017; 12(4)
11. Bonnechere B, Sholukha V, Omelina L, Jan SVS, Jansen B. 3D Analysis Upper Limbs Motion During Rehabilitation Exercises Using the Kinect™ Sensor: Development, Laboratory and Clinical Application. *Sensors* 2018; 18:2216
12. Eitoukhy M, Kelly A, Kim CY, Jun HP, Campbell R, Kuenze C. Validation of the Microsoft Kinect camera system for measurement of lower extremity jump landing and squatting kinematics. *Sports Bbiomechanics* 2016; 15(1): 89-102
13. Choppin S, Wheat J. The potential of the Microsoft Kinect in sports analysis and biomechanics. *Sports technology* 2013; 6(2): 78-85
14. Kobsar D, Osis ST, Jacob C, Ferber R. Validity of a novel method to measure vertical oscillation during running using a depth camera. *Journal of biomechanics* 2019; 0021-9290
15. Pfister A, West AM, Bronner S, Noah JC. Comparative abilities of Microsoft Kinect and Vicon 3D motion capture for gait analysis. *Journal of Medical Engineering & Technoogy* 2014; 38(5): 274-280

16. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Pua YH, McGaw R, Heywood S, Clark RA. Gait assessment using the Microsoft Xbox One Kinect: Concurrent validity and inter-day reliability of spatiotemporal and kinematic variables. *Journal of biomechanics* 2015; 48: 2166-2170
17. Eltoukhy M, Oh J, Kuenze C, Signorile J. Improved Kinect-based spatiotemporal and kinematic treadmill gait assessment. *Gait&Posture* 2016; 51: 77-83
18. Eltoukhy M, Kuenze C, Oh J, Wooten S, Signorile J. Kinect-based assessment of lower limb kinematics and dynamic postural control during the star excursion balance test. *Gait&Posture* 2017; 58: 421-427
19. Mentiplay BF, Hasanki K, Perraton LG, Pua YH, Charlton PC, Clark RA. Three-dimensional assessment of squats and drop jumps using the Microsoft Xbox One Kinect: Reliability and validity. *Journal of Sports Sciences* 2018; 0264-0414
20. Mortazavi F, Ghomsheh NA. Stability of Kinect for range of motion analysis in static stretching exercises. *Plos one* 2018; 13(7).
21. Tipton CC, Telfer S, Cheronas A, Gee AO, Kweon CY. The use of Microsoft Kinect for assessing readiness of return to sport and injury risk exercises: a validation study. *The international Journal of Sports Physical Therapy* 2019; 14(5): 724