

Natália Silva Amaral

**VALIDADE E CONFIABILIDADE DE APLICATIVOS DE AVALIAÇÃO DO
MOVIMENTO PARA SMARTPHONES:**

UMA REVISÃO NARRATIVA

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2018

Natália Silva Amaral

**VALIDADE E CONFIABILIDADE DE APLICATIVOS DE AVALIAÇÃO DO
MOVIMENTO PARA SMARTPHONES:**

UMA REVISÃO NARRATIVA

Monografia apresentada ao Colegiado de Pós-Graduação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Fisioterapia Esportiva.

Orientador: Prof. George Schayer Sabino.

Coordenador: Prof. Anderson Aurélio da Silva

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2018

A485v Amaral, Natália Silva
2018 Validade e confiabilidade de aplicativos de avaliação do movimento para smartphones: uma revisão narrativa. [manuscrito] / Natália Silva Amaral – 2018. 29 f., enc.: il.

Orientador: George Schayer Sabino
Coorientador: Anderson Aurélio da Silva

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Bibliografia: f. 20-27

1. Fisioterapia esportiva. 2. Tecnologia. I. Sabino, George Schayer. II. Silva, Anderson Aurélio. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 615.8:796

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB: n° 3132, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

RESUMO

Introdução: Smartphones vem ganhando cada vez mais espaço na sociedade moderna. Nos últimos anos houve maior adoção de smartphones pelos profissionais de saúde, bem como pelo público em geral. A análise de movimento tridimensional (3D) é o padrão-ouro para analisar a biomecânica do movimento. Historicamente, a análise 3D esteve disponível principalmente para atletas de elite, exigindo câmeras avançadas e instalações sofisticadas com software caro. O uso de smartphones como equipamento de medição está sendo continuamente explorado na prática clínica, e muitos estudos avaliaram a confiabilidade e validade de aplicativos de smartphones para as medições de amplitude de movimento (ADM) de muitas articulações. A busca de evidências científicas sobre o uso de smartphones para avaliação servirá para fornecer subsídios aos fisioterapeutas para que façam a escolha mais adequada sobre a inclusão ou não dessa ferramenta em sua prática clínica. **Objetivo:** Identificar os instrumentos utilizados na literatura para avaliar a análise de movimento a partir de smartphones e verificar a validade, confiabilidade e aplicabilidade destes instrumentos. **Metodologia:** Busca bibliográfica nas bases de dados *SciELO*, *MedLine*, *SPORTDiscus* e *PEDro*. **Resultados:** a partir das buscas nas bases de dados, foram selecionados 9 estudos, e após a leitura destes, as referências bibliográficas foram examinadas e 5 foram selecionados, totalizando 14 estudos. Dos estudos selecionados, dois estudos são estudos-piloto, 5 são “manuais para o usuário” e 7 são estudos prospectivos de coorte de validade e confiabilidade dos aplicativos testados. Nos estudos prospectivos foram encontrados moderados a excelentes resultados para validade e confiabilidade para todos os aplicativos testados. **Conclusão:** Há uma grande disponibilidade de aplicativos de smartphones que podem ser utilizados para avaliação do movimento na prática clínica. A maioria dos aplicativos testados foram validados em iPhones, devido à melhor qualidade de imagem e praticidade de desenvolvimento do software. Ainda há a carência de estudos testando validade e confiabilidade destes aplicativos.

Palavras-chave: smartphones, esportes, análise do movimento, análise de vídeo, fisioterapia.

ABSTRACT

Background: Smartphones have been gaining more and more space in modern society. Lately, there has been greater adoption of smartphones by health professionals, as well as by the public. Three-dimensional (3D) motion analysis is the gold standard for analyzing the biomechanics of motion. Historically, 3D analysis has been available primarily to elite athletes, requiring advanced cameras and sophisticated installations with expensive software. The use of smartphones as a measuring device is continuously explored in clinical practice, and many studies have evaluated the reliability and validity of smartphone applications for range of motion (ADM) measurements of many joints. The search for scientific evidence on the use of smartphones for evaluation will serve to provide subsidies to physiotherapists to make the most appropriate choice about whether or not to include this tool in their clinical practice. **Objective:** To identify the instruments used in the literature to evaluate the movement analysis from smartphones and verify the validity, reliability and applicability of these instruments. **Methodology:** Bibliographic search in SciELO, MedLine, SPORTDiscus and PEDro databases. **Results:** from the database searches, nine studies were selected, and after their reading, the bibliographic references were examined and five were selected, totaling 14 studies. Of the studies selected, two are pilot studies, five are "user guides," and seven are prospective cohort studies of the validity and reliability of the tested applications. In the prospective studies, moderate to excellent results were found for validity and reliability for all tested applications. **Conclusion:** There is a great availability of smartphone applications that can be used for evaluation of movement in clinical practice. Most of the tested apps have been validated on iPhones, due to the better image quality and practicality of software development. There is still a lack of studies testing the validity and reliability of these applications.

Keywords: smartphones, sports, motion analysis, video analysis, physiotherapy.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	4
1.1	Objetivo.....	6
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
2.1	Estratégia de busca.....	6
2.2	Critério de inclusão dos estudos.....	6
2.3	Procedimento de seleção e inclusão dos estudos.....	7
3	RESULTADOS.....	7
4	DISCUSSÃO.....	10
5	CONCLUSÃO.....	19
	REFERÊNCIAS.....	20

1 INTRODUÇÃO

Smartphones vem ganhando cada vez mais espaço na sociedade moderna. Nos últimos anos houve maior adoção de smartphones pelos profissionais de saúde, bem como pelo público em geral (MOSA et. al., 2012). Segundo a Fundação Getúlio Vargas - FGV, em 2017, são 208 milhões de smartphones no Brasil, 1 por habitante. (FGV-EAESP, 2017).

O número de usuários de smartphones está aumentando rapidamente em todo o mundo e estima-se que esse número aumentará para 2,5 bilhões de pessoas até 2017 (FAURHOLT-JEPSEN et al., 2016). A América Latina possui alguns dos usuários de internet móvel mais avançados em todo o mundo. Três dos 10 principais países sobre o uso diário de internet móvel são latino-americanos, figurando o Brasil em segundo lugar. No geral, a América do Sul tem a segunda maior penetração de mídia social, enquanto a América Central está colocada algumas posições abaixo (GSMA 2017). O uso de aplicativos de smartphones para avaliação clínica está ganhando popularidade e muitos estudos avaliaram a confiabilidade e validade de aplicativos de mensuração de parâmetros de saúde, desde questionários sobre saúde a dados vitais.

A crescente adoção de smartphones por profissionais de saúde indica uma oportunidade para melhorar a comunicação clínica e acesso a sistemas de informação e ferramentas clínicas no ponto de atendimento, ou de qualquer lugar a qualquer momento (MOSA et. al., 2012). Vários programas / aplicativos de software (apps) foram desenvolvidos para vários fins. Hoje em dia, smartphones são equipados com um conjunto de sensores embutidos baratos, mas poderosos, como acelerômetros, magnetômetros e giroscópios. Uma ampla gama de aplicações de medição clínica pode ser baixada gratuitamente ou por pouco custo da internet (POURAHMADI et al., 2016). O objetivo desses aplicativos é fornecer medidas rápidas de forma simplificada.

A análise de movimento tridimensional (3D) é o padrão-ouro para analisar a biomecânica do movimento. Historicamente, a análise 3D esteve disponível principalmente para atletas de elite, exigindo câmeras avançadas e instalações sofisticadas com software caro (DEFRODA et. Al, 2016). Entretanto, muitas das anormalidades cinemáticas identificadas podem ser medidas usando uma simples análise em vídeo bidimensional (2D), com ferramentas prontamente disponíveis e

bastante baratas (SOUZA, 2016). Os smartphones, com seus acelerômetros e giroscópios internos, foram utilizados por vários aplicativos de análise de movimentos, incluindo treinamento de equilíbrio, detecção precoce de quedas, detecção de atividade e análise de marcha (BITTEL et. al., 2016).

O uso de smartphones como equipamento de medição está sendo continuamente explorado na prática clínica, e muitos estudos avaliaram a confiabilidade e validade de aplicativos de smartphones para as medições de amplitude de movimento (ADM) de muitas articulações (HAN 2016; SHIN et al.; 2012 POURAHMADI et al., 2016). Geralmente, foram relatadas boa a excelente confiabilidades intra-avaliador e inter-avaliador nos estudos anteriores. Embora a confiabilidade geral dos aplicativos tenha sido de boa a excelente, isto pode variar de acordo com a articulação e a ADM avaliadas. (POURAHMADI et al., 2016).

O método ou instrumento que um clínico usa para avaliação pode variar e depende de critérios clínicos, como a acessibilidade do instrumento, fácil administração, custo, familiaridade, insusceptibilidade ou insensibilidade a influências externas, segurança e formação educacional (CHAFFIN et al. 2006; KOLBER et al. 2013). Fisioterapeutas e pesquisadores clínicos precisam de métodos de medição completamente validados para avaliar corretamente o desempenho do paciente e a eficiência das intervenções terapêuticas. É essencial que as propriedades de medição das ferramentas de avaliação sejam amplamente estabelecidas para permitir uma interpretação correta do resultado, além da investigação da capacidade de resposta e a definição dos valores clinicamente importantes, fundamentais para interpretar corretamente o progresso ao longo do tempo (PICHONNAZ et. al., 2015).

A necessidade de buscar ferramentas para auxiliar no processo de avaliação fisioterápica e otimização do tempo, somada à praticidade do uso de smartphones e suas propriedades e benefícios tornam os aplicativos cada vez mais procurados. Entretanto, por ser uma tecnologia em desenvolvimento existem poucas revisões acerca de aplicativos para análise bidimensional utilizando smartphones. *DeFroda* (2016) realizou uma revisão sobre análise de vídeo bidimensional da biomecânica de lançamento para atletas de baseball, entretanto, também incluiu em seu estudo *softwares* que não são compatíveis com smartphones. A busca de evidências científicas sobre o uso de smartphones para avaliação servirá para

fornecer subsídios aos fisioterapeutas para que façam a escolha mais adequada sobre a inclusão ou não dessa ferramenta em sua prática clínica.

1.1 Objetivo

Identificar os instrumentos utilizados na literatura para avaliar a análise de movimento a partir de smartphones e verificar a validade, confiabilidade e aplicabilidade destes instrumentos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Estratégia de busca

Para realizar a presente revisão da literatura sobre o uso de aplicativos de avaliação do movimento para smartphones, foram realizadas buscas nas bases de dados: *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MedLine)*, *SPORTDiscus* e *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*.

As palavras-chave utilizadas na busca foram: *Smartphones*, *Applications*, *Mobile App*, *Mobile Phone* e a combinação destas com os descritores *sports*, *video analysis*, *biomechanic* e seus correspondentes em português e espanhol.

2.2 Critérios de inclusão dos estudos

Na revisão bibliográfica foram incluídos os estudos publicados previamente a 2017, em português, inglês e espanhol, que abordaram o uso de aplicativos de smartphones para avaliação do movimento por vídeo em atletas e indivíduos saudáveis, em laboratório ou áreas reservadas para a prática esportiva e que tem e aplicabilidade na prática clínica. Foram excluídos os estudos publicados em outras línguas, além das supracitadas, e que mesmo com o uso de smartphones, não abordassem avaliação do movimento relacionado à prática esportiva ou não se relacionavam com a área de atuação do fisioterapeuta. Foram excluídos também estudos de revisão bibliográfica e estudos longitudinais.

2.3 Procedimentos de seleção e inclusão dos estudos

O processo de seleção dos estudos encontrados pela estratégia de busca, considerando-se os critérios de inclusão pré-estabelecidos, foi realizado em três etapas distintas. Na primeira etapa, foi realizada a leitura dos títulos dos estudos encontrados durante as buscas e aqueles que claramente não se adequaram a qualquer um dos critérios de inclusão pré-estabelecidos foram excluídos.

Na segunda etapa, foi realizada a leitura dos resumos dos estudos selecionados na primeira etapa e, da mesma forma, foram excluídos aqueles que claramente não se adequaram aos critérios de inclusão pré-estabelecidos.

Na terceira etapa, todos os estudos incluídos nas etapas anteriores foram lidos na íntegra para avaliar sua adequação ao tema proposto por esta revisão. Além disso, as listas de referências bibliográficas dos artigos selecionados foram examinadas para obtenção de trabalhos adicionais.

Foram retirados de cada estudo para melhor esquematização e elaboração de uma tabela os dados: participantes (número, idade e sexo), aparelho smartphone utilizado, aplicativo utilizado, região do corpo e movimentos testados e método de comparação ou controle, e resultados obtidos.

3 RESULTADOS

A partir do cruzamento das palavras-chave supracitadas, foram encontrados 224 artigos. Foram excluídos 208 artigos (92,8%) que, mesmo apresentando os termos utilizados para a busca, não contemplavam a relação entre avaliação do movimento e uso de aplicativos de vídeo em smartphones, 07 estudos duplicados (3,1%) e dois estudos (0,8%) que não pertenciam às categorias metodológicas pré-estabelecidas nos critérios de inclusão, totalizando 217 (95,9%) artigos excluídos.

Após a leitura destes estudos, as referências bibliográficas foram examinadas e 5 estudos foram selecionados.

Ao final, 14 estudos foram selecionados para inclusão nesta revisão (Figura 1). Todos estes publicados após 2014, sendo cinco publicados na Espanha (35,7%), quatro nos Estados Unidos (28,5%), dois na Austrália (14,2%), e um na Irlanda (7,1%), Reino Unido (7,1%) e Singapura (7,1%). Todos os artigos foram publicados em inglês.

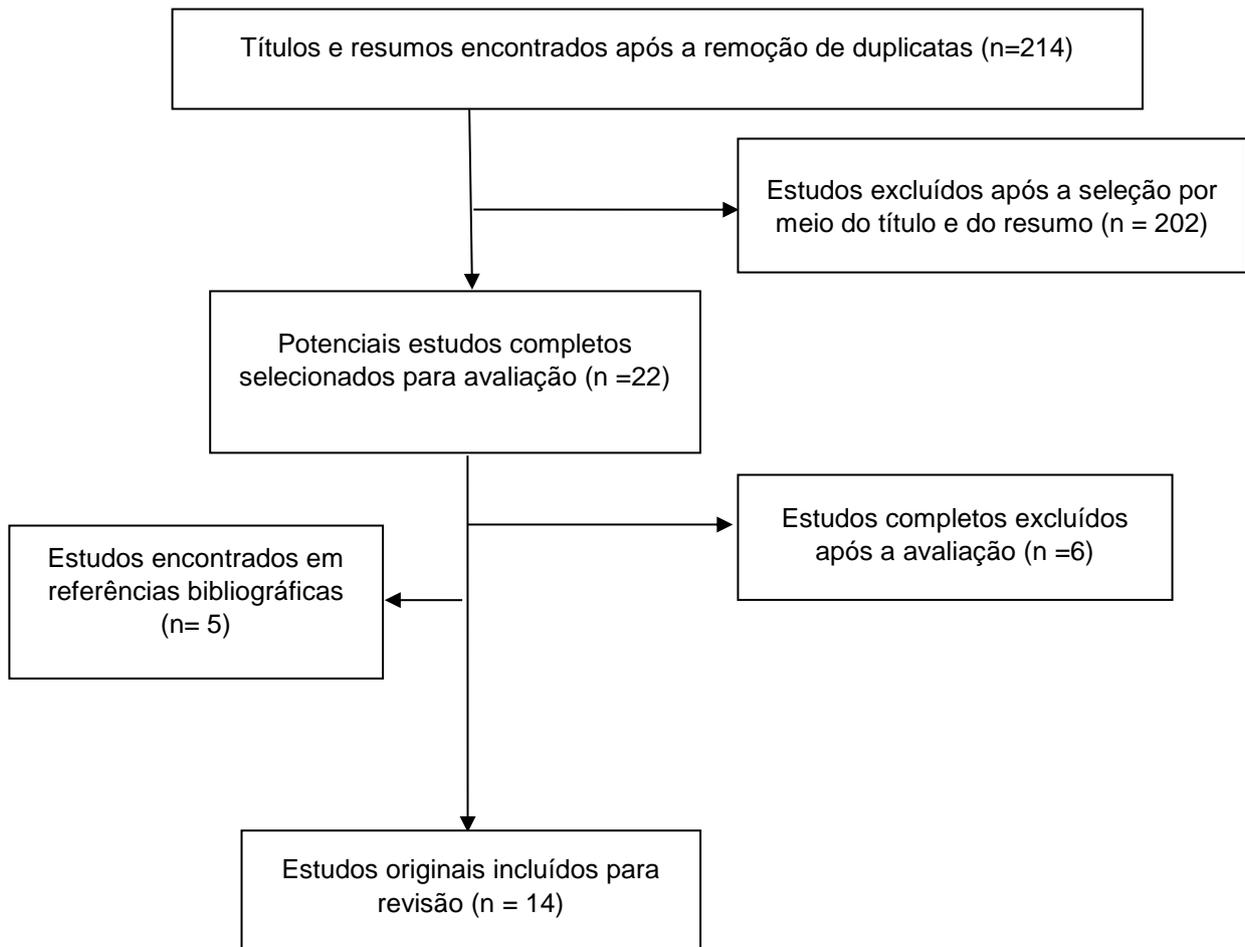


Figura 1 – Fluxograma da seleção dos estudos para a presente revisão

Ao total, 165 indivíduos fizeram parte dos estudos selecionados, na maioria dos estudos atletas ou indivíduos jovens fisicamente ativos (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al., 2015; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al., 2016; BELYEA et. al., 2014; FINKBINER et. al., 2017; GALLARDO-FUENTES et. al., 2015; KIM et. al., 2015; KRAUSE et. al., 2015; O'REILLY et. al., 2017; RODRÍGUEZ, 2017; ROMERO-FRANCO et. al., 2016; STANTON et. al., 2015; WEILER, 2015; WHITELEY, 2015; YEO E SIRISENA, 2017).

Dos estudos selecionados, dois estudos são estudos-piloto (FINKBINER et.al., 2017; O'REILLY et.al. 2017), 5 são “manuais para o usuário” (RODRIGUEZ, 2017; STANTON et.al., 2015; WEILER, 2015; WHITELEY, 2015; YEO, SIRISENA, 2017) e 7 são estudos prospectivos de coorte de validade e confiabilidade dos aplicativos testados (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al., 2015; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al., 2016; BELYEA et. al., 2014; GALLARDO-FUENTES et. al., 2015; KIM et. al., 2015; KRAUSE et. al., 2015; ROMERO-FRANCO et. al., 2016).

As características das amostras, aplicativos utilizados e variáveis de desfecho para cada estudo estão apresentados esquematicamente na Tabela 1.

Tabela 1: Características dos estudos

Autor (Ano)	Participantes (N)	Aplicativo (smartphone utilizado)	Movimento testado (Desfecho observado)
Balsalobre-Fernández et. al. (2015)	Homens, saudáveis, ativos recreativamente (20)	My Jump (iPhone 5S)	Salto vertical (Altura de salto a partir do tempo de voo)
Balsalobre-Fernández et. al. (2016)	Homens, corredores, saudáveis (2)	Runmatic (Iphone 6)	Corrida na esteira (Tempo de contato e fase de balanço)
Belyea et. al. (2014)	11 mulheres, 11 homens, saudáveis, com idade média 21 anos (22)	Spark Motion (iPad2)	Salto vertical (Ângulos do quadril e joelho)
Finkbiner et.al. (2017)	Indivíduos saudáveis (32)	Hudl Technique (Não especificado)	Marcha (Ângulo do joelho durante o ataque do calcanhar ao solo)
Gallardo-Fuentes et. al. (2015)	7 velocistas (5H, 2 M), 3 corredores de distância média (H), 6 corredores de longa distância (3H, 3M), 4 lançadores (3H, 1M); (20)	My Jump (iPhone 6)	Salto vertical (Altura de salto a partir do tempo de voo)
Kim et. al. (2015)	5 mulheres, 10 homens, saudáveis com idade média de 25 anos (15)	SmartGait (iPhone 5 s)	Marcha (Comprimento e largura de passo, tempo de passo, velocidade de marcha, tempo de apoio duplo)
Krause et. al. (2015)	Indivíduos saudáveis (26)	Coach's Eye (iPad)	Agachamentos profundos (Amplitudes de movimento de quadril, joelho e tornozelo)

O'Reilly et. al. (2017)	12 homens e 3 mulheres, com idade média de 23,8 anos (15)	"Formulift" (Tablet Samsung Galaxy S2)	Apoio unipodal em MIE, Agachamento unipodal, Agachamentos profundos, levantamento de peso e "avanço". (Execução correta dos exercícios citados)
Romero-Franco et. al. (2016)	Homens, velocistas altamente treinados (12)	mySprint (iPhone 6)	6 <i>sprints</i> máximos de 40 m durante uma única sessão (Potência, força, propriedades de velocidade e eficácia mecânica)
Rodríguez (2017)	-	Runmatic (iPhone, iPad e iPod Touch)	Corrida
Stanton et. al. (2015)	-	My Jump (iPhone 5, iPhone 6, iPhone 6 Plus, iPad e iPod touch.)	Salto vertical
Weiler (2015)	-	Übersense Coach (iOS 7 e Android)	-
Whiteley (2015)	-	Coach's eye (iOS/Android/Windo ws)	-
Yeo, Sirisena (2017)	-	Simi Move (iOS 7.0 ou superior)	Marcha e corrida

4 DISCUSSÃO

Este trabalho constou de uma revisão de literatura a fim de identificar novas ferramentas para avaliação do movimento realizadas com aparelhos smartphone. Dos 14 estudos, 12 utilizaram smartphones com a plataforma iOS® (iPhone, iPad ou iPod touch) para coleta de dados (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al., 2015; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al., 2016; BELYEA et. al., 2014; GALLARDO-FUENTES et. al., 2015; KIM et. al., 2015; KRAUSE et. al., 2015; RODRÍGUEZ, 2017; ROMERO-FRANCO et. al., 2016; STANTON et. al., 2015; WEILER, 2015; WHITELEY, 2015; YEO E SIRISENA, 2017). Apenas um estudo utilizou smartphone

com tecnologia Android® (Tablet Samsung Galaxy S2) para desenvolvimento de um aplicativo de avaliação (O'REILLY et. al., 2017). FINKBINER et. al., (2017) não especificou em seu estudo qual foi o smartphone utilizado. A plataforma iOS - *iPhone operating system*-, sistema operacional de código fechado, é desenvolvido e controlado pela Apple, uma das empresas líderes neste mercado. O uso da plataforma pela maioria dos autores iOS pode ser explicado por meio de sua lucratividade e escalabilidade, pois o iOS da Apple se destaca como uma das principais plataformas de desenvolvimento móvel do mercado, uma vez que possui uma série de recursos que permitem criar aplicativos diferenciados que proporcionam uma ótima experiência ao usuário final (MILANI 2012 b).

Nos estudos encontrados, os aplicativos utilizados em smartphones com tecnologia iOS foram: *Coach's eye* (WHITELEY, 2015), *Hudl Technique* (FINKBINER et. al., 2017), *My Jump* (GALLARDO-FUENTES et. al. 2015; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al. 2015; STANTON et. al. 2015), *MySprint* (ROMERO-FRANCO et. al. 2016), *Runmatic* (RODRÍGUEZ, 2017; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al. 2016), *Simi Move*, *SmartGait*, (KIM et. al., 2015) e *Spark Motion* (BELYEA et. al., 2014). Os aplicativos disponíveis para Android® são: *Coach's eye* (WHITELEY, 2015), *Formulift* (O'REILLY et. al. 2017), *Hudl Technique* (FINKBINER et.al. 2017), *Übersense Coach* (WEILER 2015), apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Características dos aplicativos

Aplicativo (Empresa/criadores)	Plataforma	Categoria	Custo	Link
Hudl Technique (Übersense Inc)	Android / iOS - Requer o iOS 8.0 ou posterior	Esportes	Gratuito	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ubersense.app.production&hl=pt_BR
My Jump (Carlos Balsalobre)	iOs - Requer o iOS 9.0 ou posterior	Esportes	R\$ 32,90	https://itunes.apple.com/br/app/my-jump-2/id1148617550?mt=8
Runmatic (Carlos Balsalobre)	iOs - Requer o iOS 9.0 ou posterior	Esportes	R\$ 32,90	https://itunes.apple.com/br/app/runmatic/id1075902287?mt=8
Spark Motion Pro (Spark Motion Inc.)	iOs - Requer o iOS 5.1.1 ou posterior. Compatível com iPad.	Saúde e fitness	Gratuito	https://itunes.apple.com/br/app/spark-motion-pro/id552652332?mt=8
SmartGait	iOs	-	-	http://smartgait.net

Coach's Eye (TechSmith Corporation)	iOs - Requer o iOS 9.3 ou posterior. Compatível com iPhone, iPad e iPod touch.	Esportes	R\$ 16,90	https://itunes.apple.com/br/app/coachs-eye-video-analysis/id472006138?mt=8
"Formulift" (Não disponível)	Android	-	-	-
mySprint (Pedro Jimenez Reyes)	iOs - Requer o iOS 9.0 ou posterior. Compatível com iPhone, iPad e iPod touch.	Esportes	R\$ 32,90	https://itunes.apple.com/br/app/my-sprint/id997989448?mt=8
Simi Move	iOs	-	-	http://www.simi.com/en/

Dois estudos avaliaram como desfecho principal a altura de salto (GALLARDO-FUENTES et. al. 2015; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al. 2015). Os testes de salto vertical estão entre os meios mais comuns de avaliar a aptidão física em várias populações (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al. 2015). O desempenho da habilidade de salto foi relacionado com o sucesso da competição de atletas e pode diferenciar atletas de níveis técnicos distintos. As medidas de salto podem prever o risco de lesão, servir como identificação de talentos e reproduzir atividades explosivas competitivas de atletas (GALLARDO-FUENTES et. al. 2015). Além disso, o desempenho no salto vertical pode ser associado com força muscular, fadiga neuromuscular, marcadores metabólicos de desempenho do exercício, como lactato, amônia, cortisol e com índices psicobiológicos de esforço percebido (SÁNCHEZ-MEDINA, GONZÁLEZ-BADILLO, 2011; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et.al., 2015).

Várias abordagens diferentes existem para medir a altura de salto vertical, sendo as plataformas de força consideradas como padrão ouro (geralmente via velocidade de decolagem ou tempo no ar). Embora este equipamento ofereça maiores níveis de precisão, é muito caro, volumoso com baixa portabilidade e geralmente precisa de software-computador específico, portanto, menos adequado e altamente restrito (GALLARDO-FUENTES et. al. 2015; BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et. al. 2015).

Balsalobre-Fernández e colaboradores (2015) desenvolveram o aplicativo *MyJump*, recentemente validado para medir a altura de salto vertical. Ele utilizou o

aparelho iPhone 5 s - Apple Inc. (EUA), e um dos seus novos recursos é uma câmera de alta velocidade capaz de gravar 120 Hz. *MyJump* foi projetado para analisar saltos verticais para permitir o cálculo do tempo (em ms) entre dois quadros selecionados pelo usuário e posteriormente para calcular a altura do salto de contramovimento (*counter movement jump* – CMJ). 100 saltos foram analisados simultaneamente com o dispositivo em comparação com plataformas de força. Foi encontrada uma correlação quase perfeita entre a plataforma de força e *MyJump* para a altura de salto de contramovimento (coeficiente de correlação intraclasse = 0,997, $P < 0,001$; tendência Bland-Altman = $1,1 \pm 0,5$ cm, $P < 0,001$) e boa validade ($r = 0,995$, $P < 0,001$), indicando ser uma ferramenta rápida e precisa para uso na prática clínica.

Gallardo-Fuentes et. al. (2015) utilizou o mesmo aplicativo para testar validade e confiabilidade, de três tipos de saltos (*drop jumps* – DJ – com altura de 40cm, *countermovement jumps* –CMJ – e *squat jumps* - SJ). Da mesma forma, comparou os resultados do aplicativo com a plataforma de força. Um total de 630 saltos foram comparados, e também houve uma correlação quase perfeita entre instrumentos de medição para todos os valores de altura de salto (ICC = 0,97 - 0,99), sem diferenças entre os instrumentos ($P > 0,05$, diferença média de 0,2 cm), além de boa confiabilidade intra ($\alpha = 0,94 - 0,99$; CV = 3,8 - 7,6) e inter-examinadores ($r = 0,86$ a 0,95).

Stanton et. al. (2015), aponta alguns fatores positivos e negativos em relação ao uso deste aplicativo, sendo sua usabilidade e facilidade para compartilhar informações os pontos de maior relevância. Entretanto, o aplicativo está disponível apenas para *iOS* e há a necessidade de posicionar o dispositivo de maneira estável para que a imagem tenha qualidade suficiente para ser avaliada.

Três estudos tiveram como desfecho principal a avaliação de amplitude de movimento (ADM) em movimentos funcionais. (*BELYEA et. al., 2014*, *KRAUSE et. al. 2015*; *FINKBINER et.al. 2017*;), através dos aplicativos *Spark Motion*, *Coach's Eye*, *Hudl Technique*.

Belyea et. al. (2014) examinaram a validade e a confiabilidade do uso de um tablet (*iPad 2*) e aplicativo de análise de movimento (*Spark Motion*) para avaliar o alinhamento de membro inferior durante o salto vertical, e comparou os resultados obtidos por um sistema tridimensional de captura de movimento. Houve correlações

significativas entre as medidas de ADM do tablet e do programa 3D para os planos frontal e sagital. Os ângulos de flexão máxima do joelho variaram de $r = 0,48$ ($P = 0,036$) no plano frontal e $r = 0,77$ ($P < 0,001$) no plano sagital, indicando ser um método confiável para avaliar os alinhamentos de membros inferiores durante o salto vertical, entretanto não deve ser usado para medir ângulos absolutos de articulações.

A avaliação da ADM é parte fundamental do exame físico do sistema músculo-esquelético para determinar as limitações funcionais, desenvolver o diagnóstico, orientar o plano de tratamento e monitorar o progresso ao longo do tratamento (MILANESE et al. 2014, JOHNSON et.al. 2015, GREEN et al., 1998). A medida técnica da ADM pode variar de acordo com os critérios como acessibilidade do instrumento, fácil administração, custo, familiaridade, insusceptibilidade ou insensibilidade a influências externas, segurança, formação educacional e configuração da pesquisa. (JOHNSON et.al. 2015, CHAFFIN et al. 2006; KOLBER et al. 2013, POURAHMADI et. al.2016b). As técnicas comuns incluem: estimativa visual, inclinômetro e goniômetro (POURAHMADI et al., 2016a, POURAHMADI et al., 2016b). Os goniômetros são amplamente utilizados na prática clínica. Eles são facilmente acessíveis, relativamente baratos, portáteis e fácil de usar. A medida goniométrica pode ser considerada padrão ouro (BITTEL et. al., MITCHELL et al., MCVEIGH et al., 2016; POURAHMADI et al., 2016a, POURAHMADI et al., 2016a MILANESE et al. 2014, JOHNSON et.al. 2015).

A grande maioria dos smartphones possui inúmeros sensores incorporados, como acelerômetros, magnetômetros e giroscópios que tornam o telefone capaz de detectar posições articulares e mensurar amplitudes de movimento (ADM) (BITTEL et. al., POURAHMADI et al. 2016b, 2016a MILANESE et al. 2014, JOHNSON et.al. 2015 OTTER et. al. MITCHELL et al., BALSALOBRE-FERNANDES et al.). Os aplicativos de goniômetro são uma alternativa aos goniômetros de mão usados geralmente na prática clínica. Ter esse aplicativo disponível no smartphone permite um acesso fácil e cria o potencial de oferecer recursos que o goniômetro padrão não pode, incluindo: gravação instantânea com o toque de um botão, permitindo que a ADM seja capturada com mais precisão, diminuindo os erros de transcrição e eliminando a leitura imprecisa de números no dispositivo, além de registro de dados de múltiplos pontos e possibilidade de transmissão de dados diretamente para o registro eletrônico dos pacientes. Uma ampla gama de aplicativos

com esta finalidade pode ser baixado gratuitamente ou por pouco custo pela internet (JOHNSON et.al. 2015, MITCHELL K et al., MILANESE S et al. 2014, OCKENDON M et al., SALAHM PA et al. POURAHMADI MR et al. 2016b, SHIN DC et al., 2012; KOLBER MJ et al. 2013).

Krause et. al.(2015) testou a confiabilidade do aplicativo *Coach's Eye* (TechSmith Corp), instalado em um iPad (Apple Inc.) com a função de análise de movimento bidimensional (2D), para avaliar o movimento máximo de quadril, joelho e tornozelo do plano sagital durante o movimento de agachamento profundo, e comparou com os valores obtidos a partir de um sistema de análise de movimento tridimensional (3D) (controle). Os vídeos foram analisados quadro a quadro para determinar a posição mais profunda do agachamento. Foram encontrados bons resultados para confiabilidade intra examinador (CCI 0,98, 0,98 e 0,79) na medida dos ângulos de quadril, joelho e tornozelo, respectivamente. As medidas do ângulo do quadril obtidas com o aplicativo excederam as medidas do protocolo controle em aproximadamente 40 °. As diferenças no joelho e no tornozelo foram de menor magnitude, com diferenças médias de 5 ° e 3 °, respectivamente, além disso, um viés sistemático foi encontrado com a análise de Bland-Altman no quadril, com o coeficiente de concordância 95% de -10,3 ° a -69,3 °. Não sendo indicado pelos autores para avaliação do quadril. Entretanto, o aplicativo apresentou valores mínimos de mudança detectáveis variando de 6 ° a 7 °, excelente confiabilidade, demonstrando ser um meio responsivo para avaliar a mudança clínica.

Apesar do aplicativo ser suportado nas plataformas Android® e iOS®, *Whiteley* (2015) aponta que a capacidade de importação de vídeo é variável: o Coach's Eye no iOS pode aceitar vídeos nos formatos, o que não acontece no Android.

Finkbiner et.al. (2017) testaram a validade concorrente das medidas cinemáticas de flexão de joelho durante o ataque do calcanhar ao solo e no *Toe-off* na marcha, registradas pelo aplicativo *HUDL Technique* – anteriormente chamado *Übersense* (WEILER, 2015), e as comparou às medidas registradas por um sistema de captura de movimento 3D no plano sagital, e testaram se haveria diferença nos resultados com a captura de movimentos em dois posicionamentos distintos da câmera do smartphone. Também elaboraram em seu estudo um protocolo para análise clínica de marcha usando um aplicativo de vídeo para smartphones. Este

estudo de validação foi o primeiro a examinar as medidas cinemáticas do joelho no plano sagital com um smartphone.

Übersense (WEILER, 2015), atual *Hudl Technique*, é comercializado principalmente como uma ferramenta de treinamento para ajudar a melhorar o desempenho do atleta, melhorando a técnica e o movimento, através de análise de movimento e técnica, durante treinamento, competição ou jogo, e permitindo comparação com atletas de auto, elite e profissional. A análise biomecânica continua a ser bastante subjetiva, independentemente da técnica de análise, mas a capacidade de analisar a corrida, ou qualquer movimento esportivo de forma controlada (por exemplo, em uma esteira) ou durante treinamento, esporte ou reabilitação, pode ter muitos benefícios adicionais na medicina esportiva. Apesar dos benefícios, o autor afirma que o aplicativo deve ser utilizado com cautela, devido à subjetividade da interpretação. Além disso, a validade de mudanças biomecânicas ainda não é clara e pode aumentar o risco de lesões esportivas.

A avaliação dos padrões espaço-temporais de marcha fornece informações essenciais sobre capacidade funcional, estabilidade, risco de queda, seleção de intervenção terapêutica, avaliação do progresso e mortalidade do paciente (KIM et.al. 2015). Existem inúmeras formas para avaliar diferentes aspectos da marcha, incluindo: observação visual, avaliações funcionais, medidas registradas por vídeo, passarelas eletrônicas, software de análise de movimento tridimensional. Os instrumentos considerados o padrão-ouro para medir a mecânica de corrida são plataformas de força e esteiras instrumentadas (BALSALOBRE-FERNANDES et al. 2016). Na prática clínica, a análise observacional (visual) da marcha é comumente realizada, pois requer equipamento e tempo mínimos (FINKBINER et.al. 2017). Novas tecnologias de avaliação de marcha estão emergindo continuamente, mas os dispositivos e sistemas atualmente disponíveis tem uma série de limitações. Os sistemas mais precisos que fornecem um conjunto completo de medidas de marcha são sistemas baseados em laboratório, que geralmente são caros e requerem pessoal treinado (KIM et.al. 2015).

Kim et. al. (2015) utilizaram o aplicativo *SmartGait* para avaliar marcha. Eles descreveram um novo dispositivo portátil (“*wearable*”) com gravação de vídeo de uma câmera de smartphone montada na cintura de um usuário, que fornece a avaliação das medidas de outros dispositivos portáteis e também a largura do passo

e sua variabilidade. Após delinear os módulos de hardware e software do sistema, foi determinada sua validade concorrente a partir dos resultados obtidos com um sensor de pressão (GaitRite, CIR Systems, New Jersey, EUA). Os parâmetros de marcha medidos tiveram acordos modestos a excelentes (CCIs entre 0,731 e 0,982). Os autores afirmam que é um sistema de substituição alternativa forte para a avaliação de marcha em laboratório e na comunidade.

Além da marcha, muitas pesquisas que destacam a importância de monitorar a mecânica de corrida para fins de desempenho e prevenção de lesões foram desenvolvidas (BALSALOBRE-FERNANDES et al 2016). A medida da rigidez de quadril, oscilações verticais do centro de massa e tempo de contato com o solo é de grande interesse, uma vez que essas variáveis parecem desempenhar um papel fundamental na execução do desempenho (BALSALOBRE-FERNANDES et al, 2016; RODRIGUEZ 2017). *Balsalobre-Fernandes et. al. (2016)* investigaram a validade de um aplicativo para iPhone – *Runmatic* – para medir a biomecânica da corrida. Eles gravaram simultaneamente corridas de diferentes velocidades com *Runmatic*, bem como com um dispositivo opto-eletrônico instalado em uma esteira motorizada para medir o tempo de contato e tempo aéreo de cada passo. Várias estatísticas foram computadas para testar a validade e confiabilidade como tempo de contato, tempo aéreo, oscilação vertical, rigidez das pernas, força relativa máxima e frequência de passo. Os valores obtidos com o aplicativo e o dispositivo opto-eletrônico mostraram um alto grau de correlação ($r = 0,94-0,99$, $p < 0,001$; CCI = 0,965-0,991), mostrando ser um dispositivo confiável para avaliação da corrida. Além disso, esses resultados (tempo de contato e vôo) permitem avaliar as assimetrias (%) entre a perna dominante e não dominante, o que pode ajudar a detectar rapidamente possíveis desequilíbrios funcionais entre membros inferiores. Este aplicativo pode ser usado por fisioterapeutas, biomecânicos, cinesiologistas ou pesquisadores, ou por corredores. (RODRIGUEZ, 2017)

Romero-Franco et.al. (2016) avaliou a validade e confiabilidade dos resultados de desempenho de corrida medidos com o aplicativo “*MySprint*” para iPhone e comparou com fotocélulas de temporização e radar do tipo pistola. Para isto, os participantes fizeram sprints de 40 metros, enquanto seu tempo foi registrado simultaneamente pelos três dispositivos utilizados no estudo. No iPhone, a propriedade utilizada foi gravação de vídeo de alta velocidade. Houve uma correlação

quase perfeita entre os valores de tempo para cada divisão do sprint com o *MySprint* e as fotocélulas de temporização ($r = 0,989-0,999$, ICC= 1,0), além de associações quase perfeitas para a força horizontal máxima, velocidade e potência máxima e a eficácia mecânica medida com o aplicativo e o radar do tipo pistola ($r = 0,974-0,999$, ICC = 0,987-1,00) e níveis de confiabilidade quase idênticos, evidenciando que o aplicativo é válido e confiável para uso.

Outro aplicativo capaz de avaliar marcha e corrida é o *SimiMove* (Yeo, Sirisena, 2017). O usuário faz upload ou gravação de um vídeo através do software incorporado, antes de analisar o vídeo em câmera lenta ou em quadros individuais. Uma vez que o quadro de interesse tenha sido identificado, o aplicativo permite que o usuário empregue seus protocolos predefinidos, como a análise do plano sagital e frontal, onde os marcos anatômicos são identificados. Cada protocolo permite que os marcadores sejam colocados em múltiplas articulações, permitindo que vários ângulos sejam medidos simultaneamente. Entretanto, não foram encontrados estudos que validassem o aplicativo. Os autores apontam que não é uma ferramenta adequada para pesquisa clínica. Alterações sutis nos ângulos articulares e no movimento não podem ser detectadas de forma confiável para análises aprofundadas. E sua precisão depende do posicionamento ideal e de uma câmera de boa qualidade.

Outros aspectos biomecânicos foram explorados nos estudos com análise de movimento a partir de vídeos pelo smartphone. *O'Reilly* e colaboradores (2017) desenvolveram um aplicativo (Formulift - tablet Samsung Galaxy S2) que automatiza o processo necessário para criar um sistema personalizado de classificação de técnicas de exercícios. Eles usaram um sistema de classificação único baseado em unidades de medição inercial personalizada para automatizar de movimentos simples a complexos. Os autores automatizaram com êxito o processo de criação de sistemas de biofeedback de exercícios individualizados. Os sistemas personalizados alcançaram uma precisão de 89,50%, com sensibilidade de 90,00% e especificidade de 89,00% para avaliar movimentos.

Os aplicativos baseados em magnetômetro parecem ser úteis para goniometria no plano horizontal por ter funcionamento semelhante a uma bússola. Os aplicativos fotográficos têm várias vantagens: os pesquisadores podem tomar as medidas na fotografia a qualquer momento, podem ser utilizados na telemedicina para avaliações remotas e podem ajudar no tratamento, mostrando as imagens

sequenciais do paciente que demonstram a mudança do padrão pré-avaliado (FERRIERO et. al. 2014, MILANI et.al.).

Um acelerômetro digital retorna um valor em proporção direta à aceleração que experimenta. Em repouso, retornará um valor igual à aceleração da queda livre (1G) quando orientado perpendicular ao solo e à aceleração zero quando paralelo a ele (OCKENDON et. al. 2012). Por concepção, um acelerômetro é mais sensível às mudanças de inclinação quando seu eixo sensível é horizontal, quando usado para distinguir atividades estáticas ou dinâmicas com base em pequenas diferenças de ângulo de segmentos do corpo. Assim, durante o movimento, há mudanças previsíveis e desiguais na sua sensibilidade. O acelerômetro triaxial dos smartphone (incluindo o iPhone) tem a capacidade de evitar esses problemas de não-linearidade. Com o telefone fixado e girado em torno de um único ponto, à medida que a sensibilidade de um eixo aumenta, a sensibilidade do eixo perpendicular diminui. Combinar essas leituras produz uma resposta precisa e linear que não requer alinhamento especial para controlar sensibilidade (BITTEL et. al. 2016).

5 COLCLUSÃO

Há uma grande disponibilidade de aplicativos de smartphones que podem ser utilizados para avaliação do movimento na prática clínica. Mas ainda há a carência de estudos testando validade e confiabilidade destes aplicativos. Grande parte dos aplicativos testados foram validados em iPhones, devido à melhor qualidade de imagem e praticidade de desenvolvimento do software. A maioria dos estudos foi realizada em laboratório, o que pode significar resultados diferentes se testados em local aberto, como o de prática esportiva. Neste estudo foram selecionados apenas artigos com população jovem, saudável e fisicamente ativa, portanto, há necessidade de realizar novas pesquisas acerca de validade com populações distintas.

REFERÊNCIAS

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ C., KUZDUB M., POVEDA-ORTIZ P., CAMPO-VECINO JD. Validity and reliability of the PUSH wearable device to measure movement velocity during the back squat exercise. **J Strength Cond Res** v. 30 n.7, pg 1968–1974, Jul. 2016. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=26670993>> Acesso em 19 Nov 2017.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ C., AGOPYAN H, MORIN JB. The Validity and Reliability of an iPhone App for Measuring Running Mechanics. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 33 n. 3, pg 222-226, Jul 2017. Disponível em: <<https://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/jab.2016-0104>>

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ C., GLAISTER M., LOCKEY R.A., The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. **Journal of Sports Sciences**. V.33, n.15, pg 1574-1579, Jan 2015. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2014.996184>>

BELYEA B. C., LEWIS E., GABOR Z., JACKSON J., KING D. L. Validity and Intrarater Reliability of 2-Dimensional Motion Analysis Using a Handheld Tablet Compared With Traditional 3-Dimensional Motion Analysis. **Journal of Sport Rehabilitation**. V.14, Jan 2015. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/pb-assets/hkj/JSR/Technical%20Reports/TR14_Belyea%20JSR_2014-0194.pdf>

BITTEL AJ, ELAZZAZI A, BITTEL DC. Accuracy and Precision of an Accelerometer-Based Smartphone App Designed to Monitor and Record Angular Movement over Time. **Telemed J E Health**. V.22 n.4: 302-309, Abr. 2016. Disponível em: <http://digitalcommons.wustl.edu/open_access_pubs/5000/> Acesso em 07 Set 2017.

CERRITO A., BICHSEL L., RADLINGER L., SCHMID S. Reliability and validity of a smartphone-based application for the quantification of the sit-to-stand movement in healthy seniors. **Gait & Posture**, v 41, n.2, pg. 409-413. Fev. 2015. Disponível em: < [http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362\(14\)00754-1/fulltext](http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362(14)00754-1/fulltext)> Acesso em 19 Nov 2017.

CHAFFIN, D. B., ANDERSSON, G. B. J., MARTIN. B. J. Biomecânica Ocupacional. Tradução da 3ª edição Norte Americana. Belo Horizonte: Ergo Editora, 2001.

DEFRODA SF, THIGPEN CA, KRIZ PK. Two-Dimensional Video Analysis of Youth and Adolescent Pitching Biomechanics: A Tool For the Common Athlete. **Curr Sports Med Rep**. v.15, n5: 350-8. Set, 2016; Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/308050944_Two-Dimensional_Video_Analysis_of_Yout_Adolescent_Pitching_Biomechanics_A_Tool_For_the_Common_Athlete>. Acesso em: 07 Set 2017.

FAURHOLT-JEPSEN M., MUNKHOLM K., FROST M., BARDRAM J. E., KESSING L. V. Electronic self-monitoring of mood using IT platforms in adult patients with bipolar disorder: A systematic review of the validity and evidence. **BMC Psychiatry**, v 16, n. 7. Jan. 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4714425/>> Acesso em 19 Nov 2017.

FERRIERO G, VERCELLI S, SARTORIO F, FOTI C. Accelerometer- and photographic-based smartphone applications for measuring joint angle: are they reliable? **J Arthroplasty**, v.239, n. 292, pg 448-449. Fev. 2014.

FGV-EAESP, MEIRELLES SF. Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas. **FGV-EAESP**. 28ª edição, 2017. Disponível em: < <http://eaesp.fgvsp.br/sites/eaesp.fgvsp.br/files/pesti2017gvciappt.pdf>> Acesso em 07 Set 2017.

FINKBINER, M.J., GAINA, K.M., MCRANDALL, M.C., WOLF, M.M., PARDO, V.M., REID, K., ADAMS, B., GALEN, S.S. Video Movement Analysis Using Smartphones (ViMAS): A Pilot Study. **J. Vis. Exp.** V. 121, pg. 1 – 7, Mar 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28362382>>

FURRER M, BICHSEL L, NIEDERER M, BAUR H, SCHMID S, Validation of a smartphone-based measurement tool for the quantification of level walking, **Gait and Posture** v. 42, n.3, pg 289–294. Set. 2015. Disponível em: <[http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362\(15\)00505-6/fulltext](http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362(15)00505-6/fulltext)> Acesso em 19 Nov 2017.

GALLARDO-FUENTES F., GALLARDO-FUENTES J., RAMÍREZ-CAMPILLO R., BALSALOBRE-FERNÁNDEZ C., MARTÍNEZ C., CANIUQUEO A., CAÑAS R., BANZER W., LOTURCO I., NAKAMURA F. Y., IZQUIERDO M. Intersession and intrasession reliability and validity of the My Jump app for measuring different jump actions in trained male and female athletes. **J Strength Cond Res.** V. 30, n.7, pg 2049-2056, Jul 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27328276>>

GREEN S, BUCHBINDER R, GLAZIER R, FORBES A. Systematic review of randomized controlled trials of interventions for painful shoulder: selection criteria, outcome assessment, and efficacy. **BMJ : British Medical Journal**, v. 316, n. 7128, pg. 354-360. Jan. 1998. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2665551/>> Acesso em 19 Nov 2017.

GSMA. **Economia móvel américa latina e caribe**, 2017. Disponível em: <<https://www.gsmaintelligence.com/research/?file=57291d47e2f84faef123a8228294a3ae&download>> Acesso em 19 Nov 2017.

HAN S, LEE D, LEE S. A study on the reliability of measuring dynamic balance ability using a smartphone. **J. Phys. Ther. Sci.** V. 28: 2515–2518. Mai 2016. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5080164/>> Acesso em: 07 Set 2017.

JOHNSON L.B., SUMNER S., DUONG T., YAN P., BAJCSY R., ABRESCH R.T., DE BIE E., HAN J.J. Validity and reliability of smartphone magnetometer-based goniometer evaluation of shoulder abduction: A pilot study, *Manual Therapy* v. 20, n. 6, pg777–782, Dez. 2015. Disponível em: < [http://www.mskscienceandpractice.com/article/S1356-689X\(15\)00052-1/fulltext](http://www.mskscienceandpractice.com/article/S1356-689X(15)00052-1/fulltext) > Acesso em 19 Nov 2017.

KOLBER MJ, PIZZINI M, ROBINSON A, YANEZ D, HANNEY WJ. The reliability and concurrent validity of measurements used to quantify lumbar spine mobility: an analysis of an iphone application and gravity based inclinometry. **International Journal of Sports Physical Therapy.** V.8, n.2:129–137, Abr 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3625792>> Acesso em 02 Out 2017.

KIM A., KIM J., RIETDYK S., ZIAIE B. A wearable smartphone-enabled camera-based system for gait assessment. **Gait Posture.** V. 42, n. 2, pg. 138–144, Jul 2015. Disponível em: < [http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362\(15\)00461-0/fulltext](http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362(15)00461-0/fulltext)>

KRAUSE D. A., BOYD M. S., HAGER A. N., SMOYER E. C., THOMPSON A. T., HOLLMAN J. H. Reliability and accuracy of a goniometer mobile device application for video measurement of the functional movement screen deep squat test. **International Journal of Sports Physical Therapy.** V.10 n. 1, pg 37–44. Fev 2015. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4325286/>>

MCVEIGH K. H., MURRAY P. M., HECKMAN M. G., RAWAL B., PETERSON J. J. Accuracy and validity of goniometer and visual assessments of angular joint positions of the hand and wrist. **J Hand Surg**, v. 41, n. 4, pg. 21– 35. Jan. 2016. Disponível em:

< [http://www.jhandsurg.org/article/S0363-5023\(15\)01590-7/fulltext](http://www.jhandsurg.org/article/S0363-5023(15)01590-7/fulltext)> Acesso em 19 Nov 2017.

MILANESE S., GORDON S., BUETTNER P., FLAVELL C., RUSTON S., COE D., O'SULLIVAN W., MCCORMACK S. Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: Smart phone App versus Universal Goniometer used by experienced and novice clinicians. *Manual Therapy* v.19, n.6, pg 569-574. Dez. 2014. Disponível em: < [http://www.mskscienceandpractice.com/article/S1356-689X\(14\)00111-8/fulltext](http://www.mskscienceandpractice.com/article/S1356-689X(14)00111-8/fulltext)> Acesso em 19 Nov 2017.

MILANI, A. **Programando para iPhone e iPad: aprenda a construir aplicativos para iOS**. 1ªed. SP: Ed Novatec, 2012.

MITCHELL K, GUTIERREZ SB, SUTTON S, MORTON S, MORGENTHALER A. Reliability and validity of goniometric iPhone applications for the assessment of active shoulder external rotation. *Physiother Theory Pract.* v. 30 n. 7: 521- 525. Out. 2014. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/09593985.2014.900593?journalCode=iptp20>> Acesso em: 01 jul 2017.

MOSA AS, YOO I, SHEETS L. A systematic review of healthcare applications for smartphones. **BMC Med Inform Decis Mak.** v. 12 n.67. Jul 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22781312>> Acesso em 07 Set 2017.

OCKENDON M., GILBERT R.E. Validation of a Novel Smartphone Accelerometer-Based Knee Goniometer. **J Knee Surg** v. 25:341–346.Mai. 2012. Disponível em: < <https://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0031-1299669>> Acesso em 19 Nov 2017.

O'REILLY M, DUFFIN J, WARD T, CAULFIELD B. Mobile app to streamline the development of wearable sensor-based exercise biofeedback systems: system development and evaluation. **JMIR Rehabil Assist Technol**, v. 4, n. 2, Jul 2017. Disponível em: < <https://rehab.jmir.org/2017/2/e9/>>

OTTER S. J., AGALLIU B., BAER N., GEORGIE HALES G., HARVEY K., JAMES K., KEATING R., MCCONNELL W., NELSON R., QURESHI S., RYAN S., ST. JOHN A., WADDINGTON H., WARREN K., WONG D. The reliability of a smartphone goniometer application compared with a traditional goniometer for measuring first metatarsophalangeal joint dorsiflexion. *J Foot Ankle Res*, v. 8, n.30, pg 1–7 Jul. 2015. Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1186/s13047-015-0088-3>> Acesso em 19 Nov 2017.

PICHONNAZ, C., DUC, C., GLEESON, N., ANCEY, C., JACCARD, H., LÉCUREUX, E., AMINIAN, K. Measurement Properties of the Smartphone-Based B-B Score in Current Shoulder Pathologies. **Sensors**. V.15, n.10: 26801–26817. Jun 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4634494/>>. Acesso em 02 Out 2017.

POURAHMADI MR, EBRAHIMI TAKAMJANI I, SARRAFZADEH J, BAHRAMIAN M, MOHSENI-BANDPEI MA, RAJABZADEH F, TAGHIPOUR M. Reliability and concurrent validity of a new iPhone(®) goniometric application for measuring active wrist range of motion: a cross-sectional study in asymptomatic subjects. **J Anat**. V.230 n.3:484-495, dez 2016. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joa.12568/pdf>>. Acesso em: 07 Set 2017.

POURAHMADI MR, TAGHIPOUR M, JANNATI E, MOHSENI-BANDPEI MA, TAKAMJANI IE, RAJABZADEH F. Reliability and concurrent validity of an iPhone(®) application for the measurement of lumbar spine flexion and extension range of motion. **J Anat**. V.230 n.3:484-495, ago 2016. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joa.12568/pdf>>. Acesso em: 07 Set 2017.

RODRÍGUEZ S. M. Mobile App to Streamline the Development of Wearable Sensor-Based Exercise Biofeedback Systems: System Development and Evaluation. **J Sports Med.** V. 4, n. 2, Ago 2017. Disponível em: <<https://rehab.jmir.org/2017/2/e9/>>

ROMERO-FRANCO N., JIMÉNEZ-REYES P., CASTAÑOZAMBUDIO A, CAPELO-RAMÍREZ F, RODRÍGUEZ-JUAN J. J., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ J., TOSCANO-BENDALA F. J., CUADRADO-PEÑAFIEL R., BALSALOBRE-FERNÁNDEZ C. Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods. **European Journal of Sport Science.** 2017. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17461391.2016.1249031?journalCode=tajs20>> Acesso em: 01 jul 2017.

STANTON R. KEAN C. O., SCANLAN A. T. My Jump for vertical jump assessment. **Br J Sports Med.** V. 0, n. 1, pg 1-2. Jun. 2015. Disponível em: <<https://rehab.jmir.org/2017/2/e9/>>

SALAMH P. A., KOLBER M. The reliability, minimal detectable change and concurrent validity of a gravity-based bubble inclinometer and iPhone application for measuring standing lumbar lordosis. **Physiother Theory Pract**, v. 30, n. 1, pg 62-67. Jul. 2013. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/09593985.2013.800174?journalCode=iptp20>> Acesso em 19 Nov 2017.

SHIN DC, SONG CH. Smartphone-Based Visual Feedback Trunk Control Training Using a Gyroscope and Mirroring Technology for Stroke Patients: Single-blinded, Randomized Clinical Trial of Efficacy and Feasibility. **Am J Phys Med Rehabil.** V. 95 n.5:319-29. Mai 2016. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=26829087>>. Acesso em: 07 Set 2017.

SOUZA RB. An Evidence-Based Videotaped Running Biomechanics Analysis. **Physical medicine and rehabilitation clinics of North America**. V.27 n.1:217-236. Fev. 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4714754/>> Acesso em 07 Set 2017.

WEILER R. Übersense Coach app for sport medicine? Slow motion video analysis (Mobile App User Guide). **Br J Sports Med** v. 50 pg. 255-256. Jul. 2016. Disponível em: < <http://bjsm.bmj.com/content/50/4/255>>

WHITELEY R. Coach's eye. **Br J Sports Med**. V. 0, n. 1. Mai 2015. Disponível em: < <http://bjsm.bmj.com/content/49/20/1349>>

YEO BK, SIRISENA D. Simi Move: entry level mobile app to analyse walking and running gait. **Br J Sports Med**. Mar. 2017 v. 0, pg 1 e 2. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28404555>>.