



FACULDADE PERNAMBUCANA DE SAÚDE

**APLICATIVOS MÓVEIS DE SMARTPHONES VOLTADOS PARA
AVALIAÇÃO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO ARTICULAR:
UMA REVISÃO INTEGRATIVA.**

SMARTPHONES MOBILE APPLICATIONS FOR THE EVALUATION OF RANGE
OF ARTICULAR MOTION: AN INTEGRATIVE REVIEW.

RECIFE

2020



FACULDADE PERNAMBUCANA DE SAÚDE

APLICATIVOS MÓVEIS DE SMARTPHONES VOLTADOS PARA AVALIAÇÃO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO ARTICULAR: UMA REVISÃO INTEGRATIVA.

Programa de Iniciação Científica (PIC) e trabalho de conclusão de curso (TCC) do curso de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS)

Estudante: Maria Eduarda Soares Viana.

Orientadora: Ana Carla Gomes Botelho.

Grupo de Estudo: Estudos em Reabilitação, Avaliação e Desempenho Funcional.

Linha de pesquisa: Métodos e técnicas de avaliação física.

RECIFE

2020

IDENTIFICAÇÃO

ACADÊMICA:

Maria Eduarda Soares Viana;

Estudante do sétimo período de Fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde – FPS;

Telefone: (81) 99122-9400

Email: maria.leduarda@hotmail.com

ORIENTADORA:

Ana Carla Gomes Botelho

Tutora do 4º período do curso de fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde – FPS;

Fisioterapeuta do centro especializado em reabilitação IV (CER IV) do Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira – IMIP;

Mestre em saúde materno infantil pelo Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira – IMIP;

Telefone: (081) 99506-5534

Email: acarlabotelho@gmail.com

RESUMO

OBJETIVO: Realizar uma revisão integrativa sobre os aplicativos validados de medição de amplitude de movimento articular. **MÉTODO:** A busca pelos artigos foi realizada nas bases de dados SciELO e MedLine/PUBMED, com o cruzamento das palavras chaves nos últimos 10 anos. A apuração dos estudos foi executada de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos em três etapas: a primeira referente à análise dos títulos de cada pesquisa, a segunda etapa consistiu na leitura dos resumos dos projetos e a última etapa englobou a leitura na íntegra dos estudos restantes selecionados. **RESULTADOS:** Foram selecionados 22 artigos que abordavam aplicativos que mensuram diferentes amplitudes de movimentos articulares, para o estudo foram categorizados em: cervical, lombar, glenoumeral, cotovelo, punho, quadril, joelho e tornozelo. Todos os aplicativos passaram por um protocolo de testes em seus devidos estudos e a grande maioria obteve boa validade e confiabilidade frente às avaliações propostas. **CONCLUSÃO:** Observou-se grande diversidade e fácil acesso aos aplicativos móveis e smartphones. Os recursos tecnológicos possibilitam aos profissionais de saúde a introdução de novas ferramentas nas suas práticas clínicas, ofertando uma maior desenvoltura em seus atendimentos e obtendo conseqüentemente melhores resultados.

Palavras-chave: smartphone, aplicativos móveis, amplitude de movimento articular e articulações.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To carry out an integrative review of validated joint range of motion measurement applications. **METHOD:** The search for the articles was carried out in the SciELO and MedLine / PUBMED databases, with the crossing of key words in the last 10 years. The investigation of the studies was carried out according to the inclusion and exclusion criteria established in three stages: first, regarding the analysis of the titles of each research, the second stage consisted of reading the project abstracts and the last stage included the reading in full of the remaining studies selected. **RESULTS:** 22 articles were selected that addressed applications that measure different amplitudes of joint movements, for the study were categorized into: cervical, lumbar, glenohumeral, elbow, wrist, hip, knee and ankle. All applications underwent a test protocol in their studies and the vast majority obtained good validity and reliability compared to the proposed evaluations. **CONCLUSION:** Great diversity and easy access to mobile applications and smartphones were observed. Technological resources enable health professionals to introduce new tools in their clinical practices, offering greater ease in their care and consequently obtaining better results.

Keywords: smartphone, mobile applications, range of motion articular and joints.

I. INTRODUÇÃO

É notória que a evolução da saúde está ligada com a inserção e o manejo da tecnologia, a interação entre esses domínios -saúde e tecnologia- propendem benefícios e ganhos ao conhecimento científico¹. As duas vertentes estão agregadas em equipamentos, drogas, procedimentos terapêuticos, treinamentos profissionais e até mesmo em setores de gerenciamento. A junção da saúde com a tecnologia é denominada pelo termo *e-Halte* e tem intuito de promover uma melhor qualidade de vida e sanidade de um ser através da aprimoração e eficiência do suporte à saúde^{3,4}.

A tecnologia traz com si um marco importante nos últimos tempos, o uso dos smartphones. Considerados uma das maiores inovações tecnológicas, os dispositivos móveis juntamente com seus aplicativos são de grande potencial para colaborar na assistência à saúde, tanto no ramo da pesquisa, quanto da clínica. A viabilidade dessas ferramentas proporciona aos multiprofissionais da área alcançar novas experiências em seus ramos como também o poder de agilidade e exatidão. Além de toda credibilidade transmitida, essas ferramentas ajudam desde monitoramentos básicos, até diagnósticos precisos, reabilitações e tratamentos^{5,6}.

Os smartphones apresentam em suas composições vários tipos de sensores, incluindo entre eles os que são capazes de detectar ou até mesmo mensurar os movimentos do corpo humano. Sabendo disso, pesquisadores da área de saúde começaram a testar aplicativos para medição de amplitude de movimento articular (ADM) com intuito de facilitar as avaliações durante os atendimentos e buscar resultados com maiores precisões para uma melhor desenvoltura do plano terapêutico^{7, 8}. Atualmente a ferramenta tida como padrão para mensurações de amplitudes de movimento articulares é o goniômetro, porém, o mau posicionamento do aparelho, a complexidade de algumas articulações ou até mesmo a dificuldade da palpação de

algumas proeminências ósseas circundadas por tecidos adjacentes, podem resultar em erros de medição da ADM dos pacientes^{8,9}.

Buscando pelo aperfeiçoamento dos instrumentos de avaliação biomecânica e por reiterar os possíveis erros do goniômetro tradicional é preciso que os demais softwares com seus devidos protocolos de atendimento tenham suas validações em pesquisas de saúde⁸. É importante a medição correta da amplitude de movimento articular, pois é a partir dela que o profissional consegue perceber disfunções musculoesqueléticas obtendo como base dados para realizar suas intervenções e procedimentos com finalidade de atingir uma boa evolução do paciente.

É necessário o avanço e desenvolvimento da técnica de mensuração da amplitude de movimento articular através dos aplicativos de smartphones validados. A fisioterapia busca por resultados mais exatos e que apresentem veracidade, os softwares além de tecnológicos podem ser ótimos aliados para a realização do procedimento abordado. Além dos profissionais fisioterapeutas acompanharem o avanço tecnológico, inserindo o mesmo no ambiente de trabalho e atualizando seus recursos, isso poderá proporcionar uma melhor agilidade em seus atendimentos e coletas mais exatas, o que leva consequentemente a diagnósticos precisos, protocolos de tratamentos mais elaborados, possibilitando ao paciente alcançar melhores resultados na sua reabilitação. O objetivo desse estudo é realizar uma revisão sistemática sobre os aplicativos de medição da amplitude de movimento articular já validados, oferecendo uma variedade de softwares que podem ser utilizados com maior praticidade e confiabilidade para as avaliações e procedimentos aplicados no paciente.

II. MÉTODO

Foi realizada uma revisão integrativa sobre a eficácia dos aplicativos móveis de smartphones voltados para avaliação da amplitude de movimento articular, com intuito de promover uma lista dos aplicativos validados que podem ser utilizados para a quantificação de ângulos articulares.

A busca pelos artigos foi realizada nas seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MedLine/PUBMED). As palavras chaves utilizadas para a busca foram: smartphone, aplicativos móveis, amplitude de movimento articular e articulações. De acordo com as palavras chaves dispostas, foi empregue para realização das pesquisas dos artigos, os cruzamentos nas bases de dados entre os descritores: amplitude de movimento articular e aplicativos móveis; amplitude de movimento articular e smartphone. Sendo assim, foram incluídos todos os artigos que correlacionavam amplitude de movimento articular com aplicativos móveis de smartphones já validados, abrangendo qualquer tipo de articulação, nos últimos 10 anos, em português e inglês. Em contrapartida foram excluídos todos os artigos que tratavam de amplitude de movimento articular sem ter relação com aplicativos móveis de smartphones e os que não apresentavam critérios de validação e avaliação dos softwares frente ao paciente.

A apuração dos artigos foi realizada de acordo com os critérios citados anteriormente, e concluída em três etapas. A primeira etapa de exclusão foi executada a partir da análise dos títulos de cada pesquisa, todos aqueles que não se enquadravam no contexto preestabelecido, foram retirados da coleta de dados. A segunda etapa consistiu na leitura dos resumos dos projetos ainda presentes na busca, os resumos que não abordavam o tema prescrito também foram excluídos posteriormente após análise. A terceira e última etapa engloba a leitura na íntegra dos projetos selecionados na fase dois

para alcançar uma visão mais ampla sobre o assunto em questão, assim, encerrando a seleção das demais pesquisas que foram utilizadas na presente revisão.

III. RESULTADOS

Durante a busca utilizando as palavras chaves e alguns cruzamentos específicos foram encontrados e coletados um total de 236 estudos. A partir da leitura dos títulos foram excluídos 197 que não se enquadravam no tema proposto, restando então 39. Das 39 pesquisas restantes foram excluídas mais 5 com a leitura dos seus resumos. Por fim, teve a leitura na íntegra de 34 projetos, sendo selecionados a partir desses 22 estudos restantes. A coleta foi finalizada com um total de 214 pesquisas excluídas e 22 pesquisas incluídas, as quais compõem esta revisão (Figura 1).

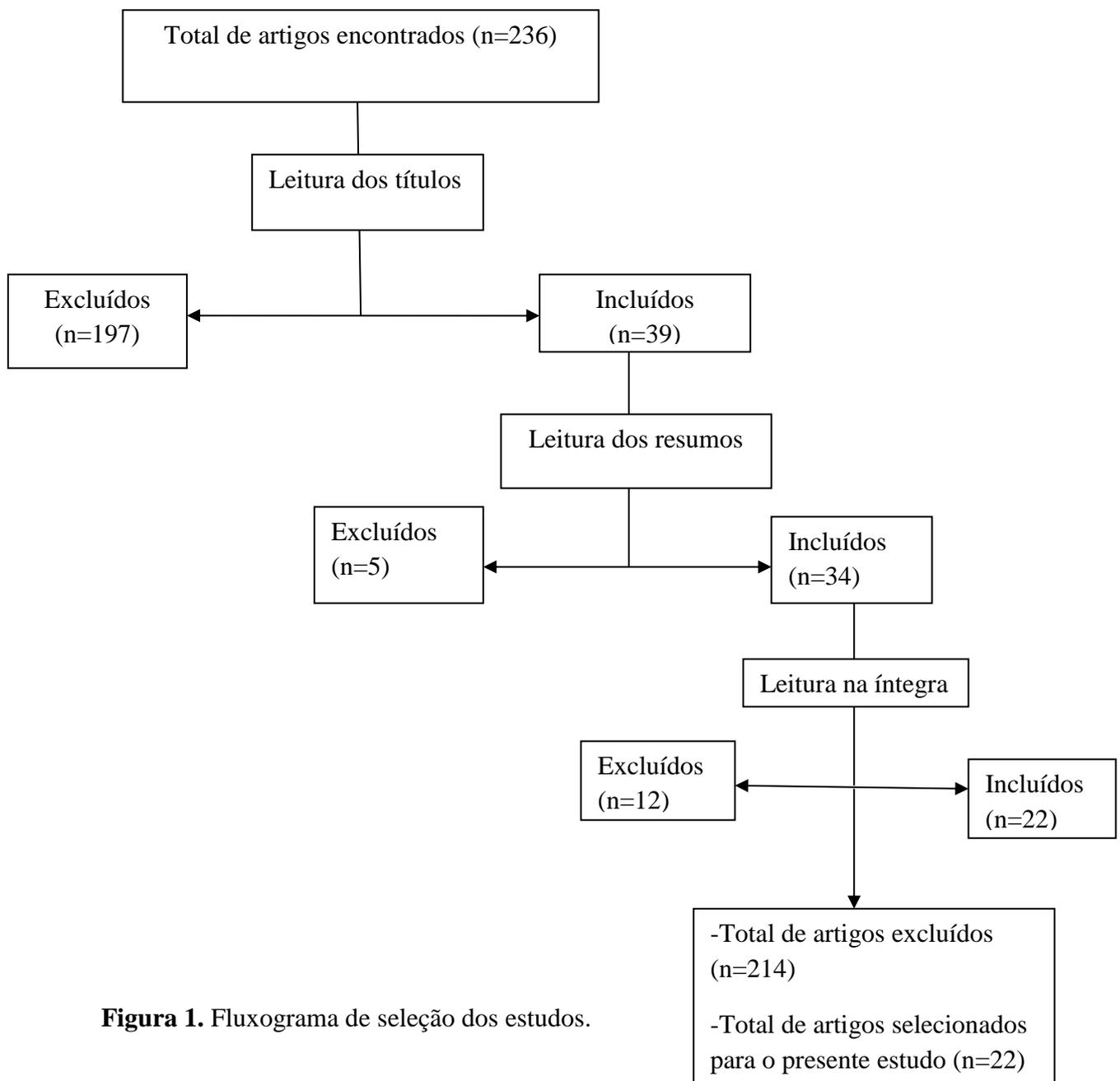


Figura 1. Fluxograma de seleção dos estudos.

Os dados dos estudos elegidos foram dispostos em uma tabela na qual contém suas especificidades, como por exemplo, seus autores, número de participantes, aplicativo utilizado, modelo do smartphone, amplitude das articulações avaliadas e resultados encontrados. (Tabela 1).

Tabela 1: Lista de artigos com seus respectivos aplicativos para celular e aspectos dos estudos.

Nº / TÍTULO DO ARTIGO	AUTOR/AUTORES	PARTICIPANTES	APLICATIVO	APARELHO CELULAR	AMPLITUDE AVALIADA	RESULTADOS
1. Assessing the Validity and Reliability of a New Video Goniometer App for Measuring Joint Angles in Adults and Children ¹² .	Cunha AB, Babik I, Harbourne R, Cochran NJ, Stankus J, Szucs K, Lobo MA.	54 adultos (12 do sexo masculino; 18-42 anos); 20 crianças mais velhas (13 do sexo masculino; 7-14 anos); 20 crianças mais novas (12 do sexo masculino; 0,7-6 anos).	Angles Video Goniometer (Angles app)	iPhone / iPad (iOS); Apple.	Tronco, quadril, ombro, cotovelo e joelho.	Resultados positivos. Indicou excelente confiabilidade intra e interexaminador
2. Confiabilidade de um aplicativo de goniometria para dispositivo móvel (Android): Goniôapp ⁷ .	Bobsin ET, Brehm TE, Silva GG, Mengue LF, Carlos AE, Dohnert MB, Daitx RB.	10 do sexo masculino e 34 do sexo feminino com idade superior a 18 anos.	Goniôapp	Smartphone Samsung, modelo Galaxy Win Duos	Articulação glenoumeral. Movimentos de flexão, extensão, abdução, rotação interna e externa.	Verificado nível de confiabilidade interexaminador e intra examinador moderado, exceto para os avaliadores 1 e 2 que obtiveram nível alto para extensão e o avaliador 3 apresentou que apresentou nível alto para todos os movimentos.

3. Assessment of range and quality of neck movement using a smartphone-based application ¹³ .	Palszon TS, Christensen SW, Thomsen MH, Hirata RP.	30 voluntários saudáveis (11 do sexo feminino; idade 27 (faixa de 21 - 37))	Versão beta do Balancy	iPhone 6; Apple.	Movimentos ativos do pescoço em planos transversal e sagital.	Demonstrou que um aplicativo baseado em smartphone pode ser usado para medir com precisão a ADM e os espasmos durante os movimentos do pescoço.
4. Concurrent validity and reliability of an iPhone app for the measurement of ankle dorsiflexion and inter-limb asymmetries ¹⁴ .	Fernández CB, Franco NR, Reyes PJ.	12 saudáveis participantes (idade = 28,6 ± 2,3 anos)	Dorsiflex	iPhone; Apple.	Dorsiflexão do tornozelo com suporte de peso	Os resultados mostram que a dorsiflexão do tornozelo com suporte de peso pode ser facilmente avaliada com precisão e confiabilidade usando o aplicativo Dorsiflex para iPhone.
5. Shoulder and elbow joint position sense assessment using a mobile app in subjects with and without shoulder pain - between-days reliability ¹⁵ .	Ramos MM, Carnaz L, Mattiello SM, Karduna AR, Zanica GG	25 indivíduos com dor no ombro (15 do sexo feminino e 10 do sexo masculino; 25 anos) e 29 indivíduos saudáveis (15 do sexo feminino e 14 do sexo masculino; 26,3 anos)	The mobile app	iPod de 5ª geração; Apple.	Avalia a angulação do ombro e do cotovelo	O aplicativo móvel é uma ferramenta confiável e pode ser útil para avaliar a sensação da posição da articulação do ombro principalmente a 110 ° de flexão e para cotovelo entre 50 ° e 110° de flexão

						em indivíduos com e sem dor no ombro.
6. Self-measured wrist range of motion by wrist-injured and wrist-healthy study participants using a built-in iPhone feature as compared with a universal goniometer ¹⁶ .	Modest J, Clair B, De Mais R, Meulenaere S, Howley A, Aubin M, Jones M.	30 indivíduos com lesão no punho (idade média de 47 anos) e 30 indivíduos saudáveis (idade média de 38 anos).	Aplicativo de bússola, localizado na pasta utilitária; é um aplicativo pré-carregado nos dispositivos iPhone 5 e iPod Touch.	iPhone 5; Apple.	Flexão, extensão, supinação e pronação do punho.	Indivíduos com pulso saudável e com lesão no pulso foram capazes de medir a ADM de forma confiável e independente usando um recurso de nível de smartphone
7. Inter-rater reliability and validity of angle measurements using smartphone applications for weight-bearing ankle dorsiflexion range of motion measurement ¹⁷	Awatani T, Enoki T, Morikita I.	18 participantes (9 do sexo masculino e 9 do sexo feminino, média \pm desvio padrão [DP]: idade, 25,3 \pm 2,8)	app Markerles e app Marker	iPhone 5; Apple	Dorsiflexão do tornozelo na posição de suporte de peso	As medições de aplicativos de smartphone exibiram confiabilidade interexaminador e alta validade.
8. Smartphone technology: a reliable and valid measure of knee movement in knee replacement ¹⁸ .	Castle H, Kozak K, Sidhu A, Khan RJ, Haebich S, Bowden V, Fick D, Goonatillake H.	27 participantes. Um total de 60 imagens de ADM do joelho para 30 artroplastias unicondilar ou total do joelho foram avaliados.	Dr. Goniometer.	iPhone 5G, Apple	Flexão e extensão total do joelho	O aplicativo provou ser uma ferramenta válida e confiável na medição da ADM do joelho após artroplastia.

<p>9. Concurrent validity and interrater reliability of a new smartphone application to assess 3D active cervical range of motion in patients with neck pain¹⁹.</p>	<p>Stenneberg MS, Busstra H, Eskes M, Trijffel EV, Cattrysse E, Scholten-Peeters GG, de Bie RA.</p>	<p>30 pacientes para o estudo de validade e 26 pacientes para o estudo de confiabilidade. Participantes acima de 18 anos.</p>	<p>Amplitude de movimento 3D.</p>	<p>iPhone 4s, Apple.</p>	<p>Flexo-extensão, rotação esquerda e direita e flexão lateral da cervical.</p>	<p>O aplicativo do iPhone atende à necessidade de um instrumento válido, confiável e viável na prática clínica e na pesquisa.</p>
<p>10. A new iPhone application for measuring active craniocervical range of motion in patients with non-specific neck pain: a reliability and validity study²⁰.</p>	<p>Pourahmadi MR, Bagheri R, Taghipour M, Takamjani IE, Sarrafzadeh J, Mohseni-Bandpei MA.</p>	<p>40 pacientes com dor cervical inespecífica (20 sexo masculino e 20 sexo feminino).</p>	<p>Goniometer Pro.</p>	<p>iPhone 7, Apple.</p>	<p>Flexão, extensão, flexão lateral e rotação craniocervical.</p>	<p>O aplicativo para iPhone possui boa confiabilidade e alta validade.</p>
<p>11. Reliability and concurrent validity of a new iPhone[®] goniometric application for measuring active wrist range of motion: a cross-sectional study in</p>	<p>Pourahmadi MR, Takamjani IE, Sarrafzadeh J, Bahramian M, Mohseni-Bandpei MA, Rajabzadeh F, Taghipour M.</p>	<p>120 pulsos de 70 adultos assintomáticos (38 do sexo masculino e 32 do sexo feminino; com idades entre 18 e 40 anos).</p>	<p>Goniometer Pro.</p>	<p>iPhone 5, Apple.</p>	<p>Flexão, extensão, desvio radial e desvio ulnar do punho.</p>	<p>Pode-se concluir que o aplicativo para iPhone[®] possui confiabilidade intra e interexaminadores e validade concorrente de boa a excelente.</p>

asymptomatic subjects ²¹ .						
12. Reliability and concurrent validity of a Smartphone, bubble inclinometer and motion analysis system for measurement of hip joint range of motion ²² .	Charlton PC, Mentiplay BF, Pua YH, Clark RA.	20 participantes jovens e saudáveis 23,8 ± 4,6 anos, altura: 179,0 ± 7,4 cm, massa: 78,9 ± 11,4 kg)	Hip ROM Tester	Samsung, Android	Articulação do quadril.	Os smartphones são ferramentas geralmente confiáveis e válidas para avaliar a amplitude de movimento passiva do quadril, com potencial para uso em larga escala.
13. Reliability and validity of a smartphone app to measure joint range ²³ .	Vohralik SL, Bowen AR, Burns J, Hiller CE, Nightingale EJ.	20 pessoas saudáveis participantes (7 do sexo masculino e 13 do sexo feminino), com idade entre 21 e 28 anos	iHandy Level	iPhone; Apple,	Dorsiflexão do tornozelo usando um teste de estocada com suporte de peso	O aplicativo para smartphone é confiável e válido, fornece um método de baixo custo para medir a amplitude de movimento e pode ser facilmente incorporado à prática clínica.
14. Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application ²⁴ .	Werner BC, Holzgrefe RE, Griffin JW, Lyons ML, Cosgrove CT, Hart JM, Brockmeier SF.	Ombros bilaterais de 24 indivíduos saudáveis foram incluídos (15 do sexo feminino e 9 do sexo masculino)	Clinômetro do smartphone (Plainco de Software Solutions)	iPhone; Apple,	Abdução, flexão, rotação externa, rotação interna do ombro.	O clinômetro do smartphone tem excelente concordância com um padrão ouro baseado em goniômetro paramedição da ADM do ombro em indivíduos saudáveis e sintomáticos.

<p>15. Inter and intra-rater reliability of mobile device goniometer in measuring lumbar flexion range of motion²⁵.</p>	<p>Bedekar N, Suryawanshi M, Rairikar S, Sancheti P, Shyam A.</p>	<p>30 alunos, (5 do sexo masculino e 25 do sexo feminino) de a faixa etária 19-24 anos (21,47 ± 1,46)</p>	<p>Goniometer</p>	<p>iPod, Apple</p>	<p>Flexão lombar.</p>	<p>O goniômetro de dispositivo móvel apresenta alta confiabilidade intraexaminador. A confiabilidade interexaminador foi moderada. Este dispositivo pode ser usado para avaliar a amplitude de movimento de flexão da coluna, representando o movimento uniplanar.</p>
<p>16. Reliability and criterion validity of two applications of the iPhone™ to measure cervical range of motion in healthy participants²⁶.</p>	<p>Laflamme YT, Boutin N, Dion AM, Vallée CA.</p>	<p>28 voluntários saudáveis (9 do sexo masculino e 19 do sexo feminino) com idades entre 19 e 43 anos (média ± DP: 23 ± 6).</p>	<p>Clinômetro e Compass</p>	<p>iPhone, Apple</p>	<p>Flexão, extensão, flexão lateral e rotação da cervical.</p>	<p>Quando comparadas ao padrão ouro, os aplicativos apresentaram validade moderada a boa.</p>
<p>17. Smartphone based accelerometry is a valid tool for measuring dynamic changes in knee extension range of motion²⁷.</p>	<p>Støve MP, Palsson TS, Hirata RP.</p>	<p>21 indivíduos saudáveis do sexo masculino.</p>	<p>MATLAB Mobile® versão 5.4.</p>	<p>iPhone 6, Apple.</p>	<p>Extensão dinâmica do joelho executado passivamente.</p>	<p>A acelerometria baseada em smartphone é uma ferramenta válida para medir a amplitude de movimento na articulação do joelho durante movimentos de</p>

						extensão dinâmica.
18. Reliability and Criterion Validity of the Smartphone Inclinometer Application to Quantify Cervical Spine Mobility ²⁸ .	Guidetti L, Placentino U, Baldari C.	23 voluntários saudáveis (13 do sexo masculino e 10 do sexo feminino; idade: 26 ± 5 anos, altura: 171 ± 7 cm, peso: 67 ± 13 kg).	Digital Compass Integrado App.	iPhone 5c, Apple.	Flexão / extensão frontal, flexão lateral e rotação da cabeça.	O smartphone testado é válido e confiável para medir ACROM nos planos frontal e sagital; além disso, também demonstra sua utilidade para análise do movimento de rotação, utilizando o aplicativo inclinométrico.
19. A study on the measurement of wrist motion range using the iPhone 4 gyroscope application ²⁹ .	Kim TS, Park DDH, Lee YB, Han DG, su Shim J, Lee YJ, Kim PCW	52 participantes saudáveis (25 do sexo masculino e 27 do sexo feminino; idade média de 32,3 anos)	Gyroscope.	iPhone 4, Apple.	Flexão, extensão, desvio radial, Desvio ulnar, supinação e pronação do punho.	A avaliação realizada através do aplicativo é mais simples de usar e pode ser realizado pelo paciente fora de um ambiente clínico.
20. Reliability of a smartphone-based goniometer for knee joint goniometry ³⁰ .	Ferriero G, Vercelli S, Sartorio F, Lasa SM, Ilieva E, Brigatti E, Ruella C, Foti C.	10 indivíduos saudáveis. Total de 35 fotos da articulação do joelho foram tiradas em um ambiente clínico.	DrGoniômetro (DrG)	iPhone 3G, Apple	Ângulo da articulação do joelho.	o DrG parece ser um método confiável para medir o ângulo da articulação do joelho.
21. Reliability of a new application for smartphones (Dr	Ferriero, G, Sartorio F, Foti C, Primavera D, Brigatti	28 fotos de cotovelos de indivíduos saudáveis	Dr Goniometer (DrG).	iPhone, Apple	Articulação do cotovelo.	Em conclusão, DrG é confiável para goniometria da

Goniometer) for elbow angle measurement ³¹	E, Vercelli S.					articulação do cotovelo.
22. Measurement of the knee flexion angle with smartphone applications: Which technology is better? ³² .	Jenny JY, Bureggah A, Diesinger Y.	10 pacientes com osteoartrite em estágio terminal foram selecionados.	Goniometer Pro e Dr. Goniometer.	iPhone, Apple.	Flexão do joelho.	O Dr. Goniometer é adequado para a finalidade de medição da amplitude de movimento do joelho em um ambiente clínico de rotina e é substancialment e superior à medição baseada em inclinômetro.

Legenda: DP = desvio padrão

Foram incluídos vinte e dois artigos, sendo divididos por região corporal: MMSS, MMII e coluna vertebral. Desses aos app que mensuraram a ADM para os membros superiores, quatro artigos avaliaram a articulação do ombro, três artigos avaliaram a articulação do cotovelo e três artigos avaliaram a articulação do punho. Enquanto que para os MMII, dois artigos avaliaram a articulação do quadril, cinco artigos avaliaram a articulação do joelho, três artigos avaliaram a articulação do tornozelo. Com relação à coluna vertebral, cinco artigos avaliaram a articulação cervical e um artigo avaliou a articulação lombar (Tabela 2).

Tabela 2: Aplicativos separados por articulações.

ARTICULAÇÕES	APLICATIVOS
MMSS: Ombro	Angles Video Goniometer, Goniôapp, The mobile app, Clinômetro do smartphone.
MMSS: Cotovelo	Angles Video Goniometer, The mobile app e Dr. Goniometer.
MMSS: Punho	Gyroscope, Goniometer Pro e o Aplicativo de bússola.
MMII: Quadril	Angles Video Goniometere, Hip ROM Tester
MMII: Joelho	Angles Video Goniometer, Dr. Goniometer, MATLAB Mobile e Goniometer Pro.
MMII: Tornozelo	Dorsiflex, app Markerles, app Marker e iHandy Level.
Coluna Vertebral: Cervical	Digital Compass integrado, Clinômetro, Compass, Amplitude de movimento 3D, Goniometer Pro e Versão beta do Balancy.
Coluna Vertebral: Lombar	Goniometer.

Legenda: MMSS: membros superiores; MMII: membros inferiores.

IV. DISCUSSÃO

Esta revisão integrativa analisou estudos validados que utilizam app para avaliar a amplitude de movimento articular. A presença de diversos app de avaliação da ADM, desde os utilizados na medição dos movimentos da coluna vertebral até instrumentos elaborados com foco na ADM de membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII), reforça a recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS) de estabelecer cuidados com os instrumentos de avaliação³³.

A literatura evidencia o avanço tecnológico através da variedade e evolução dos recursos oferecidos, o uso de app é uma ferramenta inovadora que facilita um melhor manejo durante as avaliações fisioterapêuticas. É de grande relevância para o fisioterapeuta a inserção da tecnologia no âmbito do trabalho, pois é necessário acompanhar todas as atualizações e modernizações visando proporcionar ao paciente o melhor atendimento possível, além de obter crescimento e melhor visibilidade da fisioterapia¹².

As pesquisas sobre avaliação da ADM com utilização de app de smartphones é um fenômeno da atualidade, nos últimos 2 anos (2018 e 2019) a presente pesquisa observou-se um aumento no número de publicações sobre esse tema, o que mostra um interesse dos pesquisadores associado ao avanço tecnológico que esses equipamentos podem proporcionar com sua inserção no ambiente laboral.

Dos aplicativos analisados, observou-se uma grande diversidade de sensores existentes, entre eles: os sensores de imagens, acelerometria, gravidade, inclinômetros, entre outros, o que demonstra grande variedade tecnológica presente entre os smartphones. Todos esses sensores são de grande ganho e proveito para as análises de

ADM da fisioterapia. É notável a evolução dos recursos quando comparados ao goniômetro universal, além de poder tornar as avaliações mais exatas e precisas, é visto que podem ser realizadas em menor tempo de consulta, assim, o profissional é capaz de progredir com o tratamento de maneira mais fiel e obter melhor visão de prognóstico¹⁸.

29.

Conforme revelado, o conjunto de publicações apontou a diversidade de app utilizados que evidenciam a possibilidade de mensuração da ADM em vários segmentos corporais. Diante disto, será realizada a apresentação dos aplicativos em tópicos específicos e separados por departamentos e articulações que os mesmos se dispuseram analisar. São eles: coluna vertebral (cervical e lombar), membros superiores (ombro, cotovelo e punho) e membros inferiores (quadril, joelho e tornozelo).

APP PARA MENSURAÇÃO DA ADM DA COLUNA VERTEBRAL:

Dentre os app avaliados para a ADM da coluna vertebral, foram categorizados no segmento cervical e lombar.

App para articulação cervical:

A avaliação do segmento cervical distribuiu-se na análise de três estudos envolvendo três aplicativos: Amplitude de movimento 3D, Goniometer Pro e Digital Compass Integrado App, que abordaram a mensuração dos movimentos de flexão, extensão, inclinação direita e esquerda e rotação para os dois lados^{19, 20, 28}. Para o app, Amplitude de movimento 3D, concluíram-se bons resultados de confiabilidade e validade para mensurações da ADM livre em pacientes com ou sem dor na cervical, podendo ser utilizado na prática clínica. Entretanto é preciso atenção aos possíveis erros cometidos pelo mau posicionamento do aparelho celular¹⁹. Os app Goniometer Pro e Digital

Compass Integrado App obtiveram bons resultados de confiabilidade e validade, podendo também ser aplicados nas consultas e intervenções fisioterapêuticas. Porém, no estudo de Guidetti L, referente ao Digital Compass Integrado App, foi apontado que os aparelhos celulares mais recentes do que o disposto no estudo podem vir a apresentar melhores resultados de precisão frente ao avanço tecnológico^{20, 28}.

Enquanto que o estudo de Palsson, TS, envolvendo o app Versão beta do Balancy, abordou apenas as avaliações nos planos transversal e sagital, ou seja, flexão, extensão e as rotações direita e esquerda. O aplicativo em questão obteve como resultados uma boa precisão referente às avaliações e sua possível execução com confiabilidade na prática clínica¹³.

O estudo de Laflamme, YT, utilizou dois app, Clinômetro e Compass, o primeiro avaliou apenas os planos frontais e sagitais e o segundo mensurou movimentos no plano transversal. No estudo em questão foi relatado que o aparelho celular em específico é de fácil manuseio e consegue disponibilizar dados válidos referentes à ADM cervical e com capacidade de acusarem alguma disfunção no segmento. Todavia foi observado que as avaliações dos movimentos no plano transversal, ou seja, relativo às rotações direita e esquerda, resultaram em baixa validade. Sendo assim, Laflamme YT, não indica o software para toda e qualquer mensuração da ADM cervical²⁶.

Dos seis app utilizados quatro obtiveram ótimos resultados: Versão beta do Balancy, Amplitude de movimento 3D, Goniometer Pro e Digital Compass Integrado App, e dois dos app, Clinômetro e Compass, apresentaram confiabilidade de moderada à boa quando comparada com o goniômetro universal^{19, 20, 28, 13, 26}.

App para articulação lombar:

Na categoria do segmento lombar foi analisada apenas com base no estudo de Bedekar, que utilizou o aplicativo denominado Goniometer. A mensuração da ADM foi avaliada a partir do movimento da flexão e obtiveram bons resultados, porém, moderada confiabilidade interexaminadores ²⁵.

APP PARA MENSURAÇÃO DA ADM DOS MEMBROS SUPERIORES:

Dentre os app avaliados para a ADM dos MMSS, foram categorizados nas articulações do ombro, cotovelo e punho.

App para articulação glenoumeral:

A articulação glenoumeral foi disposta em quatro estudos, na pesquisa de Cunha foi avaliado movimentos estáticos e atividades funcionais nos planos sagital e frontal, ou seja, movimentos de flexão, extensão e abdução, o estudo em questão obteve ótimos resultados e evidenciou que o app Angles Video Goniometer, é um recurso barato e que proporciona um feedback imediato sobre as mensurações¹². Entretanto no estudo de Ramos com seu respectivo app, The mobile app, avaliou apenas a flexão do ombro em determinados ângulos alvos, e obteve confiabilidade principalmente quando se refere à 110° de flexão¹⁵. Os demais estudos de Bobsin, que utilizou o app Goniôapp e o outro de Werner, com o app Clinômetro do smartphone, avaliaram a ADM em todos os planos, englobando então movimentos de flexão, extensão, abdução, rotação interna e externa^{7,24}. Os estudos obtiveram bons resultados, porém o app, Goniôapp, relatou confiabilidade moderada entre todos os avaliadores, enquanto o app, Clinômetro do smartphone, obtiveram bons níveis de concordância do software ^{12, 7, 15, 24}.

App para articulação do cotovelo:

No seguimento de cotovelo, foram apresentados três estudos. No artigo de Cunha foi avaliado o movimento de flexão de forma estática e dinâmica com o app Angles Video Goniometer, e nos demais estudos de Ramos e Ferriero, foram avaliadas as posições estáticas de flexão, com mais dois aplicativos, o The mobile app e Dr Goniometer, respectivamente^{12, 15, 31}.

Dos app apresentados o Angles Video Goniometer e Dr Goniometer utilizaram tecnologia a partir de detectores de imagens, enquanto o The mobile app calculou suas mensurações com sensores dependentes da gravidade. Os três artigos comentados obtiveram bons resultados de confiabilidade para as angulações de cotovelo, importante ressaltar que o The mobile app obteve melhores resultados de confiabilidade principalmente nas angulações de 50° a 110° de flexão^{12, 31, 15}.

App para articulação do punho:

Foram coletados três artigos referentes à articulação do punho. No estudo de Kim foram avaliados todos os movimentos do punho, definidos por flexão, extensão, desvio radial, desvio ulnar, pronação e supinação, utilizando um app Gyroscope. Os resultados demonstraram que esse app pode ser utilizado de forma simples e exata pelos próprios pacientes²⁹.

Um segundo app, o Goniometer Pro, foi tema do estudo de Pourahmadi, que avaliou os movimentos de flexão, extensão, desvio ulnar e desvio radial, demonstrando excelente confiabilidade e validade²¹.

Finalizando com a articulação do punho, o achado de Modest, estudou os movimentos de flexão, extensão, supinação e pronação, evidenciando também a

possibilidade confiável dos participantes mensurarem suas próprias amplitudes de movimentos com seu software, Aplicativo de bússola¹⁶.

APP PARA MENSURAÇÃO DA ADM DOS MEMBROS INFERIORES:

Dentre os app avaliados para a ADM dos MMII, foram categorizados os segmentos do quadril, joelho e tornozelo.

App para articulação do quadril:

Com relação aos app referentes à articulação do quadril, distribuiu-se na análise de dois artigos. O estudo de Cunha avaliou os movimentos estáticos em cadeia cinética fechada e dinâmicos de flexão e extensão, com o seu respectivo app Angles Video Goniometer. Obteve boa confiabilidade e demonstrou que com o uso desse app o profissional pode utilizar as duas mãos para o posicionamento do paciente, devido ao seu sensor com tecnologia de imagem, o que facilita as consultas e avaliações¹².

Enquanto que a pesquisa de Charlton mensurou as angulações de sete movimentos diferentes de forma passiva, foram eles: flexão, abdução, adução, rotação interna e externa na posição supina e rotação interna e externa na posição sentada, utilizando o aplicativo Hip ROM Tester. Obteve como resultado que dos sete movimentos analisados, quatro apresentaram boa confiabilidade, flexão, rotação interna e rotação externa na posição supina e rotação interna na posição sentada, enquanto os outros três movimentos restantes obtiveram confiabilidade de moderada a boa, entretanto o estudo obteve resultados positivos e o app apresentado pode ser utilizado para as mensurações da ADM do quadril²².

App para articulação do joelho:

Na categoria da articulação do joelho, foram envolvidos cinco artigos. Em todos os estudos foram avaliadas as amplitudes dos movimentos de flexão e extensão, quatro pesquisas avaliaram de forma estática e uma pesquisa analisou de forma ativa e dinâmica^{12, 18, 27, 30, 32}.

De acordo com Castle, o aplicativo Dr. Goniometer, apresenta-se de fácil entendimento e simples de manusear, o que pode vir a levar menos encontros com os profissionais de saúde, redução nos custos para os pacientes e melhorias em suas reabilitações¹⁸. Divergindo do estudo de Ferriero, apontando que o app Dr. Goniômetro, está sujeito a alguns erros caso o procedimento não seja reproduzido de forma correta e com cautela. Com relação aos seus resultados, obtiveram melhor confiabilidade na flexão de joelho comparada à extensão da articulação, devido à dificuldade de posicionamento do app Dr Goniômetro nesta manobra³⁰.

No estudo remanescente de Jenny, foi realizada uma comparação entre dois aplicativos, o Dr. Goniometer (tecnologia de câmera) e o app Goniometer Pro (tecnologia de inclinômetro), obtendo melhores resultados as avaliações que utilizaram o app Dr. Goniometer, com menores índices de erros, tecnologia mais precisa e aplicação adequada para a finalidade proposta. Observou-se que o app Goniometer Pro não deve ser utilizado para medições de angulações da articulação do joelho, pois, apresentou no estudo consideráveis oscilações e diferenças de angulações ao ser comparado com o método de referência³². Importante ressaltar que apenas o aplicativo Goniometer Pro não obteve bons resultados de segurança na mensuração dos movimentos angulares da articulação do joelho, entretanto, o mesmo software apresentou boa repercussão frente às avaliações das articulações craniocervical e punho.^{32, 20, 21}. Apesar das considerações, os demais estudos validaram e tiveram bons resultados de confiabilidade referente aos seus aplicativos^{20, 21}.

App para articulação do tornozelo:

Na articulação do tornozelo foram reunidos três estudos, que analisaram o movimento de dorsiflexão com suporte de peso na posição de estocada, posição na qual uma das pernas se encontra a frente com o joelho flexionado e o pé apoiado no chão, realizando uma dorsiflexão, enquanto a outra se posiciona atrás^{14, 17, 23}.

No estudo de Awatani T, foram analisados dois aplicativos semelhantes, app Markerles e app Marker, que se diferiam apenas quanto ao uso de marcadores, o app Markerless utiliza medições de aplicação sem uso de marcador, enquanto o app Marker utiliza medidas de aplicação com método de marcador específico, entretanto, ao final do estudo foi observado que ambos apresentaram grande validade, confiabilidade, além de demonstrarem condições apropriadas e exatas para as avaliações¹⁷.

Os resultados do estudo Fernández CB e de Vohralik SL, concluíram que as análises dos aplicativos Dorsiflex e iHandy Level, respectivamente, atingiram bons resultados, portanto, as mensurações para esta articulação são capazes de ocorrer de forma simples, precisa e confiável, podendo ser facilmente incorporado à prática clínica^{14, 23}.

Sendo assim, foi observado que a maioria dos estudos descritos ao decorrer da discussão apresentou que seus aplicativos atingiram boas repercussões. Importante salientar a facilidade do manejo e baixo custo financeiro. Todos esses aspectos podem trazer ganhos potenciais para a fisioterapia, tendo em vista a melhora nos atendimentos, avaliações e reabilitações com os pacientes^{12, 14, 18, 23, 29}.

v. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que todas as pesquisas analisadas utilizaram aplicativos validados e seus resultados receberam a confiabilidade frente aos testes e avaliações efetuados em cada estudo.

A diversidade e o fácil acesso dos recursos tecnológicos apresentados acrescentam aos profissionais fisioterapeutas novas ferramentas de confiabilidade para introduzirem as suas práticas clínicas. Avaliações, planos de tratamentos, reabilitações e evoluções de cada paciente podem ser melhores exercidos e elaborados com maior agilidade, baixo custo e ampla acessibilidade dos aplicativos validados de smartphones.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Richards B. Health Care, Technology and Innovation: What's Law Got to Do with It?. *Journal of law and Medicine*. 2020; 27 (3): 561-569.
2. Almeida RMVR, Infantsi AFC. A avaliação de tecnologia em saúde: uma metodologia para países em desenvolvimento. In: Almeida Filho N, Barradas R, Barreto ML, Veras RP, organizadores. *Epidemiologia, serviços e tecnologias em saúde*. Rio de Janeiro: FIOCRUZ; 1998. P. 25-9. (Epidemiologia 3)
3. Nita Marcelo Eidi, Secoli Silvia Regina, Nobre Moacyr, Ono-Nita Suzane Kioko. Métodos de pesquisa em avaliação de tecnologia em saúde. *Arq. Gastroenterol.* [Internet]. 2009 Dec [cited 2020 Sep 27]; 46(4): 252-255.
4. Cox K, Ferraz R. FisioApp: Aplicativo para Acompanhamento Fisioterápico de Pacientes com Dificuldades nas Funções das Articulações. *Anais do XVIII Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe*. 2018; 328-337.
5. Tibes CMDS, Dias JD, Zem-Mascarenhas SH. Aplicativos móveis desenvolvidos para a área da saúde no Brasil: revisão integrativa da literatura. *Revista Mineira de Enfermagem*. 2014; 18(2): 471-486.
6. Amorim DNP, Sampaio LVP, Carvalho GA, Vilaça KHC. Aplicativos móveis para a saúde e o cuidado de idosos. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde*. 2018; 12 (1): 58-71.
7. Bobsin ET, Brehm TE, Silva GG, Mengue LF, Carlos AE, Dohnert MB, Daitx RB. Confiabilidade de um aplicativo de goniometria para dispositivo móvel (Android): Goniôapp. *Acta Fisiátrica*. 2019; 26(1): 1-5.
8. Alves SA, Faria WC, Fonseca ACS. Protótipo de aplicativo goniométrico (pag) para mensurar amplitude de movimento em articulações monoaxiais. *Anais do Congresso Brasileiro da Associação Brasileira de Fisioterapia Traumato-Ortopédica-*

ABRAFITO. 2017; 2(1).

9. Furness J, Schram B, Cox AJ, Anderson SL, Keogh J. Reliability and concurrent validity of the iPhoneR Compass application to measure thoracic rotation range of motion (ROM) in healthy participants. *Peer J*, 2018; 6: 4431.
10. Chaves TC, Nagamine HM, Belli JFC, de Hannai MCT, Bevilaqua-Grossi D, de Oliveira AS. Confiabilidade da fleximetria e goniometria na avaliação da amplitude de movimento cervical em crianças. *Rev. bras. fisioter.* [Internet]. 2008 Aug [cited 2020 Sep 27]; 12(4): 283-289.
11. Bado GC de, Rodrigues R, orientador. Concordância entre o software kinovea e o aplicativo hudltechnique para análise de deslocamento angular de quadril, joelho e tornozelo durante o exercício agachamento. Campos do Vale: [s.n]; 2017
12. Cunha AB, Babik I, Harbourne R, Cochran NJ, Stankus J, Szucs K, Lobo MA. Assessing the Validity and Reliability of a New Video Goniometer App for Measuring Joint Angles in Adults and Children. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2020; 101(2): 275-282.
13. Palsson TS, Christensen SW, Thomsen MH, Hirata RP. Assessment of range and quality of neck movement using a smartphone-based application. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2019; 41: 64-69.
14. Fernández CB, Franco NR, Reyes PJ. Concurrent validity and reliability of an iPhone app for the measurement of ankle dorsiflexion and inter-limb asymmetries. *Journal of Sports Sciences*. 2019; 37(3): 249-253.
15. Ramos MM, Carnaz L, Mattiello SM, Karduna AR, Zanca GG. Shoulder and elbow joint position sense assessment using a mobile app in subjects with and without shoulder pain-between-days reliability. *Physical Therapy in Sport*. 2019; 37: 157-163.
16. Modest J, Clair B, De Masi R, Meulenaere S, Howley A, Aubin M, Jones M. Self-

- measured wrist range of motion by wrist-injured and wrist-healthy study participants using a built-in iPhone feature as compared with a universal goniometer. *Journal of Hand Therapy*. 2019; 32(4): 507-514.
17. Awatani T, Enoki T, Morikita I. Inter-rater reliability and validity of angle measurements using smartphone applications for weight-bearing ankle dorsiflexion range of motion measurements. *Physical Therapy in Sport*. 2018; 34: 113-120.
 18. Castle H, Kozak K, Sidhu A, Khan RJ, Haebich S, Bowden V, Fick D, Goonatillake H. Smartphone technology: a reliable and valid measure of knee movement in knee replacement. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2018; 41(2): 152-158.
 19. Stenneberg MS, Busstra H, Eskes M, Trijffel EV, Cattrysse E, Scholten-Peeters GG, de Bie RA. Concurrent validity and interrater reliability of a new smartphone application to assess 3D active cervical range of motion in patients with neck pain. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2018; 34: 59-65.
 20. Pourahmadi MR, Bagheri R, Taghipour M, Takamjani IE, Sarrafzadeh J, Mohseni-Bandpei MA. A new iPhone application for measuring active craniocervical range of motion in patients with non-specific neck pain: a reliability and validity study. *The Spine Journal*. 2018; 18(3): 447-457.
 21. Pourahmadi MR, Takamjani IE, 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. *Journal of anatomy*. 2017; 230(3): 484-495.
 22. Charlton PC, Mentiplay BF, Pua YH, Clark RA. Reliability and concurrent validity of a Smartphone, bubble inclinometer and motion analysis system for measurement of hip joint range of motion. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2015; 18(3): 262-267.

23. Vohralik SL, Bowen AR, Burns J, Hiller CE, Nightingale EJ. Reliability and validity of a smartphone app to measure joint range. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2015; 94(4): 325-330.
24. Werner BC, Holzgrefe RE, Griffin JW, Lyons ML, Cosgrove CT, Hart JM, Brockmeier SF. Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2014; 23(11): e275-e282.
25. Bedekar N, Suryawanshi M, Rairikar S, Sancheti P, Shyam A. Inter and intra-rater reliability of mobile device goniometer in measuring lumbar flexion range of motion. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2014; 27(2): 161-166.
26. Tousignant-Laflamme Y, Boutin N, Dion AM, Vallée CA. Reliability and criterion validity of two applications of the iPhone™ to measure cervical range of motion in healthy participants. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2013; 10(1): 69.
27. Støve MP, Palsson TS, Hirata RP. Smartphone-based accelerometry is a valid tool for measuring dynamic changes in knee extension range of motion. *The Knee*. 2018; 25(1): 66-72.
28. Guidetti L, Placentino U, Baldari C. Reliability and criterion validity of the smartphone inclinometer application to quantify cervical spine mobility. *Clinical spine surgery*. 2017; 30(10): E1359-E1366.
29. Kim TS, Park DDH, Lee YB, Han DG, su Shim J, Lee YJ, Kim PCW. A study on the measurement of wrist motion range using the iPhone 4 gyroscope application. *Annals of plastic surgery*. 2014; 73(2): 215-218.
30. Ferriero G, Vercelli S, Sartorio F, Lasa SM, Ilieva E, Brigatti E, Ruella C, Foti C. Reliability of a smartphone-based goniometer for knee joint goniometry. *International journal of rehabilitation research*. 2013; 36(2): 146-151.

- 31.** Ferriero, G, Sartorio F, Foti C, Primavera D, Brigatti E, Vercelli S. Reliability of a new application for smartphones (DrGoniometer) for elbow angle measurement. *Pm&r*. 2011; 3(12): 1153-1154.
- 32.** Jenny JY, Bureggah A, Diesinger Y. Measurement of the knee flexion angle with smartphone applications: which technology is better?. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2016; 24(9): 2874-2877.
- 33.** Organização Pan-Americana da Saúde, Organização Mundial da Saúde. Relatório sobre a Saúde no Mundo. São Paulo: Gráfica Brasil; 2001