Kinesither Rev aaaa;vv(nnn):x–y

Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature

Validity and reliability of phone applications for range of motion measurement in clinical practice: Literature review

Anne-Violette Bruyneel

Filière Physiothérapie, Haute école de santé, HES-SO//Haute École Spécialisée de Suisse Occidentale, 25, Rue des Caroubiers, 1227 Carouge, Suisse

Reçu le 26 novembre 2017 ; reçu sous la forme révisée le 12 janvier 2018 ; accepté le 26 janvier 2018

RÉSUMÉ

Objectifs. – Revue de littérature sur les tests de validité et de reproductibilités (intra- et inter-évaluateurs) des applications sur smartphone permettant de mesurer une amplitude de mouvement en degrés.

Méthode. – Les articles, en anglais et en français, ont été cherchés en utilisant les mots clés : « *healthy subjects* », « *phone* », « *range of motion* », *validity* », « *reliability* » et « *repeatability* » sur les bases de données PubMed/Medline, ScienceDirect, Pedro et Kinedoc. Une synthèse a été réalisée et chaque étude a été évaluée par le score QAREL.

Résultats. – Au total, 512 études ont été identifiées. Suite aux différentes étapes de sélection, 18 articles ont été recrutés. Cinq articles sur le rachis, 6 articles sur le membre inférieur et 7 articles sur le membre supérieur. Au total, 601 sujets asymptomatiques ont été testés. Le score QAREL moyen était de 7,61/12 (min : 6–max : 9).

Discussion et conclusion. – Les applications téléphoniques goniométriques et inclinométriques peuvent être utilisées pour mesurer des amplitudes de mouvement. Néanmoins, ces applications doivent être utilisées avec précaution pour les rotations cervicales et de hanches, ainsi que pour les mouvements de l'hallux et de l'épaule.

Niveau de preuve. – 2.

© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

MOTS CLÉS

Amplitude articulaire
Applications
Reproductibilité
Revue
Smartphone
Validité

KEYWORDS

Range of motion
Application
Reliability
Review
Smartphone
Validity

SUMMARY

Aim. – *Literature review about validity and reliability (intra and inter-raters) of range of motion angle tests with goniometer or inclinometer smartphone application.*

Method. – *The research was conducted, in French and English, using the following keywords "healthy subjects", "phone", "range of motion", validity", "reliability" et "repeatability" on the databases: PubMed, ScienceDirect, Pedro and Kinedoc. A synthesis was carried out and each study was evaluated by the QAREL score.*

Results. – *Overall, 512 articles were identified. Following the selection criteria, 18 articles were included, with 5 for cervical and lumbar motions, 6 for lower limb and 7 for upper limb. These studies included 601 healthy subjects. The mean QAREL score was 7.61/12 (min: 6–max: 9).*

Adresse e-mail :
Anne-violette.bruyneel@hesge.ch

https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011
© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

Discussion and conclusion. – *Goniometric and inclinometric smartphone applications can be used to measure range of motion. However, these applications should be used with caution for cervical and hip rotations, for hallux and shoulder movements.*
Level of evidence. – *2.*
© 2018 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

INTRODUCTION

De nombreuses applications sur smartphone ont émergées ces dernières années pour la prise en charge des patients [1]. Le développement concerne d'une part des outils de suivi à domicile (ex : coaching, programmes d'exercices personnalisés) [2], et d'autre part, des outils ayant pour objectif de tester certaines fonctions des patients lors des bilans (ex : jump test, équilibre, amplitudes de mouvements, etc.) [3]. Le développement des tests quantifiés repose sur les données issues des nombreux capteurs intégrés dans les smartphone (Android© ou iPhone©), tels que les gyroscopes, magnétomètres et les accéléromètres [4]. Alors que l'utilisation de ces applications progresse fortement en pratique clinique, les qualités de ces outils ne sont pas bien connues par les utilisateurs.
La prise en charge des patients par le physiothérapeute repose sur le bilan qui comprend les tests cliniques, le recueil des données, l'interprétation des données, le diagnostic et le pronostic [5].

Si le test est mal choisi, il peut alors générer des erreurs dans les valeurs obtenues, ce qui peut induire une mauvaise interprétation des données et une erreur de diagnostic.

La sélection d'un outil de mesure dépend du contexte clinique, de sa facilité d'utilisation, de son accessibilité, mais également, de ses propriétés psychométriques [6]. L'évaluation de la validité met en évidence la capacité d'un test à refléter la réalité, en comparant les résultats à un autre test de référence, dit « gold standard » [7]. La reproductibilité intra-évaluateur évalue la stabilité des données obtenues entre 2 mesures successives par le même évaluateur, alors que la reproductibilité interévaluateurs évalue la concordance des résultats obtenus par des évaluateurs différents [7,8]. Pour être valide et reproductible, un test doit produire une erreur de mesure la plus faible possible [6]. Celle-ci peut provenir de l'outil, des évaluateurs et de la variabilité de la performance individuelle [8].
Ce n'est que récemment qu'un certain nombre d'études ont émergé pour évaluer les qualités psychométriques des applications sur smartphone [4]. Pour la mesure des amplitudes de mouvements, 3 types d'applications ont été testés :
- les applications goniométriques [9] ;
- les calculs d'angles à partir de photos [10] ;
- les applications inclinométriques [11].

Lors de l'évaluation d'angles fixes en bois, la validité et la reproductibilité interévaluateurs de ces outils sur smartphone s'avèrent excellente [12]. En revanche, lorsque les tests sont réalisés sur des individus, les niveaux de validité et de reproductibilité sont très variables, oscillant de mauvais à parfait [13,14]. Dès lors, afin d'éviter une mauvaise utilisation, les cliniciens doivent connaître les conditions dans lesquelles la fiabilité est suffisamment élevée pour limiter les risques d'erreurs inhérentes aux applications et aux tests. Étant donné ces technologies récentes, peu de revue de littérature a été menée. Les quelques revues existantes ont réalisé une synthèse large des applications utilisables en pratiques cliniques [1,3], mais, n'ont pas ciblé spécifiquement les applications mesurant les angles pour évaluer la position spontanée d'un segment [15] ou l'amplitude de mouvement [16].
L'objectif de ce travail était donc de réaliser une revue de la littérature afin d'identifier et de synthétiser les études testant, pour des sujets asymptomatiques, la validité et la fiabilité (reproductibilités intra- et interévaluateurs) des applications sur smartphone, comparées à des outils inclinométriques et goniométriques, ayant pour fonction de calculer des angles pour tester les amplitudes de mouvement en pratique clinique.

MÉTHODE

Stratégie de recherche

Une recherche documentaire a été conduite, entre le 15 août et le 18 septembre 2017, afin d'identifier les études portant sur l'évaluation de la validité et/ou de la reproductibilité intra-évaluateur et/ou de la reproductibilité interévaluateurs des applications sur smartphone utilisées pour évaluer les amplitudes de mouvement. La stratégie de recherche est décrite dans le diagramme de flux en *Fig. 1*. Les articles, en anglais et en français, ont été cherchés en utilisant les mots clés : « healthy subjects », « phone », « range of motion », validity », « reliability » et « repeatability » sur les bases de données PubMed/Medline, ScienceDirect, Pedro et Kinedoc. Les opérateurs booléens « AND » et « OR », ainsi que l'utilisation des guillemets ont été utilisés pour construire les équations de recherche.

Critères d'inclusion

Les études inclues devaient avoir une ancienneté inférieure à 10 ans, être en anglais ou en français et avoir comme objectif principal d'étudier, sur des sujets asymptomatiques, la validité et/ou la reproductibilité (intra- et/ou interévaluateurs) des applications sur smartphone permettant de mesurer un angle de mouvement en degrés.

Critères d'exclusion

Nous avons exclu les articles considérés comme « hors sujet », c'est-à-dire ne traitant pas de la validité et/ou de la reproductibilité des applications inclinométriques ou goniométriques. Nous avons ensuite écarté les articles ayant les typologies suivantes :

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

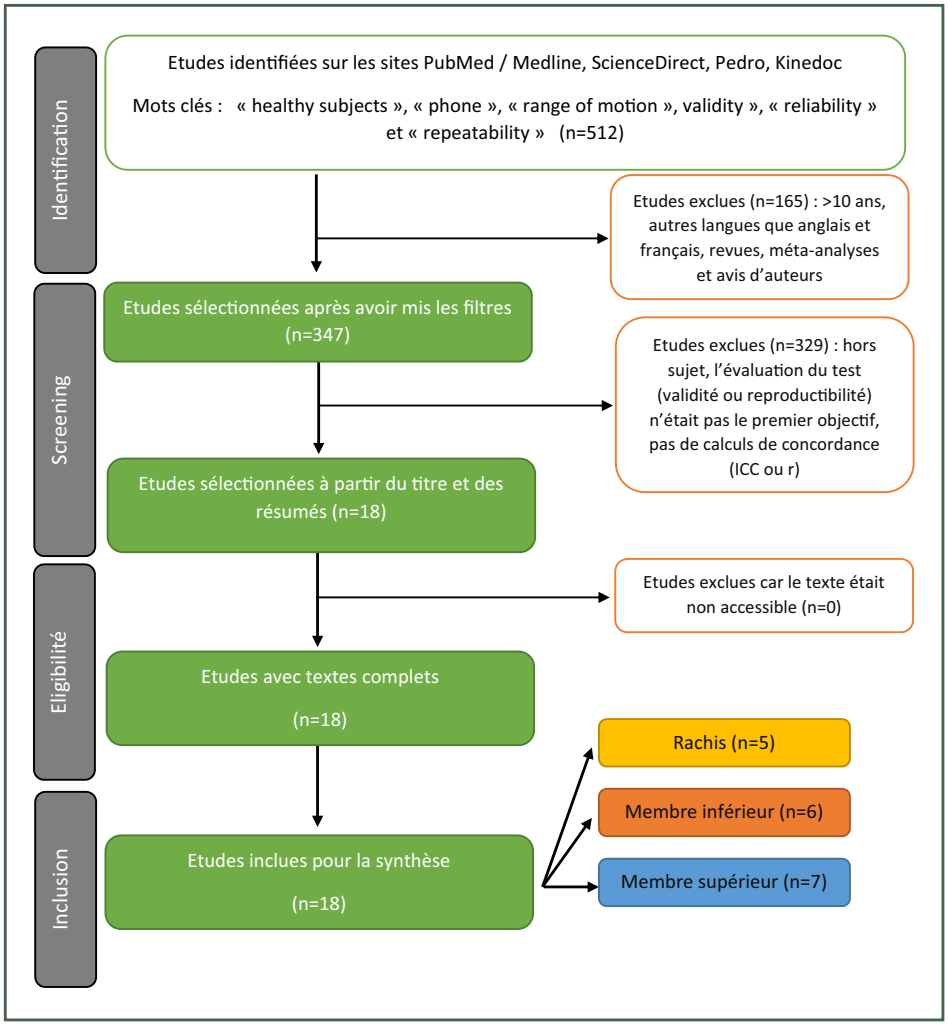

Figure 1. Diagramme de flux de la stratégie de recherche documentaire.

- recommandations ;
- revues de littérature ;
- méta-analyses ;
- avis d'auteurs.

Les articles n'étant pas en anglais ou en français, ceux testant une application non utilisable par un physiothérapeute (ex : mesure sur radiographies) et ne ciblant pas des sujets asymptomatiques, ainsi que ceux ne présentant pas une méthode statistique évaluant de la concordance [ex : calcul de coefficient intra-classes (ICC) et/ou coefficient de corrélation (r) pour la validité] ont également été exclus.

Critères d'éligibilité

Suite à la sélection à partir de la lecture du titre et du résumé, l'accessibilité au texte complet était vérifiée avant d'envisager une possible inclusion dans notre travail.

Extraction des données

La lecture a permis pour chaque article d'extraire :

- l'objectif de l'étude ;
- la méthode ;
- les mouvements étudiés ;
- les caractéristiques des participants ;
- les applications évaluées ;
- les résultats principaux obtenus.

Évaluation de la qualité des études

L'échelle « *Quality Appraisal of Reliability Studies* » (QAREL) a été utilisée pour évaluer la qualité méthodologique des articles sélectionnés [17]. Cette échelle, spécifique pour l'analyse critique des tests et des outils, comprend 12 items dans sa version modifiée évaluant la clarté de l'objectif, la validité externe, la validité interne et la méthode statistique. Cet outil a l'avantage d'être plus simple d'utilisation que l'échelle COSMIN et a déjà été régulièrement utilisée dans les études sur les tests en physiothérapie [18].

Analyse des données et synthèse

Les résultats ont été synthétisés sous forme de tableau, séparément selon le contexte étudié (rachis, membre inférieur,

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

membre supérieur). Pour l'analyse, nous avons utilisé les valeurs d'interprétation proposées par Portney et Watkins [19]. Une concordance égale à 1 est considérée comme parfaite, supérieure à 0,75 est bonne, entre 0,50 et 0,75 est modérée et inférieure à 0,50 est mauvaise. Afin de synthétiser l'entièreté des données, des graphiques ont été réalisés sur base des valeurs de concordance (ICC ou r) reprenant la moyenne, la valeur maximale et la valeur minimale pour chaque étude.

RÉSULTATS

Résultats généraux

Au total, 512 études ont été initialement identifiées (*Fig. 2*. Suite à nos différentes étapes de sélection, 18 articles ont été recrutés dans cette revue. Cinq articles portant sur le rachis, 6 articles sur le membre inférieur et 7 articles sur le membre supérieur. Au total, 601 sujets asymptomatiques ont été testés dans ces études. Toutes les études présentaient de manière claire les éléments nécessaires à la synthèse sous forme de tableau, c'est-à-dire les objectifs, la population, la méthode et les résultats. Le score QAREL moyen était de 7,61/12 (min : 6/max : 9).

La validité des outils a une concordance moyenne de 0,83 (min : 0,40/max : 0,99) (*Fig. 2*), la reproductibilité intra-évaluateur de 0,86 (min : 0,05/max : 1) (*Fig. 3*) et la reproductibilité interévaluateurs de 0,83 (min : 0,07/max : 0,99) (*Fig. 4*). Alors que les valeurs moyennes des concordances sont de bonne qualité, les résultats sont assez disparates selon la région du corps et le mouvement testé.

Comparaison entre les applications inclinométriques et goniométriques

Treize études utilisaient des applications téléphoniques inclinométriques [11,13,20–30] et 6 études utilisaient des applications goniométriques [9,10,14,15,24,31]. Les applications goniométriques montrent une validité mauvaise à parfaite ($0,40 \leq ICC \leq 1,00$), une bonne reproductibilité intra-évaluateur ($,79 \leq ICC \leq 0,99$) et une reproductibilité interévaluateurs modérée à bonne ($0,59 \leq ICC \leq 0,99$). À noter que si l'étude sur l'hallux est supprimée [15], toutes les concordances sont supérieures à 0,75 pour cet outil. Les applications inclinométriques ont des validités ($0,43 \leq ICC \leq 0,99$), des reproductibilités intra-évaluateur ($0,05 \leq ICC \leq 0,99$) et des reproductibilités interévaluateurs ($0,07 \leq ICC \leq 0,99$) mauvaises à bonnes.

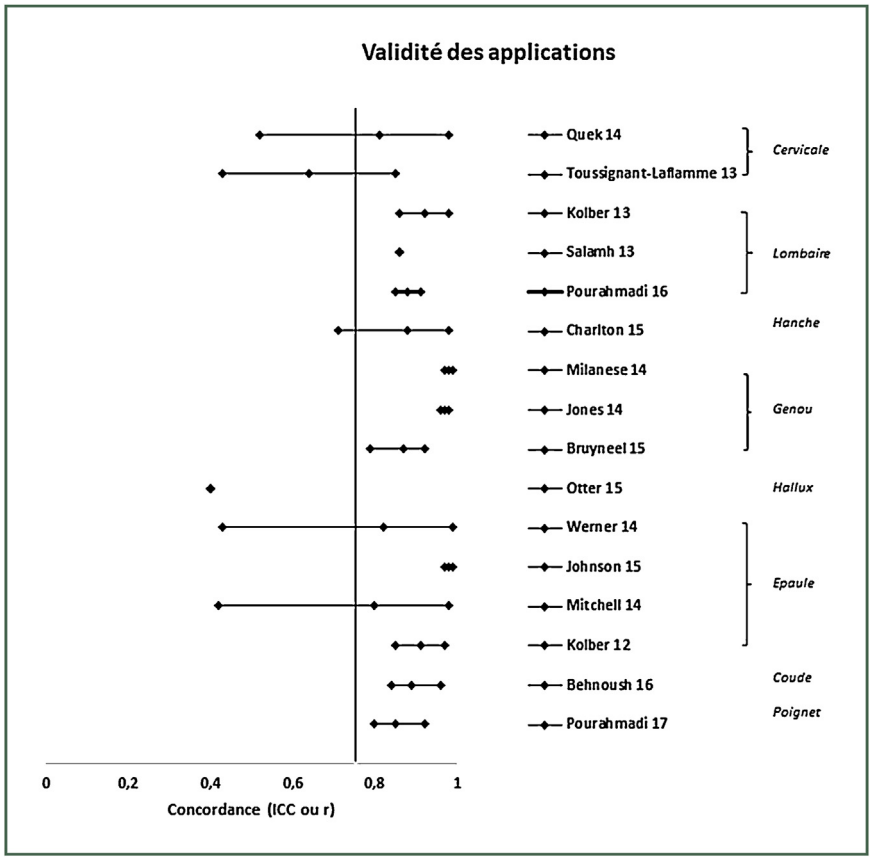

Figure 2. Graphique récapitulatif des validités selon l'étude et la région testée. Le point central correspond à la valeur moyenne et la barre à l'étendue entre la valeur de concordance minimale et maximale. Le trait vertical représente un seuil de concordance à 0,75 qui constitue la limite inférieure pour utiliser un test en pratique clinique.

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

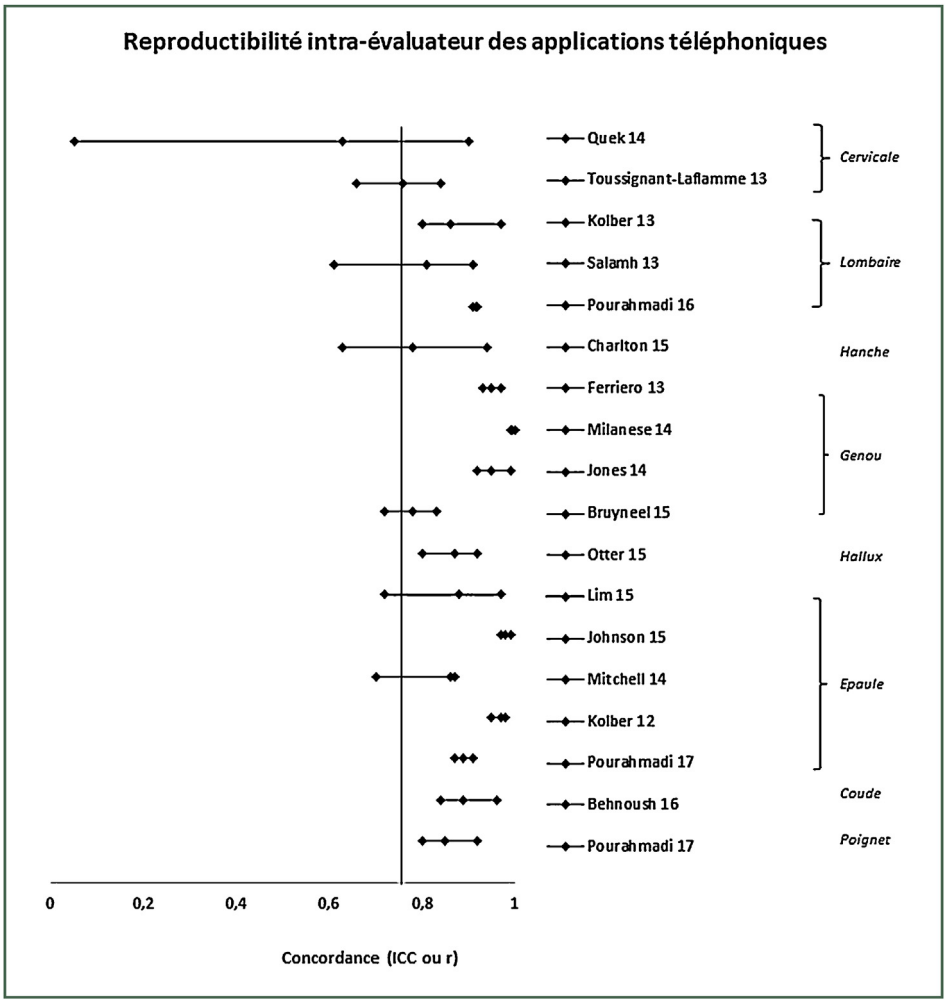

Figure 3. Graphique récapitulatif des reproductibilités intra-évaluateur selon l'étude et la région testée. Le point central correspond à la valeur moyenne et la barre à l'étendue entre la valeur de concordance minimale et maximale. Le trait vertical représente un seuil de concordance à 0,75 qui constitue la limite inférieure pour utiliser un test en pratique clinique.

Rachis

Cinq études ont testé des applications inclinométriques sur le rachis (*Tableau I*), dont 2 pour les amplitudes de mouvement cervical [13,28] et 3 pour la mobilité lombaire [11,29,30]. La validité et les reproductibilités ont systématiquement été étudiées excepté pour l'étude de Queck et al. [28] qui n'a pas testé la reproductibilité interévaluateurs. Le score QAREL moyen était de 8 (min : 7/max : 9). L'item le moins respecté était l'ordre aléatoire des tests.

La validité pour la mobilité cervicale est mauvaise à bonne ($0,43 \leq r \leq 0,99$), comme pour la reproductibilité intra-évaluateur ($0,05 \leq ICC \leq 0,90$) et interévaluateurs ($0,07 \leq ICC \leq 0,54$) [13,28]. Ce sont les rotations qui obtiennent les valeurs les plus basses.

Au niveau lombaire, pour la flexion, l'extension et les inclinaisons, les valeurs doivent être interprétées comme bonnes pour la validité ($0,85 \leq r$ ou $ICC \leq 0,98$), la reproductibilité intra-évaluateur ($0,80 \leq ICC \leq 0,97$) et la reproductibilité interévaluateurs ($0,81 \leq ICC \leq 0,98$) [11,29,30].

Membre inférieur

Six études ont testé la mobilité des membres inférieurs, dont 1 pour la hanche [27], 4 pour le genou [9,10,14,26] et 1 pour l'hallux [15]. Aucune étude n'a été trouvée pour l'articulation de la cheville (*Tableau II*). Le score QAREL moyen était de 7,16 (min : 6/max : 8). L'item le moins respecté était l'ordre aléatoire des tests.

La validité ($0,71 \leq ICC \leq 0,98$) et la reproductibilité intra-évaluateur ($0,63 \leq ICC \leq 0,94$) de la mobilité de la hanche sont modérées à bonnes [27]. La mesure de l'amplitude de rotation latérale est la moins fiable et la reproductibilité interévaluateurs n'a pas été testée.

Les mesures de flexion et extension de genou montrent une bonne validité ($0,85 \leq ICC \leq 0,98$) et reproductibilité intra-évaluateur ($0,78 \leq ICC \leq 0,99$) pour les applications inclinométriques [26] et goniométriques [9,10,14]. La reproductibilité interévaluateurs semble meilleure pour l'application goniométrique ($ICC > 0,98$) que pour l'application inclinométriques ($ICC > 0,65$).

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

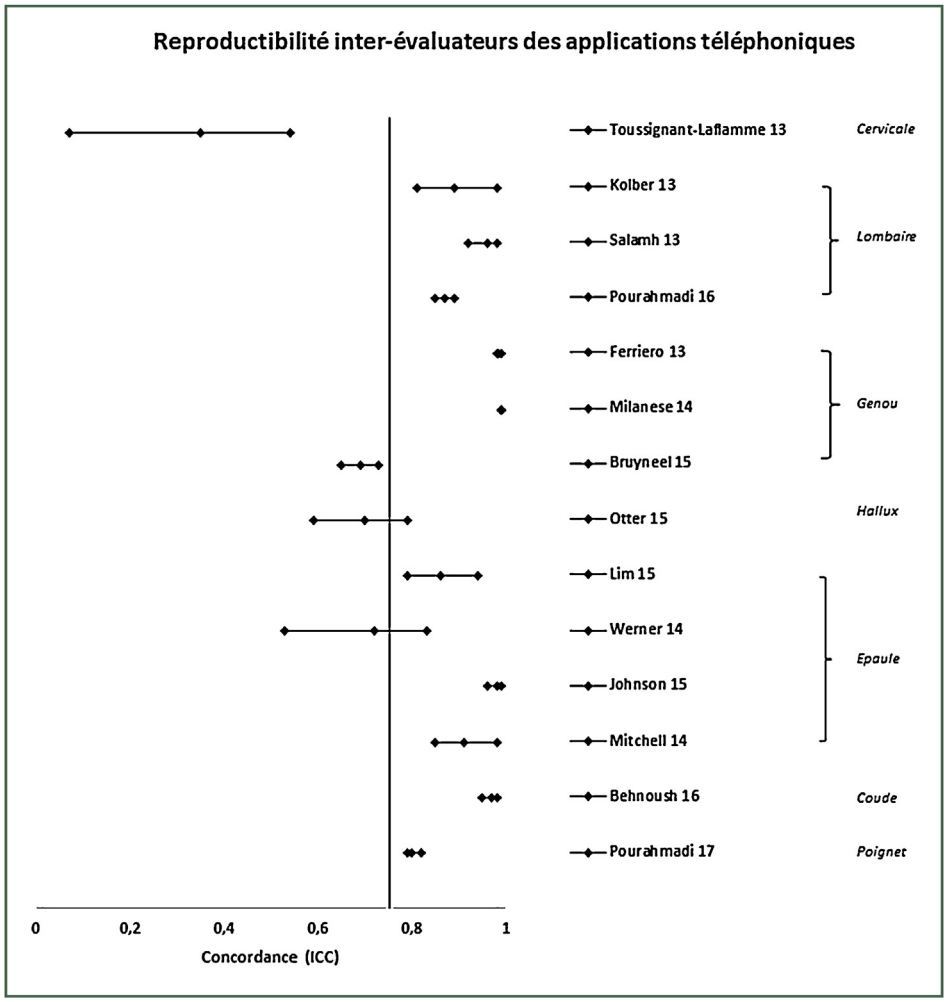

Figure 4. Graphique récapitulatif des reproductibilités interévaluateurs selon l'étude et la région testée. Le point central correspond à la valeur moyenne et la barre à l'étendue entre la valeur de concordance minimale et maximale. Le trait vertical représente un seuil de concordance à 0,75 qui constitue la limite inférieure pour utiliser un test en pratique clinique.

L'étude de Otter et al. sur l'hallux [15] utilisant une application goniométrique à partir de photos met en évidence une mauvaise validité (r = 0,40) de la mesure de la position spontanée de l'hallux. En revanche, la reproductibilité intra-évaluateur est bonne (0,79 $\leq$ ICC $\leq$ 0,92), alors que la reproductibilité interévaluateurs est modérée à bonne (0,59 $\leq$ ICC $\leq$ 0,79) lorsque le mouvement est testé passivement.

Membre supérieur

Pour la mesure des amplitudes du membre supérieur, nous avons trouvé 7 articles, dont 5 concernant l'épaule [21–24,32], 1 pour le coude [20] et 1 étude évaluant les mouvements du poignet [31] (*Tableau III*). Toutes les applications téléphoniques étaient de type inclinométrique, excepté 1 étude pour l'épaule qui a également utilisé une application goniométrique [23] et 1 étude pour le poignet [31]. Le score QAREL moyen était de 7,71 (min : 7/max : 9). L'item le moins respecté était l'ordre aléatoire des tests.

Les résultats montrent une validité mauvaise à bonne (0,42 $\leq$ ICC $\leq$ 0,99) [21–24]. La reproductibilité intra-évaluateur, testée par 4 étude sur 5, est de niveau modéré à bon (0,70 $\leq$ ICC $\leq$ 0,99) [21–23,32]. Quatre études sur 5 ont testé la reproductibilité interévaluateurs avec des valeurs allant de modérées à bonnes (0,72 $\leq$ ICC $\leq$ 0,99) [22–24,32].

Les travaux de Behnoush et al. [20] sur la flexion du coude, la pronation et la supination de l'avant-bras mettent en évidence une bonne validité (0,84 $\leq$ ICC $\leq$ 0,96) sur des sujets asymptomatiques. Alors que la reproductibilité intra-évaluateur n'a pas été testée, la reproductibilité interévaluateurs est de bon niveau (0,95 $\leq$ ICC $\leq$ 0,98).

Pourahmadi et al. [31] ont testé la flexion, l'extension et les inclinaisons du poignet par une application goniométrique sur des sujets asymptomatiques. Les résultats montrent de bonnes validités et reproductibilités (0,79 $\leq$ ICC $\leq$ 0,91).

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

Tableau I. Études sur la mobilité rachidienne.

	Auteurs	Méthode			Résultats			Qarel (/12)
		Test(s) cible (s)	Outils utilisés	Nombre de sujets	Validité	Intra-évaluateur	Interévaluateurs	
Mobilité cervicale	Quek et al., [14]	Mobilité cervicale (flexion, extension, inclinaison, rotation)	Inclinomètre (Android) comparé à de l'analyse cinématique 3D	21	Flex/ext : $0,83 \leq r \leq 0,99$ Inclinaisons : $0,92 \leq r \leq 0,93$ Rotations : $0,52 \leq r \leq 0,81$	Flex/ext : $0,82 \leq ICC \leq 0,86$ Inclinaisons : $0,85 \leq ICC \leq 0,90$ Rotations : $0,05 \leq ICC \leq 0,33$	Non fait	9
	Toussignant-Laflamme et al., [13]	Mobilité cervicale (flexion, extension, inclinaison, rotation)	Inclinomètre (iPhone) comparé à un inclinomètre à bulles	28	$0,43 \leq r \leq 0,85$	0,17 (rotation) $\leq$ ICC $\leq$ 0,68 (flexion)	0,07 (rotation) $\leq$ ICC $\leq$ 0,54 (inclinaison)	8
Mobilité lombaire	Kolber et al., [13]	Mobilité lombaire en flexion, extension et inclinaison	Inclinomètre (iPhone) comparé à un inclinomètre à bulles	30	$0,86 \leq ICC \leq 0,98$ (flexion)	$0,80 \leq ICC \leq 0,97$ (flexion)	$0,81 \leq ICC \leq 0,98$ (flexion)	7
	Salamh et al., [13]	Lordose lombaire	Inclinomètre (iPhone) comparé à un inclinomètre à bulles	30	r = 0,86	ICC = 0,81	ICC = 0,96	8
	Pourahmadi et al., [16]	Flexion et extension lombaire	Inclinomètre (iPhone) comparé à un inclinomètre gravitaire	30	$0,85 \leq ICC \leq 0,91$	$0,91 \leq ICC \leq 0,92$	$0,85 \leq ICC \leq 0,89$	8

DISCUSSION

Cette revue met en évidence l'existence de nombreuses études sur la validité et la reproductibilité des applications sur smartphone permettant de mesurer des angles. Toutes les études présentaient une méthodologie cohérente avec l'objectif annoncé et ont testé la validité préalablement à la reproductibilité, excepté une étude sur l'épaule. Les deux articulations les plus étudiées sont les genoux et les épaules. Aucune étude au moment de la revue n'a été trouvée sur les mouvements de cheville et des doigts.

Le score QAREL qui évalue la qualité méthodologique des études a montré un score moyen de 7,61 sur 12 points. Celui-ci pourrait être considéré comme moyen, mais, le score maximal espéré est en réalité de 9/12 dans le contexte proposé. En effet, le fait de cibler des participants asymptomatiques supprime deux items qui sont associés à des critères cliniques. De plus, aucun point n'a pu être attribué pour l'item 6 « est-ce que les évaluateurs n'avaient pas connaissance de la norme standard accepté ? », car les évaluateurs choisis étaient toujours des professionnels qui connaissent bien les amplitudes de mouvement. Lorsque la reproductibilité interévaluateurs n'était pas testée, l'item 4 n'était pas applicable (évaluateur en aveugle pour les résultats de l'autre évaluateur). Les études étaient donc globalement de bonne qualité, avec des objectifs clairement énoncés, une mise en place de l'aveugle et une analyse statistique appropriée. Toutefois, l'ordre aléatoire des tests (item 9) était le point le plus faible rencontré. Étant donné que plusieurs études ont mis en place un échauffement [21], le risque de biais par influence d'un premier test sur le deuxième test ne peut pas être écarté.

Les applications angulaires sur smartphone peuvent être considérées comme valides et reproductibles lors de l'évaluation de la mobilité lombaire, du coude, de l'avant-bras et du poignet [11,12,20,29–31].

Pour le genou, la validité et la reproductibilité intra-évaluateur est bonne [9,10,14], mais, l'utilisation entre différents évaluateurs est moins fiable, mais reste supérieure à l'inclinomètre gravitaire [26]. Pour les autres articulations, les valeurs de concordances sont très dépendantes du mouvement testé,

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

Tableau II. mobilité du membre inférieur.

	Auteurs	Méthode			Résultats			Qarel (/12)
		Test(s) cible(s)	Outils utilisés	Nombre de sujets	Validité	Intra-évaluateur	Interévaluateurs	
Hanche	Charlton et al., [15]	Mobilité coxofémorale	Inclinomètre (Android) comparé à l'analyse cinématique 3D	20	0,71 (rotation externe) ≤ ICC ≤ 0,98 (abduction)	0,63 (rotation externe) ≤ ICC ≤ 0,94 (rotation interne)	Non fait	7
Genou	Milanese et al., [14]	Flexion du genou (18 angles différents) Tests selon l'expériences des évaluateurs	Goniomètre (Android) comparé à un goniomètre en plastique	6	0,97 ≤ ICC ≤ 0,99	Expérimentés : ICC = 0,99 Non expérimentés : ICC = 0,99	ICC = 0,99	7
	Ferriero et al., [13]	Flexion de genou (5 angles différents, 10 mesures) 4 évaluateurs	Application goniométrique à partir de photos comparé à un goniomètre universel	1	Représentation graphique uniquement	0,93 ≤ ICC ≤ 0,97	0,98 ≤ ICC ≤ 0,99	6
	Jones et al., [14]	Flexion du genou en charge 1 évaluateur	Goniomètre (iPhone) comparé à un goniomètre universel	36	0,96 ≤ r ≤ 0,98	0,92 ≤ ICC ≤ 0,99	Non fait	7
	Bruyneel et al., [15]	Extension du genou	Inclinomètre (iPhone) comparé à un inclinomètre gravitaire	41	0,79 ≤ r ≤ 0,92	ICC = 0,78	0,65 ≤ ICC ≤ 0,73	8
Pied	Otter et al., [15]	Mobilité métatarso-phalangienne de l'hallux 8 évaluateurs	Application goniométrique à partir de photos comparées à un goniomètre universel	32	r = 0,40 (en position spontanée)	0,79 ≤ ICC ≤ 0,92 (mouvement passif)	0,59 ≤ ICC ≤ 0,79 (mouvement passif)	8

ce qui requière de la prudence dans l'évaluation des angles en pratique clinique.

Pour la mobilité cervicale, les validités et les reproductibilités en flexion et inclinaison sont bonnes, alors que l'extension et les rotations sont mauvaises [13,28], corroborant les études sur les outils manuels classiques [33]. Les valeurs de Quek et al. [28] sont supérieures aux valeurs de Tousignant-Laflamme [13], ce qui peuvent être expliquées par les différences de méthodes. En effet, la première étude a choisi de comparer l'application à un outil cinématique tridimensionnel et de fixer le smartphone sur un casque posé sur la tête [28], alors que dans la deuxième étude, l'application est comparée à un inclinomètre à bulle et le smartphone est placé manuellement sur la tête du patient [13].

La seule étude sur la hanche montre également de moins bonnes valeurs pour les rotations mesurées en position assise, bien qu'elles soient comparables à l'inclinomètre à bulle [27]. En revanche, lorsque la mesure de rotation est effectuée en décubitus, la validité et les reproductibilités sont bonnes et similaires à un inclinomètre numérique [34]. Les valeurs obtenues avec l'application lors des tests d'abduction et d'adduction sont également modérées [27]. Dès lors, l'utilisation de l'inclinomètre sur smartphone doit être privilégiée au niveau de la hanche pour la mesure de flexion, extension et des rotations en décubitus.

Au niveau de l'épaule, ce sont également les mesures d'abduction, d'adduction et de rotations qui sont les moins fiables [21–25]. Des études incluant des patients présentant une pathologie

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

Tableau III. mobilité du membre supérieur.

	Auteurs	Méthode			Résultats			Qarel (/12)
		Test(s) cible(s)	Outils utilisés	Nombre de sujets	Validité	Intra-évaluateur	Interévaluateurs	
Épaule	Lim et al., [15]	Adduction horizontale 2 évaluateurs	Inclinomètre (iPhone)	47	Non fait	0,72 ≤ ICC ≤ 0,97	0,79 ≤ ICC ≤ 0,94	9
	Werner et al., [14]	Flexion, abduction, rotations 5 évaluateurs	Inclinomètre (iPhone) et goniomètre et estimation visuelle	24	0,43 (abd) ≤ ICC ≤ 0,89 (RE)	Non fait	0,72 ≤ ICC ≤ 0,86 (RE)	7
	Johnson et al., [15]	Abduction en position assise et couché 3 évaluateurs	Inclinomètre (Android) comparé à un goniomètre	1	0,97 ≤ ICC ≤ 0,99	ICC = 0,99 (assis et debout)	0,96 ≤ ICC ≤ 0,99	7
	Mitchell et al., [14]	Rotation externe 2 évaluateurs	Inclinomètre (iPhone) comparé à gonio avec photo (iPhone) et goniomètre standard	94	0,92 ≤ ICC ≤ 0,96 (inclino) 0,42 ≤ ICC ≤ 0,98 (photo)	0,70 ≤ ICC ≤ 0,86 (inclino) 0,72 ≤ ICC ≤ 0,87 (photo)	0,87 ≤ ICC ≤ 0,98 (inclino) 0,85 ≤ ICC ≤ 0,96 (photo)	8
	Kolber et al., [12]	Flexion, abduction, rotations 2 évaluateurs	Inclinomètre (Android) et goniomètre	30	0,85 (flex) ≤ ICC ≤ 0,97 (RE)	0,95 ≤ICC ≤0,99	Non fait	7
Coude	Behnoush et al., [16]	Flexion, pronation, supination 3 évaluateurs	Inclinomètre (Android) et goniomètre	60	0,84 ≤ r ≤ 0,96	Non fait	0,95 ≤ ICC ≤ 0,98	8
Poignet et main	Pourahmadi et al., [17]	Flexion, extension, inclinaisons 2 évaluateurs	Goniomètre (iPhone) comparé à un goniomètre universel	70 (120 poignets testés)	0,80 (flex) ≤ r ≤ 0,92 (incl ulnaire)	0,87 (incl radiale) ≤ r ≤ 0,91 (incl ulnaire)	0,79 (flex) ≤ ICC ≤ 0,82 (incl ulnaire)	8

d'épaule ont mis en évidence des valeurs de validité et de reproductibilités bonnes, excepté pour la rotation interne [16,24]. De nombreuses études sur la fiabilité d'autres outils cliniques ont montré un renforcement des valeurs de concordances en cas de pathologies [35], pouvant s'expliquer par l'augmentation de la variabilité des résultats à un test ayant pour effet de renforcer les valeurs de r ou d'ICC [36]. Pour les rotations, la position du test semble, comme pour la hanche, déterminante car les valeurs de validité et de reproductibilités sont augmentées pour les tests en procubitus, par rapport aux tests en décubitus [37].

La mesure du positionnement spontané de l'hallux ne s'avère pas valide avec une application goniométrique à partir de photos [15], contrairement aux applications permettant de mesurer l'angle de l'hallux valgus à partir de radiographies [38]. En revanche, lors de la mobilité passive, cette mesure angulaire est valide et reproductible en intra-évaluateur [15], mais, aucune étude ne semble avoir testé d'autres outils pour ces mesures.

Lorsque le smartphone est placé directement sur le patient pour la mesure, deux types d'applications existent, l'application goniométrique et l'application inclinométrique [22]. Précédemment, le goniomètre manuel a pu être identifié comme présentant de moins bonnes valeurs de validité et de reproductibilité que l'inclinomètre gravitaire sur l'épaule [39] et la cheville [40]. L'utilisation du goniomètre nécessite le repérage de trois points de repères anatomiques, alors que l'inclinomètre utilise un seul repère. Or, la reproductibilité de la palpation osseuse étant faible [41], le risque d'erreur de la mesure peut être plus affecté pour le goniomètre. Pour les applications sur smartphone, notre revue ne fait pas émerger une meilleure validité et reproductibilité de l'inclinomètre par rapport au

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

goniomètre. Toutefois, l'utilisation du goniomètre est très différente de l'outil manuel classique.

En effet, le physiothérapeute place le smartphone sur un segment dit « de référence » qui restera immobile pendant tout le test et il fixe la valeur [12]. Le smartphone est ensuite placé sur le segment mobile et la mesure est prise.

De ce fait, cette méthode s'approche plus de l'inclinomètre, ce qui peut expliquer le manque de différence de validité et de reproductibilité entre les deux outils. L'application goniométrique basée sur une photo est donc plus proche du goniomètre manuel [15]. En effet, dans cette méthode, trois points de repères sont identifiés sur le patient, une photo est prise et l'angle est calculé à partir de ces repères [10]. Alors que cette méthode semble fiable pour le genou [10], les valeurs obtenues sont un peu moins bonnes pour l'épaule et l'hallux [15,22], mais cependant, très peu d'études sur cette méthode par photo ont été réalisées. Or, l'avantage de ces applications est de ne pas devoir placer le smartphone sur le patient et de pouvoir garder une trace dans le dossier de la prise de mesure.

Les études analysées ont utilisé soit des applications sur iPhone©, soit sur Android©. Les résultats psychométriques obtenus sont très similaires entre les deux systèmes d'exploitation, comme cela a pu être montré lors de la comparaison directe iPhone©/Android© sur le calcul des angles pour un objet fixe [12]. Dès lors, quel que soit le smartphone utilisé, le clinicien peut télécharger une application et l'utiliser.

Cette revue comporte certaines limites liées à la langue des études recrutées. De plus, le faible nombre d'études ne permettait pas de cibler la revue de littérature vers une application spécifique. C'est pourquoi nous avons fait le choix de centrer les recherches sur des applications permettant de mesurer des angles et utilisables par les physiothérapeutes. De plus, les sources de données choisies sont limitées, même si les quatre répertoires principaux d'articles scientifiques dans notre domaine ont été interrogés. Nous avons fait le choix de nous centrer sur des sujets asymptomatiques, mais, ce serait pertinent de réaliser un travail similaire en cas de pathologies.

Les applications angulaires sur smartphone peuvent être utilisées dans de nombreux cas, mais, une attention particulière doit être apportée pour limiter les facteurs influençant les validités et reproductibilités [8]. Ainsi, le type d'application utilisée devrait être toujours le même pour limiter les risques d'erreurs inhérents à l'outil [10]. Les points de repère sur les patients doivent être strictement les mêmes, ainsi que la position choisie, pour limiter les erreurs liée aux physiothérapeutes [37,41]. Enfin, les tests devraient être réalisés dans des conditions similaires pour les patients (environnement, heure, activités concomitantes, etc.) [8]. En revanche, l'expérience ne semble pas avoir d'influence sur la qualité des tests [14]. Les applications sur smartphone comportent certains avantages et inconvénients. Les avantages sont :

- la gratuité de l'outil ;
- l'accessibilité ;
- la précision intrinsèque de l'outil ;
- les variétés d'application ;
- la possibilité de fixer la valeur initiale à « 0 » ;
- la possibilité d'obtenir une valeur oralement pour les physiothérapeutes mal-voyants.

Les inconvénients sont les suivants :

- il faut avoir un smartphone ;
- l'hygiène si on utilise une application qui nécessite de poser le téléphone sur le patient ;
- le fait que c'est un outil multifonctions et qu'il peut y avoir des conflits d'utilisation.

Pour favoriser une bonne utilisation de ces outils de mesure des amplitudes de mouvement, il convient de respecter certaines règles d'utilisation. Ainsi, la position du patient et les points de repères sur les patients doivent toujours être les mêmes. La mesure est répétée et c'est la moyenne des 3 mesures qui sert de référence [31]. Lorsque c'est une photo, le téléphone doit toujours être placé à la même distance par rapport à l'articulation [10]. Lorsque plusieurs praticiens testent les mêmes patients et que la reproductibilité interévaluateurs est inférieure à 0,75, il faut éviter d'utiliser ces outils.

Pour une utilisation dans de bonnes conditions en pratique clinique, il serait nécessaire d'augmenter le nombre d'études pour toutes les articulations, excepté l'épaule et le genou, ainsi que pour les études sur des applications photographiques. De plus, la validité et la reproductibilité devraient également être testées dans un contexte de pathologie pour voir si les références obtenues sur les sujets asymptomatiques sont également valables.

De nombreuses applications téléphoniques mesurant les angles sont utilisables en pratique clinique si elles sont utilisées dans des conditions adéquates assurant une bonne validité et reproductibilité. Ce développement constitue de nouveaux outils accessibles et pratiques à coût limité. Cependant, certaines études doivent encore être menées pour définir les qualités des tests en conditions pathologiques.

Points à retenir

- 3 types d'applications angulaires existent : goniomètre, inclinomètre et photographie.
- 20 études de validité et reproductibilité ont été analysées.
- L'évaluation d'un objet, de la mobilité lombaire, du coude et du poignet sont valides et reproductibles.
- Pour l'épaule et la hanche, la fiabilité des rotations dépend de la position du sujet.
- Aucune différence n'est présente entre le système iPhone© ou Android©.

Déclaration de liens d'intérêts
L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêts.

RÉFÉRENCES

[1] BinDhim NF, Hawkey A, Trevena L. A systematic review of quality assessment methods for smartphone health apps. Telemed J E-Health 2015;21:97–104. http://dx.doi.org/10.1089/tmj.2014.0088.

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

[2] Machado GC, Pinheiro MB, Lee H, Ahmed OH, Hendrick P, Williams C, et al. Smartphone apps for the self-management of low back pain: a systematic review. Best Pract Res Clin Rheumatol 2016;30:1098–109. http://dx.doi.org/10.1016/j.berh.2017.04.002.

[3] Milani P, Coccetta CA, Rabini A, Sciarra T, Massazza G, Ferriero G. Mobile smartphone applications for body position measurement in rehabilitation: a review of goniometric tools. PM R 2014;6:103843. http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.05.003.

[4] Han S, Lee D, Lee S. A study on the reliability of measuring dynamic balance ability using a smartphone. J Phys Ther Sci 2016;28:2515–8. http://dx.doi.org/10.1589/jpts.28.2515.

[5] Fritz JM, Wainner RS. Examining diagnostic tests: an evidence-based perspective. Phys Ther 2001;81:1546–64.

[6] Piriyaprasarth P, Morris ME. Psychometric properties of measurement tools for quantifying knee joint position and movement: a systematic review. Knee 2007;14:2–8. http://dx.doi.org/10.1016/j.knee.2006.10.006.

[7] Piette P. Métrologie appliquée à la kinésithérapie : mesures, tests et bilans, concepts fondamentaux. EMC 2016. http://dx.doi.org/10.1016/S1283-0887(16)73672-3 [26-007-A-40].

[8] Russek L. Factors affecting interpretation of reliability coefficients. J Orthop Sports Phys Ther 2004;34:341–9. http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2004.0797.

[9] Jones A, Sealey R, Crowe M, Gordon S. Concurrent validity and reliability of the Simple Goniometer iPhone app compared with the Universal Goniometer. Physiother Theory Pract 2014;30:512–6. http://dx.doi.org/10.3109/09593985.2014.900835.

[10] Ferriero G, Vercelli S, Sartorio F, Muñoz Lasa S, Ilieva E, Brigatti E, et al. Reliability of a smartphone-based goniometer for knee joint goniometry. Int J Rehabil Res 2013;36:146–51. http://dx.doi.org/10.1097/MRR.0b013e32835b8269.

[11] 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. Int J Sports Phys Ther 2013;8:129–37.

[12] Wellmon RH, Gulick DT, Paterson ML, Gulick CN. Validity and reliability of 2 goniometric mobile apps: device, application, and examiner factors. J Sport Rehabil 2016;25:371–9. http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2015-0041.

[13] Tousignant-Laflamme Y, Boutin N, Dion AM, Vallée C-A. Reliability and criterion validity of two applications of the iPhone™ to measure cervical range of motion in healthy participants. J Neuroeng Rehabil 2013;10:69. http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-10-69.

[14] Milanese S, Gordon S, Buettner P, Flavell C, Ruston S, Coe D, et al. Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians. Man Ther 2014;19:569–74. http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2014.05.009.

[15] Otter SJ, Agalliu B, Baer N, Hales G, Harvey K, James K, et al. The reliability of a smartphone goniometer application compared with a traditional goniometer for measuring first metatarsophalangeal joint dorsiflexion. J Foot Ankle Res 2015;8:30. http://dx.doi.org/10.1186/s13047-015-0088-3.

[16] Shin SH, Ro DH, Lee O-S, Oh JH, Kim SH. Within-day reliability of shoulder range of motion measurement with a smartphone. Man Ther 2012;17:298–304. http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2012.02.010.

[17] Lucas N, Macaskill P, Irwig L, Moran R, Rickards L, Turner R, et al. The reliability of a quality appraisal tool for studies of diagnostic reliability (QAREL). BMC Med Res Methodol 2013;13:111. http://dx.doi.org/10.1186/1471-2288-13-111.

[18] Lange T, Struyf F, Schmitt J, Lützner J, Kopkow C. The reliability of physical examination tests for the clinical assessment of scapular dyskinesis in subjects with shoulder complaints: a systematic review. Phys Ther Sport 2016. http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.10.006.

[19] Portney L, Watkins M. Foundations of clinical research: applications to practice, 3rd Ed, Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall; 2009.

[20] Behnoush B, Tavakoli N, Bazmi E, Nateghi Fard F, Pourgharib Shahi MH, Okazi A, et al. Smartphone and universal goniometer for measurement of elbow joint motions: a comparative study. Asian J Sports Med 2016;7:e30668. http://dx.doi.org/10.5812/asjsm.30668.

[21] Kolber MJ, Hanney WJ. The reliability and concurrent validity of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer and goniometer: a technical report. Int J Sports Phys Ther 2012;7:306–13.

[22] 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 2014;30:521–5. http://dx.doi.org/10.3109/09593985.2014.900593.

[23] Johnson LB, Sumner S, Duong T, Yan P, Bajcsy R, Abresch RT, et al. Validity and reliability of smartphone magnetometer-based goniometer evaluation of shoulder abduction – a pilot study. Man Ther 2015;20:777–82. http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2015.03.004.

[24] Werner BC, Holzgrefe RE, Griffin JW, Lyons ML, Cosgrove CT, Hart JM, et al. Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application. J Shoulder Elbow Surg 2014;23:e275–82. http://dx.doi.org/10.1016/j.jse.2014.02.030.

[25] Lim J-Y, Kim T-H, Lee J-S. Reliability of measuring the passive range of shoulder horizontal adduction using a smartphone in the supine versus the side-lying position. J Phys Ther Sci 2015;27:3119–22. http://dx.doi.org/10.1589/jpts.27.3119.

[26] Bruyneel A-V, Bridon F. Inclinométrie du genou : comparaison de la reproductibilité d'un outil mécanique et d'une application sur smartphone./data/revues/17790123/v15i158/S1779012314004756/; 2015.

[27] Charlton PC, Mentiplay BF, Grimaldi A, Pua Y-H, Clark RA. The reliability of a maximal isometric hip strength and simultaneous surface EMG screening protocol in elite, junior rugby league athletes. J Sci Med Sport 2017;20:139–45. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2016.06.008.

[28] Quek J, Brauer SG, Treleaven J, Pua Y-H, Mentiplay B, Clark RA. Validity and intra-rater reliability of an android phone application to measure cervical range-of-motion. J Neuroeng Rehabil 2014;11:65. http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-11-65.

[29] Salamh PA, 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 2014;30:62–7. http://dx.doi.org/10.3109/09593985.2013.800174.

[30] Pourahmadi MR, Taghipour M, Jannati E, Mohseni-Bandpei MA, Ebrahimi Takamjani I, Rajabzadeh F. Reliability and validity of an iPhone(®) application for the measurement of lumbar spine flexion and extension range of motion. Peer J 2016;4:e2355. http://dx.doi.org/10.7717/peerj.2355.

[31] Pourahmadi MR, Ebrahimi Takamjani I, Sarrafzadeh J, Bahramian M, Mohseni-Bandpei MA, Rajabzadeh F, et al. Reliability

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011

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 2017;230:484–95. http://dx.doi.org/10.1111/joa.12568.

[32] Lim H-J, Moon Y-I, Lee MS. Effects of home-based daily exercise therapy on joint mobility, daily activity, pain and depression in patients with ankylosing spondylitis. Rheumatol Int 2005;25:225–9. http://dx.doi.org/10.1007/s00296-004-0536-z.

[33] Hoppenbrouwers M, Eckhardt MMEM, Verkerk K, Verhagen A. Reproducibility of the measurement of active and passive cervical range of motion. J Manipulative Physiol Ther 2006;29:363–7. http://dx.doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.04.007.

[34] Krause DA, Hollman JH, Krych AJ, Kalisvaart MM, Levy BA. Reliability of hip internal rotation range of motion measurement using a digital inclinometer. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2015;23:2562–7. http://dx.doi.org/10.1007/s00167-014-3096-0.

[35] Mong Y, Teo TWN. g SS. 5-repetition sit-to-stand test in subjects with chronic stroke: reliability and validity. Arch Phys Med Rehabil 2010;91:407–13. http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2009.10.030.

[36] Bruyneel AV. Tests cliniques d'évaluation de l'équilibre assis et des tâches de transfert pour les patients atteints d'une hémiparésie secondaire à un accident vasculaire cérébral : revue de littérature. Kinésither Rev nd 2017. http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.08.021.

[37] Furness J, Johnstone S, Hing W, Abbott A, Climstein M. Assessment of shoulder active range of motion in prone versus supine: a reliability and concurrent validity study. Physiother Theory Pract 2015;31:489–95. http://dx.doi.org/10.3109/09593985.2015.1027070.

[38] Mattos E, Dinato MC, Freitas M de M, Milano C, Valloto E, Ninomiya AF, et al. Reliability of two smartphone applications for radiographic measurements of hallux valgus angles. J Foot Ankle Surg 2017;56:230–3. http://dx.doi.org/10.1053/j.jfas.2016.11.021.

[39] Vafadar AK, Côté JN, Archambault PS. Interrater and intrarater reliability and validity of 3 measurement methods for shoulder-position sense. J Sport Rehabil 2016;19:2014–309 [10-1123/jsr.2014-0309].

[40] Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. Int J Sports Phys Ther 2012;7:279–87.

[41] Robinson R, Robinson HS, Bjørke G, Kvale A. Reliability and validity of a palpation technique for identifying the spinous processes of C7 and L5. Man Ther 2009;14:409–14. http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2008.06.002.

Pour citer cet article : Bruyneel A-V. Validité et reproductibilité des applications téléphoniques pour évaluer les amplitudes de mouvement en pratique clinique : revue de littérature. Kinesither Rev (2018), https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.01.011