

# Fiabilité d'un test de contrôle du tronc lors d'un équilibre assis dynamique évalué par plateforme stabilométrique après un accident vasculaire cérébral: résultats préliminaires

## Reliability of trunk control test during assessment of dynamic sitting balance using a stabilometric platform after stroke: preliminary results

Aline Reinmann<sup>1</sup> (MSc, PT), Caroline Sordet<sup>2</sup> (PT), Emmanuel Guyen<sup>2</sup> (PT), Pablo Venturelli<sup>2</sup> (PT), Irmgard Feldmann<sup>1,2</sup> (PT), Armin Schnider<sup>2</sup> (MD), Anne-Violette Bruyneel<sup>1</sup> (PhD, PT)

### MOTS-CLÉS

accident vasculaire cérébral / contrôle du tronc / position assise / fiabilité / plateforme stabilométrique

### KEYWORDS

stroke / trunk control / sitting / reliability / stabilometric platform

### RÉSUMÉ

**Contexte:** Après un accident vasculaire cérébral (AVC), la capacité de contrôle du tronc est liée aux mécanismes d'équilibration debout et à la marche. Elle devrait systématiquement être testée dès le début de la rééducation.

**Objectif:** L'objectif était d'évaluer la fiabilité intra et inter-évaluateurs des paramètres du centre des pressions (CP) mesurés lors d'un équilibre assis sur support instable (antéropostérieur – AP ou médiolatéral – ML) pour des sujets présentant une hémiparésie après un AVC.

**Méthode:** 15 sujets présentant une hémiparésie post-AVC en phase subaiguë ont été inclus. Les sujets étaient en position assise sur un plateau d'instabilité générant un déséquilibre (AP ou ML). Une plateforme stabilométrique enregistrait pendant 10 s l'évolution du CP à une fréquence de 100 Hz. Des indices de corrélation intra-classe (ICC) ont été calculés pour tous les paramètres du CP (longueur, vitesse, surface, delta et variabilité).

**Résultats:** Une excellente fiabilité ( $0,81 \leq \text{ICC} \leq 0,98$ ) a été observée pour la longueur du CP ainsi que pour la vitesse moyenne de déplacement, autant pour la condition ML que AP, que pour la fiabilité intra et inter-évaluateurs. La surface ( $0,31 \leq \text{ICC} \leq 0,80$ ) ne semble pas assez fiable pour être utilisée en pratique clinique.

**Conclusion:** Dans le contexte de l'AVC, le test de contrôle du tronc lors d'un équilibre assis sur support instable en utilisant la plateforme stabilométrique est suffisamment fiable pour être utilisé en pratique clinique si les paramètres choisis sont les longueurs et les vitesses du CP.

### ABSTRACT

**Context:** After stroke, the trunk control ability is related to standing balance and gait and should be routinely tested early in a rehabilitation program.

**Objective:** The aim of this study was to examine the intra- and inter-rater reliability of center-of-pressure (CP) parameters measured during assessment of sitting balance on an unstable support (anteroposterior [AP] or mediolateral [ML]) in subjects with hemiparesis after stroke.

**Method:** Fifteen post-stroke subjects with hemiparesis in the subacute phase were included. Subjects were seated on a seesaw generating external unbalance (AP or ML). A stabilometric force platform recorded the progression of the CP parameters for 10 s at a frequency of 100 Hz. Intra-class correlation indices (ICC) were calculated for all CP parameters (length, velocity, sway area, deltas, and variability).

**Results:** Excellent intra and inter-rater reliability ( $0,81 \leq \text{ICC} \leq 0,98$ ) was observed for length and mean velocity of displacement, under both ML and AP conditions. The sway area ( $0,31 \leq \text{ICC} \leq 0,80$ ) does not appear to be sufficiently reliable for use in clinical practice.

**Conclusion:** In the context of stroke, the trunk control test during assessment of unstable sitting balance using a stabilometric platform is sufficiently reliable for use in clinical practice if the CP parameters selected are length and velocity.

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt en lien avec le présent article.

Enregistrement de l'étude: ClinicalTrials.gov ID: NCT04639453

Commission d'éthique: CCER 2018-02026

Financement: Fonds de recherche interne du domaine santé de la HES-SO (02-A18).

Article reçu le 8 mai 2021, accepté le 22 juin 2021

<sup>1</sup> Haute école de santé Genève, HES-SO Haute école spécialisée de Suisse occidentale

<sup>2</sup> Service de Neurorééducation, Hôpitaux Universitaires de Genève



## INTRODUCTION

L'accident vasculaire cérébral (AVC) induit des perturbations posturo-dynamiques qui affectent l'autonomie et la qualité de vie des patients<sup>(1)</sup>. En effet, ces troubles du contrôle postural, liés aux déficiences sensori-motrices et aux troubles cognitifs<sup>(2)</sup>, impactent fortement le risque de chutes, l'activité et la participation des patients présentant une hémiparésie<sup>(3)</sup>. Ainsi, la rééducation de l'équilibration occupe une place centrale dans la stratégie thérapeutique des physiothérapeutes<sup>(1)</sup>.

Lorsqu'une personne est en posture debout stable, le centre de masse (CM) est aligné avec le centre des pressions (CP)<sup>(4)</sup>. Le CM correspond au point d'équilibre de toutes les masses des segments corporels (barycentre), alors que le CP correspond au point d'application des forces de réaction du sol. Le contrôle postural lors des tâches statiques est défini comme la capacité à contrôler le CM quand la base d'appui est inchangée, alors qu'il est défini, pour les tâches dynamiques, comme la capacité de transfert du poids en contrôlant le CM dans la base de sustentation<sup>(5)</sup>. Comparativement à des sujets asymptomatiques, l'équilibre assis statique (support stable) et dynamique (support instable ou mouvement) est systématiquement perturbé après un AVC<sup>(6)</sup>. Le maintien de la position assise statique n'est pas toujours réalisée de manière autonome, car l'appui sur le bassin est asymétrique et les oscillations posturales sont augmentées<sup>(2,6-8)</sup>. L'évaluation du contrôle du tronc est donc un élément important du bilan à effectuer dès le début de la rééducation. En effet, sa diminution impacte négativement le contrôle postural debout<sup>(6)</sup>, la marche<sup>(8,9)</sup> ainsi que la fonction motrice des membres supérieurs<sup>(10)</sup>. Cette capacité serait également un facteur pronostic de la récupération fonctionnelle des patients<sup>(11)</sup>. Une revue systématique récente souligne que les programmes incluant des exercices du tronc ont des bénéfices importants sur le contrôle postural assis et debout, mais qu'ils sont encore trop souvent négligés<sup>(9)</sup>.

Deux revues systématiques qui concernent les tests d'évaluation du contrôle du tronc après un AVC ont montré une nette dominance de l'utilisation des échelles fonctionnelles (ex: Trunk Control Test, Balance Assessment in Sitting and Standing – BASSP) par rapport aux outils informatisés (ex: plateforme stabilométrique)<sup>(12,13)</sup>. La corrélation entre les scores des échelles et l'évaluation informatisée en position assise est très variable<sup>(14)</sup>. Cette variabilité pourrait être liée au fait que les résultats obtenus par les outils informatisés sont potentiellement plus objectifs que les échelles qui sont basées sur les capacités d'observation du clinicien. De plus, les échelles sont le plus souvent centrées sur la réalisation finale de la tâche alors que l'évaluation informatisée permet une analyse fine des réajustements posturaux. Ainsi, ces deux approches de l'évaluation du contrôle postural sont complémentaires et devraient être intégrées dans le bilan<sup>(14)</sup>. Toutefois, l'évaluation informatisée avec plateforme stabilométrique possède l'avantage de donner un feedback en temps réel aux patients lors des exercices. Néanmoins, les études utilisant cet outil pour mesurer l'équilibre assis sont rares dans le contexte de l'AVC.

Deux études ont évalué le contrôle postural en position assise statique au moyen d'une plateforme stabilométrique<sup>(7,15)</sup>. Par rapport aux sujets asymptomatiques, les sujets présentant une hémiparésie post-AVC se caractérisent par

une augmentation de la longueur de déplacement, de la surface et de la vitesse du CP. La longueur du CP informe sur les déplacements successifs des réajustements posturaux, la surface représente la variabilité des déplacements spatiaux et la vitesse reflète la quantité d'activité musculaire nécessaire pour maintenir l'équilibre<sup>(16)</sup>. Van Nes *et al.*<sup>(6)</sup> ont étudié la position assise sur support instable pour évaluer la récupération du contrôle postural du tronc des patients en phase subaiguë post AVC. Les sujets étaient positionnés sur un coussin gonflable. Malgré le manque de dissociation de la perturbation selon les plans, les résultats montrent que l'instabilité était surtout visible pour les paramètres du CP dans la direction médiolatérale (ML), ce qui n'était pas observable lors du test en position assise statique. De plus, la supériorité de la rééducation sur surface instable par rapport à une surface stable a été identifiée par une revue systématique<sup>(17)</sup>. Par rapport à la condition statique, la condition dynamique a l'avantage de solliciter davantage l'activité musculaire pour contrôler le centre de masse et de stimuler les ajustements posturaux anticipés.

Dans le contexte de l'AVC, les études qui portent sur la validité et la fiabilité des tests sur plateforme stabilométrique en position assise sont rares. Näf *et al.*<sup>(18)</sup> ont observé une validité de la surface du CP mauvaise à bonne avec l'échelle Trunk Impairment Scale (TIS) en position assise stable. Cependant, lors du test dynamique « reaching task » (déplacement du tronc dans différentes directions), le déplacement du CP avait une bonne validité avec la TIS. Pour la fiabilité intra-évaluateur, les indices de corrélation intraclass (ICC) étaient faibles à excellents ( $0,51 \leq ICC \leq 0,93$ ). Toutefois, ni la fiabilité inter-évaluateurs ni la tâche assise sur support instable n'ont été testées. Pour des sujets asymptomatiques, Barbado *et al.*<sup>(19)</sup> ont évalué la fiabilité des mesures du CP pour une position assise où le sujet était placé sur un plateau d'instabilité (« chapeau mexicain »). La fiabilité de la vitesse moyenne du CP était bonne à excellente ( $ICC > 0,72$ ), mais faible à moyenne pour la variabilité des déplacements. Aucun autre paramètre du CP n'a été testé dans cette étude.

La plupart des études proposent une position assise dynamique sur des supports générant une perturbation de l'équilibre dans les trois plans<sup>(6,19)</sup>. Or, en cas d'AVC, les résultats sur les paramètres du CP se différencient selon les directions analysées (l'instabilité est plus importante dans la direction ML que antéropostérieure – AP)<sup>(6)</sup>. De plus, des différences ont été observées sur la fiabilité pour les tâches de « reaching » selon que le déplacement du tronc était réalisé dans le plan frontal ou sagittal<sup>(18,20)</sup>. Ainsi, une instabilité générée par un support permettant de dissocier les plans semble intéressante. Morishita *et al.*<sup>(8)</sup> ont observé une dégradation de la marche chez les patients après un AVC présentant une déviation axiale lors de la position assise dynamique testée avec un plateau instable dans le plan frontal. Le plateau étant repositionnable, il est facile d'induire lors du test soit une perturbation ML, soit AP comme cela a déjà été proposé pour d'autres pathologies<sup>(21)</sup>.

Le test d'équilibre assis instable dans la direction ML ou AP générée par un plateau d'instabilité positionné sur une plateforme stabilométrique pourrait donc constituer un test pertinent pour l'évaluation du contrôle du tronc post-AVC. Toutefois, les études sur cet outil et sur les qualités



psychométriques de ce test sont inexistantes ce qui ne permet pas aux cliniciens de l'utiliser dans de bonnes conditions.

L'objectif de cette étude consistait à évaluer, chez des personnes atteintes d'hémiplégie post-AVC, la fiabilité intra et inter-évaluateurs des paramètres du CP lors d'un test d'équilibre assis instable dans les directions ML et AP mesurées par une plateforme stabilométrique. Notre hypothèse était que les paramètres de longueur et de vitesse du CP auront la meilleure fiabilité<sup>(22,23)</sup> et des ICC suffisants ( $> 0,75$ ) pour une utilisation en pratique clinique. En revanche, la surface est habituellement moins fiable<sup>(23)</sup>.

## MÉTHODES

### Population

La population était constituée de personnes âgées de 50 à 75 ans (pour limiter l'influence de l'âge sur les capacités de contrôle du tronc), présentant une hémiplégie post-AVC en phase subaiguë (AVC de plus de 1 semaine et moins de 3 mois) et médicalement stables. Le choix de la phase subaiguë est justifié par le fait que le contrôle du tronc semble être un très bon prédicteur de la récupération et que cette capacité doit donc être évaluée dès le début de la prise en charge<sup>(6)</sup>. Pour la bonne réalisation des tests, tous les sujets devaient obtenir un score minimal au Mini-Mental State Examination (MMSE) de 22 points<sup>(24)</sup> et être capables de tenir assis de manière autonome pendant 30 secondes pieds au sol sans appui des mains<sup>(25)</sup>. Les personnes présentant des pathologies affectant l'équilibre (hors AVC), des pathologies et des douleurs rachidiennes ainsi que des complications médicales ont été exclues. Aucune personne vulnérable, au sens de la loi de la recherche sur l'être humain, n'a été intégrée à ce projet.

Le recrutement et les expérimentations ont été effectués dans le service de neuro-rééducation des Hôpitaux Universitaires de Genève (Hôpital Beau-Séjour). Les physiothérapeutes repéraient les patients répondant aux critères d'inclusion avant de les informer de l'étude et de leur proposer une participation. Un délai de 24h de réflexion était ensuite respecté avant qu'une personne externe au service puisse répondre à des questions éventuelles et recueille le formulaire de consentement. La commission cantonale d'éthique a donné son accord pour cette étude (CCER Genève – 2018-02026).

### Format de l'étude

Le format est de type interventionnel pour une étude de fiabilité (Figure 1).

Pour chaque sujet, tous les tests étaient réalisés lors d'une même journée par des physiothérapeutes. Afin de tester la fiabilité inter-évaluateurs, deux évaluateurs indépendants ont testé l'équilibre assis instable ML et AP lors d'une première session. L'ordre des évaluateurs et des tests était aléatoire. Un repos de 2 à 4h était ensuite respecté. A la deuxième session, seul un évaluateur répétait les tests afin d'analyser la fiabilité intra-évaluateur.

Les évaluateurs étaient en aveugle pour leurs propres mesures et pour les mesures de l'autre évaluateur.

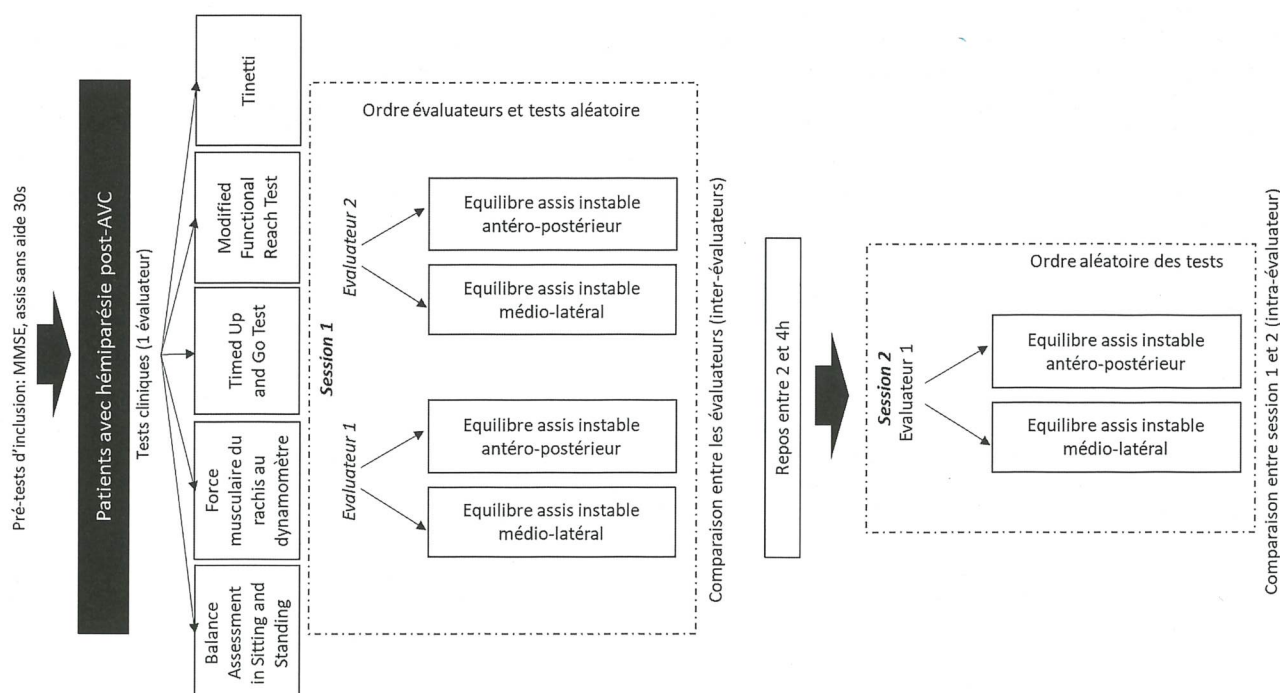
### Procédure des tests

#### Tests cliniques de caractérisation

L'échelle BASSP permettait d'évaluer les capacités d'équilibre des sujets inclus<sup>(26)</sup>. Pour évaluer les réactions posturales, le physiothérapeute appliquait une poussée au niveau du tronc dans quatre directions (vers l'avant, l'arrière, la droite et la gauche) lors d'une position debout puis en position assise

Figure 1

Design expérimental





pieds au sol. La note attribuée pour chaque condition allait de «0» (le sujet a besoin d'un support externe) à «4» (stable sans aide externe). Pour l'évaluation dynamique, trois objets devaient successivement être ramassés par le sujet à des endroits différents (devant/gauche, devant et devant/droite). Une note de «0» (pas de possibilité de prendre les objets) à «3» (objets ramassés sans aide externe) était attribuée. La note totale était de 14 points.

Pour chaque sujet, la force du tronc antérieure, postérieure et latérale a été testée à l'aide d'un dynamomètre à pression (MicroFET 2®, biometrics, Paris, France). Les tests étaient réalisés en position assise statique. Le dynamomètre était successivement placé sur la partie latérale du tronc (côté parétique et non parétique), sur le sternum (test de flexion) et sur la vertèbre T4 (test d'extension). Le sujet devait exercer une poussée maximale sur le dynamomètre pendant 5 secondes. Deux essais ont été réalisés avec un repos de 30 secondes entre chaque essai. La valeur maximale de force était relevée (N). L'ICC de ce test est supérieur à 0,92 pour la fiabilité intra-évaluateur et inter-évaluateur en cas d'AVC<sup>(27)</sup>.

Le *Timed Up and Go Test* testait la mobilité fonctionnelle<sup>(28)</sup>. Le sujet en position assise devait se lever, marcher 3 m, faire demi-tour dans 1 m<sup>2</sup>, puis marcher 3 m pour revenir s'asseoir. La durée (s) pour réaliser la tâche complète était relevée. Ce test a une excellente fiabilité intra et inter-évaluateur en cas d'hémiplégie post-AVC<sup>(29)</sup>.

Le test de *Tinetti* a été réalisé pour évaluer l'équilibre et le risque de chutes<sup>(30)</sup>. La composante «équilibre» du test évalue la capacité du patient à maintenir l'équilibre en position assise statique, en se levant d'une chaise, pendant la période suivant immédiatement la position debout, en position bipodale les yeux ouverts et les yeux fermés, en se tournant sur 360° et lors d'une perturbation. La composante de «marche» évalue la symétrie, l'initiation, la continuité, l'écartement, la stabilité du tronc et l'écartement des pieds. Pour chaque tâche, une évaluation qualitative basée sur l'observation permet d'attribuer une note avec un maximum de 28 points (réalisation normale des tâches). En cas d'AVC, la fiabilité test-retest présente des ICC supérieurs à 0,84<sup>(31)</sup>.

Le *Modified Functional Reach Test (MFRT)* évaluait la capacité d'équilibre dynamique en position assise<sup>(32)</sup>. Le sujet était en position assise stable perpendiculairement au mur avec les pieds sur le sol. L'épaule non parétique (côté mur) était en flexion à 90°, coude tendu, poing fermé. Une croix était notée sur le mur au niveau de l'articulation métacarpo-phalangienne, comme repère pour la position initiale. Ensuite, le sujet se penchait le plus loin possible vers l'avant avec le bras à l'horizontale. Dans cette nouvelle position, le repère de l'articulation métacarpo-phalangienne était alors noté (repère final). La distance entre les deux repères était alors relevée en centimètres. Le test était ensuite réalisé dos au mur, selon la même procédure, pour le déplacement latéral du côté non parétique et parétique. Le repère était l'acromion pour ces mesures. Pour chaque condition, le sujet réalisait deux essais d'entraînement avant de réaliser trois mesures successives dans chaque direction. La fiabilité de ce test en cas d'hémiplégie post-AVC a montré des ICC entre 0,64 et 0,97<sup>(32,33)</sup>.

### Description du test d'équilibre assis instable

L'équilibre assis instable était testé avec un plateau d'instabilité positionné sur une plateforme stabilométrique<sup>(8,21)</sup>. Le plateau d'instabilité (Balance board 60 Pedalo®) mesurait 60cm x 35cm avec une hauteur de 9,5cm. La grande taille du support facilitait l'assise et le rayon de courbure large permettait de ne pas induire trop d'instabilité. Le sujet était en position assise, pieds à plat sur le sol avec les genoux et les hanches à 90°. Le sujet était placé soit dans le sens de l'instabilité du plateau pour induire une perturbation AP, soit perpendiculairement pour induire une perturbation ML. Pour chaque sens de déstabilisation, chaque évaluateur et chaque session, deux essais de 10 secondes ont été réalisés.

La plateforme stabilométrique enregistrait l'évolution du CP à une fréquence d'échantillonnage de 100Hz<sup>(23)</sup>. Cet outil qui mesurait 60 cm x 45 cm x 6,2 cm, était constitué de deux plaques métalliques avec 4 capteurs de force (SP4C3-MR, précision C3, HBM®) reliés à un convertisseur (NI USB-6009 DAQ, 14/8 inputs resolution, 48ks/s) permettant l'intégration rapide à un logiciel de traitement du signal (LabVIEW 2016).

### Traitement des données et statistiques

La force musculaire du tronc était normalisée avec le poids du sujet selon la formule suivante :

$$\text{Force musculaire} = (\text{Valeurs force (N)}) = \frac{\text{Valeur mesurée (N)}}{\text{Poids (kg)}} \times 100.$$

Pour les tests d'équilibre sur plateforme stabilométrique (AP et ML), nous avons extrait les variables spatio-temporelles du CP (Figure 2): longueur (totale, AP et ML), surface d'oscillations (90%), delta (AP et ML), vitesse moyenne, vitesse maximale et variabilité des déplacements (AP et ML)<sup>(16)</sup>.

Ensuite, les différents essais étaient moyennés pour chaque test (force musculaire, MFRT, équilibre instable) et chaque condition.

Les statistiques descriptives consistaient à calculer des fréquences pour les variables qualitatives (ex: genre, côté de l'hémiplégie) ainsi que des moyennes et des écart-types pour les variables quantitatives.

La fiabilité intra-évaluateur (concordance entre la session 1 et la session 2) du test d'équilibre assis instable a été évaluée pour chaque paramètre du CP par le modèle ICC(3,k). La concordance des données entre l'évaluateur 1 et l'évaluateur 2 (fiabilité inter-évaluateurs) a été testée par le modèle ICC(2,k). Les valeurs obtenues étaient interprétées selon les seuils suivants: ICC inférieur à 0,40 = mauvaise fiabilité, ICC entre 0,40 et 0,59 = faible fiabilité, ICC entre 0,60 et 0,74 = bonne fiabilité et un ICC supérieur à 0,74 était considéré comme une fiabilité excellente<sup>(34)</sup>. Si l'ICC était supérieur ou égal à 0,75, l'erreur standard de mesure (ESM – unité de mesure) était calculée pour donner une indication sur la précision de la mesure<sup>(35)</sup> selon cette formule :

$$ESM = ET * \sqrt{1 - ICC}$$

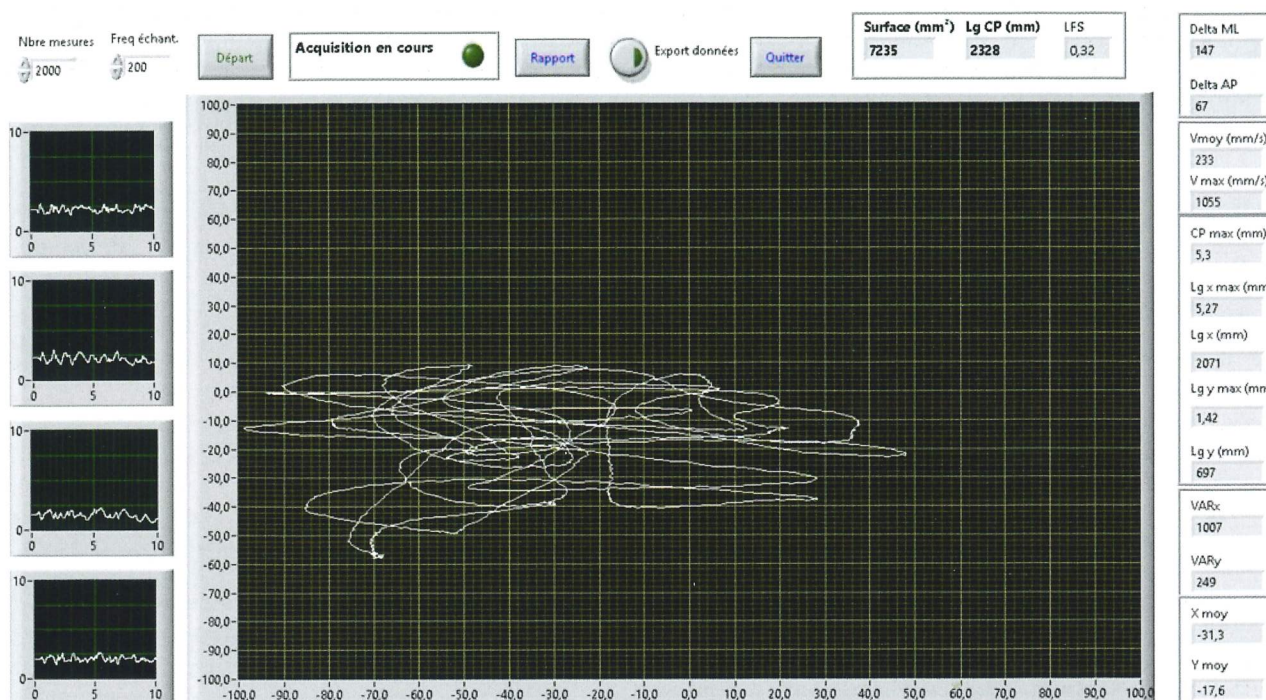
ET correspond à l'écart-type des valeurs obtenues pour tous les sujets pour les deux évaluateurs ou les deux sessions. Le changement minimal détectable (CMD) était calculé comme ceci :

$$CMD = ESM * 1.96 * \sqrt{2}$$



Figure 2

Exemple de graphique de déplacement du CP lors d'un test de contrôle du tronc



Le traitement des données était réalisé sur Python (version 3.8.3) avec le package SciPy (version 1.5.2). Ce package a été créé en open source – OSI (Open Source Initiative) – approuvé et modifié par la licence BSD (Berkeley Software Distribution) (3-clause). Le logiciel SPSS (IBM statistics software v. 20.0 – Armonk, New York) a été utilisé pour les statistiques.

## RÉSULTATS

Quinze sujets âgés de  $62,4 \pm 8,7$  ans ont participé à cette étude (taille:  $173,2 \text{ cm} \pm 8,4$ ; poids:  $75,4 \text{ kg} \pm 15,3$ ). Le groupe était constitué de dix hommes et cinq femmes atteints

d'hémiplégie post-AVC en phase subaiguë (durée moyenne post-AVC:  $56 \text{ jours} \pm 19$ ). L'AVC était de type ischémique pour huit sujets et de type hémorragique pour sept sujets. L'hémiplégie était majoritairement du côté gauche (10 sujets sur 15). Le score moyen au MMSE était de  $26,1 \pm 2,4$  sur 30. Les caractéristiques cliniques d'équilibre, de force du tronc et fonctionnelles sont décrites dans le Tableau 1.

### Position assise instable AP

La fiabilité intra-évaluateur (entre la session 1 et 2) était considérée comme bonne à excellente pour la longueur, la vitesse maximale et moyenne ainsi que pour la longueur AP et ML (Tableau 2, Figure 3). En revanche, la surface, les deltas et les variabilités présentaient des ICC moyens à faibles.

Tableau 1

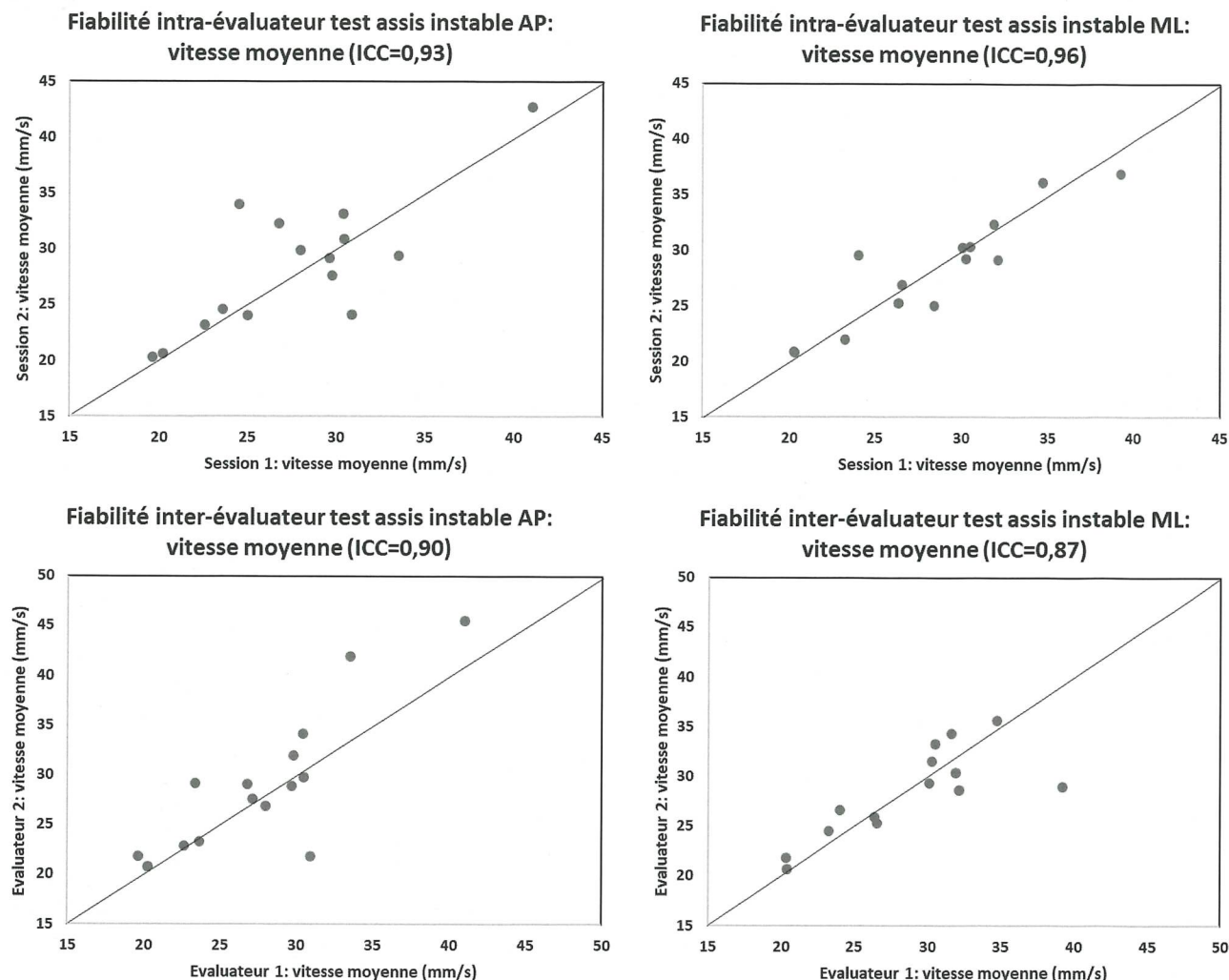
Caractéristiques cliniques de l'échantillon

| Variables                                                                | Echantillon (N=15) |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Balance assessment in sitting and standing position (BASSP) (/14 points) | $13,11 \pm 1,36$   |
| Force du tronc côté parétique (%)                                        | $29,48 \pm 9,83$   |
| Force du tronc côté non parétique (%)                                    | $31,40 \pm 8,96$   |
| Force antérieure du tronc (%)                                            | $35,66 \pm 12,33$  |
| Force postérieure du tronc (%)                                           | $45,62 \pm 14,37$  |
| Timed Up and Go test (s)                                                 | $17,86 \pm 18,69$  |
| Tinetti (/28 points)                                                     | $21,91 \pm 4,83$   |
| Modified Functional Reach test (cm)                                      |                    |
| Déplacement antérieur                                                    | $34,41 \pm 9,12$   |
| Déplacement côté parétique                                               | $17,89 \pm 5,36$   |
| Déplacement côté non parétique                                           | $17,85 \pm 4,76$   |



Figure 3

Corrélations pour le paramètre de vitesse moyenne (mm/s) pour la fiabilité intra et inter-évaluateurs pour la position assise instable antéropostérieure (AP) et médiolatérale (ML). Les indices de corrélations intra-classes (ICC) sont précisés pour chaque condition. La ligne noire représente la ligne de corrélation parfaite théorique.



Le CMD était de 55,39 mm pour la longueur totale, de 5,54 mm/s pour la vitesse moyenne, de 54,24 mm pour la longueur AP et de 18,46 mm pour la longueur ML.

La fiabilité inter-évaluateurs (entre les deux évaluateurs lors de la première session) était caractérisée par des ICC bons à excellents ICC ( $0,85 \leq \text{ICC} \leq 0,96$ ) pour les paramètres de longueur (totale, ML et AP) ainsi que pour la vitesse moyenne (Tableau 2, figure 3). Tous les autres paramètres présentaient une fiabilité moyenne à faible. Le CMD était de 42,53 mm pour la longueur totale, de 24,34 mm/s pour la vitesse maximale, de 4,25 mm/s pour la vitesse moyenne, de 48,83 mm pour la longueur AP et de 12,41 mm pour la longueur ML.

### Position assise instable ML

La fiabilité intra-évaluateur était caractérisée par des ICC bons à excellents pour tous les paramètres associés au sens de la déstabilisation ML (longueur, delta, variabilité) ainsi que pour la longueur totale, la surface, la vitesse moyenne et la longueur AP ( $0,80 \leq \text{ICC} \leq 0,99$ , Tableau 3, Figure 3). La vitesse maximale avait une bonne fiabilité alors que le delta et la variabilité AP avaient une mauvaise fiabilité intra-évaluateur. Le CMD était de 48,94 mm pour la longueur totale, de 15,52 mm/s pour la vitesse maximale, de 4,89 mm/s pour la vitesse moyenne, de 48,19 mm pour la longueur ML et de 19,13 mm pour la longueur AP.

La fiabilité inter-évaluateurs était de bonne à excellente pour les paramètres de longueur et de vitesse ( $0,81 \leq \text{ICC} \leq 0,91$ , Tableau 3, figure 3). Les ICC étaient moyens à faibles pour les autres paramètres. Le CMD était de 26,33 mm pour la longueur totale, de 36,73 mm<sup>2</sup> pour la surface, de 2,63 mm/s pour la vitesse moyenne, de 22,89 mm pour la longueur ML, de 3,92 mm pour le delta ML et de 22,07 mm pour la longueur AP.



Tableau 2

Fiabilité inter-évaluateurs et intra-évaluateur pour l'équilibre assis instable dans la direction antéro-postérieure

| Variables                  | Session 1                                 |                                           | Session 2                                 | Fiabilité inter-évaluateurs |       | Fiabilité intra-évaluateur |       |
|----------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                            | Evaluateur 1<br>(moyenne<br>± écart-type) | Evaluateur 2<br>(moyenne<br>± écart-type) | Evaluateur 1<br>(moyenne<br>± écart-type) | ICC 2,k<br>(IC95 %)         | ESM   | ICC 3,k<br>(IC95 %)        | ESM   |
| Longueur totale (mm)       | 277,97 ± 55,36                            | 290,33 ± 71,92                            | 283,07 ± 60,48                            | 0,90 [0,69-0,96]            | 20,04 | 0,93 [0,76-0,98]           | 15,39 |
| Surface (mm <sup>2</sup> ) | 8,48 ± 7,43                               | 10,96 ± 14,57                             | 18,29 ± 21,49                             | 0,31 [0,10-0,77]            | NA    | 0,12 [0,01-0,73]           | NA    |
| Vitesse max (mm/s)         | 92,82 ± 22,05                             | 107,87 ± 41,45                            | 97,34 ± 18,02                             | 0,37 [0,05-0,79]            | NA    | 0,81 [0,39-0,94]           | 8,81  |
| Vitesse moyenne (mm/s)     | 27,80 ± 5,54                              | 29,03 ± 7,19                              | 28,31 ± 6,04                              | 0,90 [0,69-0,96]            | 2,00  | 0,93 [0,76-0,98]           | 1,54  |
| Longueur AP (mm)           | 212,25 ± 43,90                            | 220,90 ± 57,86                            | 216,44 ± 44,36                            | 0,85 [0,54-0,95]            | 19,63 | 0,84 [0,48-0,95]           | 17,67 |
| Delta AP (mm)              | 4,08 ± 1,30                               | 4,61 ± 2,02                               | 5,70 ± 2,75                               | 0,58 [0,25-0,86]            | NA    | 0,41 [0,09-0,82]           | NA    |
| Variabilité AP (mm)        | 0,66 ± 0,48                               | 1,16 ± 1,33                               | 2,29 ± 3,03                               | 0,50 [0,48-0,83]            | NA    | 0,16 [0,07-0,74]           | NA    |
| Longueur ML (mm)           | 137,22 ± 31,45                            | 144,17 ± 35,99                            | 139,52 ± 31,21                            | 0,96 [0,86-0,98]            | 6,68  | 0,98 [0,93-0,99]           | 4,49  |
| Delta ML (mm)              | 3,20 ± 1,88                               | 2,84 ± 1,54                               | 3,37 ± 1,76                               | 0,19 [0,06-0,60]            | NA    | 0,11 [0,03-0,66]           | NA    |
| Variabilité ML (mm)        | 0,75 ± 0,91                               | 0,66 ± 1,00                               | 0,96 ± 1,21                               | 0,21 [0,06-0,59]            | NA    | 0,06 [0,09-0,71]           | NA    |

ML = médiolatéral, AP = antéropostérieur, NA = non applicable. Les valeurs en bleu représentent les ICC supérieurs à 0.75.

Tableau 3

Fiabilité inter-évaluateurs et intra-évaluateur pour l'équilibre assis instable la direction médio-latérale

| Variables                  | Session 1                                 |                                           | Session 2                                 | Fiabilité inter-évaluateurs |       | Fiabilité intra-évaluateur |       |
|----------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                            | Evaluateur 1<br>(moyenne<br>± écart-type) | Evaluateur 2<br>(moyenne<br>± écart-type) | Evaluateur 1<br>(moyenne<br>± écart-type) | ICC 2,k<br>(IC95 %)         | ESM   | ICC 3,k<br>(IC95 %)        | ESM   |
| Longueur totale (mm)       | 286,70 ± 54,56                            | 283,64 ± 45,05                            | 284,44 ± 52,13                            | 0,87 [0,60-0,96]            | 17,71 | 0,96 [0,88-0,99]           | 9,53  |
| Surface (mm <sup>2</sup> ) | 28,06 ± 24,85                             | 17,39 ± 11,18                             | 24,43 ± 41,84                             | 0,57 [0,32-0,86]            | NA    | 0,80 [0,35-0,94]           | 13,29 |
| Vitesse max (mm/s)         | 95,87 ± 16,74                             | 97,00 ± 17,74                             | 103,30 ± 25,79                            | 0,89 [0,65-0,96]            | 5,61  | 0,68 [0,04-0,90]           | NA    |
| Vitesse moyenne (mm/s)     | 28,67 ± 5,45                              | 28,36 ± 4,50                              | 28,44 ± 5,21                              | 0,87 [0,60-0,96]            | 1,77  | 0,96 [0,88-0,99]           | 0,95  |
| Longueur AP (mm)           | 220,83 ± 43,53                            | 217,43 ± 37,72                            | 221,51 ± 46,51                            | 0,81 [0,42-0,94]            | 17,43 | 0,96 [0,87-0,99]           | 8,28  |
| Delta AP (mm)              | 6,57 ± 4,31                               | 5,03 ± 2,13                               | 6,17 ± 6,15                               | 0,51 [0,27-0,84]            | NA    | 0,90 [0,67-0,97]           | 1,42  |
| Variabilité AP (mm)        | 4,56 ± 10,71                              | 1,25 ± 1,09                               | 3,43 ± 9,38                               | 0,05 [0,01-0,70]            | NA    | 0,99 [0,96-1,00]           | 0,65  |
| Longueur ML (mm)           | 139,93 ± 25,78                            | 139,41 ± 21,00                            | 134,80 ± 22,30                            | 0,91 [0,70-0,97]            | 6,92  | 0,86 [0,56-0,96]           | 7,99  |
| Delta ML (mm)              | 5,74 ± 2,15                               | 5,20 ± 1,31                               | 4,77 ± 1,92                               | 0,54 [0,42-0,85]            | NA    | 0,39 [0,10-0,81]           | NA    |
| Variabilité ML (mm)        | 2,07 ± 2,00                               | 1,47 ± 0,68                               | 1,34 ± 1,29                               | 0,38 [0,29-0,80]            | NA    | 0,03 [0,00-0,71]           | NA    |

ML = médiolatéral, AP = antéropostérieur, NA = non applicable. Les valeurs en bleu représentent les ICC supérieurs à 0.75.



## DISCUSSION

Cette étude a testé la fiabilité de l'évaluation de la position assise sur support instable par l'intermédiaire des paramètres du CP mesurés par plateforme stabilométrique dans un contexte d'AVC. Les résultats ont mis en évidence une excellente fiabilité intra et inter-évaluateur pour les paramètres de longueur du CP ainsi que pour la vitesse moyenne de déplacement, lors des perturbations ML et AP. La surface, les deltas et la variabilité du déplacement du CP ne semblent pas être des paramètres assez fiables pour être utilisés. La condition associée à la meilleure fiabilité étant la déstabilisation dans le plan frontal (ML) entre la session 1 et la session 2.

Les résultats ont confirmé que la fiabilité intra et inter-évaluateurs est dépendante du paramètre du CP utilisé pour caractériser les ajustements posturaux. Ainsi, comme cela a pu être montré pour les tests en position debout stable et instable pour des personnes après un AVC<sup>(36,37)</sup> et asymptomatiques<sup>(23)</sup>, les ICC sont meilleurs pour les paramètres de longueur et de vitesse du CP. Dès lors, la surface, très utilisée en pratique clinique, ne devrait pas être utilisée pour caractériser le contrôle de l'équilibre en position debout et assise dans le contexte de l'AVC. Les paramètres qui représentent un événement à un « moment t » de la durée du test (ex : vitesse maximale, deltas) sont également moins fiables que les paramètres représentant les ajustements posturaux sur la durée complète du test (comme la longueur totale ou la vitesse moyenne du déplacement du CP).

Les ICC obtenus pour le paramètre de vitesse moyenne du CP lors de la position assise instable sont supérieurs à l'étude de Näf *et al.*<sup>(18)</sup> en position assise statique en cas d'AVC et proches de l'étude de Barbado *et al.*<sup>(19)</sup> sur support instable avec des sujets sains. Le plateau d'instabilité induit une accélération lorsque le sujet déplace son centre de masse qui provoque le roulement du plateau sur la plateforme stabilométrique induisant un réajustement postural rapide pour ne pas tomber<sup>(17)</sup>. En position assise stable, la perturbation externe est inexistante et c'est donc la capacité du sujet à contrôler le centre de masse sur un support fixe qui est évaluée<sup>(5)</sup>. Dès lors, la vitesse moyenne reflétant la quantité d'activité musculaire nécessaire pour maintenir l'équilibre est un paramètre qui semble adapté et fiable pour caractériser les ajustements posturaux lors d'une instabilité externe induite par le bassin.

La fiabilité des paramètres de longueurs du CP a également été utilisée pour caractériser une tâche de « reaching » assise en cas d'AVC<sup>(18)</sup>. Les auteurs obtiennent des valeurs d'ICC supérieures aux ICC obtenus en position assise instable sur balancelle. Dans la tâche de déplacement maximal du tronc dans une direction (AP ou ML), seule la longueur maximale du CP lors du mouvement est relevée. Dès lors, comme pour le Modified Functional Reach Test qui a une excellente fiabilité test-retest<sup>(32)</sup>, c'est la performance de la tâche qui est reflétée par les résultats, mais pas les stratégies de réajustement

postural. Ainsi, sur le plateau d'instabilité les longueurs AP et ML reflètent l'ensemble des oscillations posturales lorsque le sujet essaie de maintenir son CM au-dessus de la base de sustentation. Cette différence pourrait expliquer le fait que les ICC soient excellents, mais un peu inférieurs à l'étude de tâche de « reaching ».

A notre connaissance, aucune étude en position assise sur les paramètres du CP n'a évalué la fiabilité inter-évaluateurs pour des personnes après un AVC. Les résultats montrent peu de différences entre les ICC intra et inter-évaluateurs ce qui suggère que ce test d'équilibre dynamique est fiable et peut être utilisé en pratique clinique. Pour les paramètres de longueurs et de vitesse du CP la fiabilité est suffisante pour que ce test soit utilisé et comparé par différents physiothérapeutes dans un même service.

La position assise instable est le plus souvent évaluée lors de la tâche de « reaching » qui est une auto-déstabilisation du tronc produite à partir des épaules. Le test sur plateau d'instabilité induit une auto-déstabilisation produite à partir du bassin. Cette approche différente est intéressante pour des patients qui présentent souvent une instabilité du bassin et du tronc lors de la marche<sup>(38)</sup>. L'originalité de cette étude réside également dans la dissociation entre les plans d'instabilité ML et AP. Cette distinction permet d'avoir une analyse fine des réajustements posturaux produits dans le plan perpendiculaire au mouvement. Les résultats ont montré une meilleure fiabilité des paramètres du CP pour la déstabilisation ML qui pourrait être associée à l'asymétrie du tronc entre les côtés parétique et non parétique induisant des résultats plus hétérogènes selon les conséquences de l'AVC<sup>(8)</sup>.

Les limites de cette étude sont principalement liées aux difficultés de recrutement des sujets. Suite au calcul de la taille de l'échantillon, il fallait 32 sujets pour compléter l'étude. Toutefois, les tests ont débuté avant l'apparition de la COVID-19 et ont dû être interrompus du fait des règles sanitaires nationales et cantonales ainsi que de la réorganisation du service de neuro-rééducation de l'hôpital Beau-Séjour (HUG). Les résultats présentés concernent donc les 15 premiers sujets de l'étude. Cependant, même si l'effectif est restreint, les résultats sont concordants avec la littérature et montrent des ICC bons à excellents pour de nombreux paramètres. De plus, la méthodologie rigoureuse incluant le double aveugle et une randomisation des tests est favorable à la qualité des données obtenues. La deuxième limite est liée aux critères de sélection des sujets. En effet, pour s'assurer de la capacité des participants à réaliser les tests, nous avons inclus des sujets ayant peu ou pas de troubles cognitifs et un niveau moteur suffisant pour tenir dans la position assise instable de manière autonome. Seul un sujet n'a pas pu réaliser l'entier des tests et a dû être exclu. Les résultats ciblent donc des patients ayant des atteintes modérées et ne peuvent pas être généralisés pour les patients les plus atteints. Il faudra également confirmer les résultats sur un échantillon plus grand.



## CONCLUSION

Le test de contrôle postural en position assise instable évalué par plateforme stabilométrique est suffisamment fiable pour être utilisé en pratique clinique pour des personnes ayant une hémiparésie post-AVC en phase subaiguë. Le physiothérapeute devra toutefois se concentrer sur l'analyse des paramètres de longueurs et de vitesse du CP et éviter la surface du CP qui est moins fiable. Ce test informatisé a l'avantage de refléter les stratégies de réajustements posturaux selon les plans et de pouvoir proposer un feedback en temps réel aux patients. Étant donné les liens entre le contrôle du tronc, la marche et la récupération fonctionnelle, cette approche du bilan pourrait aider à optimiser les exercices au niveau du tronc. De futures études devront confirmer les résultats sur un échantillon plus grand et tester la validité de ce test avec les échelles de contrôle du tronc. Enfin, le dispositif avec plateforme stabilométrique en position assise dynamique sur balancelle pourrait être une piste d'exercices avec feedback à proposer pour améliorer le contrôle du tronc.

## IMPLICATIONS POUR LA PRATIQUE

- Le contrôle du tronc en position assise dynamique devrait faire partie de l'évaluation des patients après un AVC en phase subaiguë.
- L'évaluation sur plateforme stabilométrique a l'avantage de caractériser les stratégies d'ajustements posturaux du tronc lors du maintien de la position assise et de donner un feedback pendant l'exercice au patient.
- Le désavantage de ce test est lié au coût de cet outil mais il peut être utilisé dans de nombreuses situations cliniques, ainsi que pour l'évaluation et le traitement.
- Les paramètres les plus fiables sont la longueur totale, la longueur AP, la longueur ML et la vitesse moyenne du CP.
- La surface du CP ne devrait pas être utilisée en pratique clinique pour ce test.

## Contact

Anne-Violette Bruyneel

E-mail: Anne-violette.bruyneel@hesge.ch

## Références

1. Hugues A, Di Marco J, Ribault S, Ardaillon H, Janiaud P, Xue Y, et al. Limited evidence of physical therapy on balance after stroke: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*. 2019;14(8):e0221700.
2. Tasseel-Ponche S, Yelnik AP, Bonan IV. Motor strategies of postural control after hemispheric stroke. *Neurophysiol Clin Clin Neurophysiol*. nov 2015;45(4-5):327-33.
3. Schmid AA, Van Puymbroeck M, Altenburger PA, Dierks TA, Miller KK, Damush TM, et al. Balance and balance self-efficacy are associated with activity and participation after stroke: a cross-sectional study in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. juin 2012;93(6):1101-7.
4. Claire A. Posture et équilibre : deux notions différentes [Internet]. Elsevier Connect. [cité 12 mai 2021]. Disponible sur: <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/kine-osteo/posture-et-equilibre-deux-notions-differentes>
5. Sibley KM, Straus SE, Inness EL, Salbach NM, Jaglal SB. Balance assessment practices and use of standardized balance measures among Ontario physical therapists. *Phys Ther*. nov 2011;91(11):1583-91.
6. van Nes IJW, Nienhuis B, Latour H, Geurts ACH. Posturographic assessment of sitting balance recovery in the subacute phase of stroke. *Gait Posture*. oct 2008;28(3):507-12.
7. Genthon N, Vuillerme N, Monnet JP, Petit C, Rougier P. Biomechanical assessment of the sitting posture maintenance in patients with stroke. *Clin Biomech Bristol Avon*. nov 2007;22(9):1024-9.
8. Morishita M, Amimoto K, Matsuda T, Arai Y, Yamada R, Baba T. Analysis of dynamic sitting balance on the independence of gait in hemiparetic patients. *Gait Posture*. juin 2009;29(4):530-4.
9. Van Crielinge T, Truijien S, Schröder J, Maebe Z, Blanckaert K, van der Waal C, et al. The effectiveness of trunk training on trunk control, sitting and standing balance and mobility post-stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. juin 2019;33(6):992-1002.
10. Lee M-M, Shin D-C, Song C-H. Canoe game-based virtual reality training to improve trunk postural stability, balance, and upper limb motor function in subacute stroke patients: a randomized controlled pilot study. *J Phys Ther Sci*. juill 2016;28(7):2019-24.
11. Duarte E, Marco E, Muniesa JM, Belmonte R, Diaz P, Tejero M, et al. Trunk control test as a functional predictor in stroke patients. *J Rehabil Med*. nov 2002;34(6):267-72.
12. Sorrentino G, Sale P, Solaro C, Rabini A, Cerri CG, Ferriero G. Clinical measurement tools to assess trunk performance after stroke: a systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*. oct 2018;54(5):772-84.
13. Verheyden G, Nieuwboer A, Van de Winckel A, De Weerd W. Clinical tools to measure trunk performance after stroke: a systematic review of the literature. *Clin Rehabil*. mai 2007;21(5):387-94.
14. Sawacha Z, Carraro E, Contessa P, Guiotto A, Masiero S, Cobelli C. Relationship between clinical and instrumental balance assessments in chronic post-stroke hemiparesis subjects. *J Neuroengineering Rehabil*. 13 août 2013;10:95.
15. Perlmutter S, Lin F, Makhsous M. Quantitative analysis of static sitting posture in chronic stroke. *Gait Posture*. mai 2010;32(1):53-6.
16. Pinsault N, Vuillerme N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Med Eng Phys*. mars 2009;31(2):276-86.
17. Van Crielinge T, Saeys W, Vereeck L, De Hertogh W, Truijien S. Are unstable support surfaces superior to stable support surfaces during trunk rehabilitation after stroke? A systematic review. *Disabil Rehabil*. août 2018;40(17):1981-8.
18. Näf OB, Bauer CM, Zange C, Rast FM. Validity and variability of center of pressure measures to quantify trunk control in stroke patients during quiet sitting and reaching tasks. *Gait Posture*. févr 2020;76:218-23.
19. Barbado D, Moreside J, Vera-Garcia FJ. Reliability and Repetition Effect of the Center of Pressure and Kinematics Parameters That Characterize Trunk Postural Control During Unstable Sitting Test. *PM R*. mars 2017;9(3):219-30.
20. Katz-Leurer M, Fisher I, Neeb M, Schwartz I, Carmeli E. Reliability and validity of the modified functional reach test at the sub-acute stage post-stroke. *Disabil Rehabil*. 2009;31(3):243-8.
21. Bruyneel A-V, Mesure S. Learning effect on the dynamical strategies in sitting position on seesaw motion for idiopathic scoliosis patients. *Neurosci Lett*. 8 févr 2013;534:264-8.
22. Hébert-Losier K, Murray L. Reliability of centre of pressure, plantar pressure, and plantar-flexion isometric strength measures: A systematic review. *Gait Posture*. janv 2020;75:46-62.
23. Ruhe A, Fejer R, Walker B. The test-retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions—a systematic review of the literature. *Gait Posture*. oct 2010;32(4):436-45.
24. Learman KE, Benedict JA, Ellis AR, Neal AR, Wright JA, Landgraft NC. An exploration of trunk reposition error in subjects with acute stroke: An observational design. *Top Stroke Rehabil*. juin 2016;23(3):200-7.



25. Jung K, Kim Y, Chung Y, Hwang S. Weight-shift training improves trunk control, proprioception, and balance in patients with chronic hemiparetic stroke. *Tohoku J Exp Med*. 2014;232(3):195-9.

26. Huang C-Y, Song C-Y, Chen K-L, Chen Y-M, Lu W-S, Hsueh I-P, et al. Validation and Establishment of an Interval-Level Measure of the Balance Assessment in Sitting and Standing Positions in Patients With Stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. juin 2016;97(6):938-46.

27. Karthikbabu S, Chakrapani M. Hand-Held Dynamometer is a Reliable Tool to Measure Trunk Muscle Strength in Chronic Stroke. *J Clin Diagn Res JCDR*. sept 2017;11(9):YC09-YC12.

28. Podsiadlo D, Richardson S. The timed «Up & Go»: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. févr 1991;39(2):142-8.

29. Chan PP, Si Tou JI, Tse MM, Ng SS. Reliability and Validity of the Timed Up and Go Test With a Motor Task in People With Chronic Stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 7 avr 2017;

30. Tinetti ME, Williams TF, Mayewski R. Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *Am J Med*. mars 1986;80(3):429-34.

31. Canbek J, Fulk G, Nof L, Echternach J. Test-retest reliability and construct validity of the tinetti performance-oriented mobility assessment in people with stroke. *J Neurol Phys Ther JNPT*. mars 2013;37(1):14-9.

32. Katz-Leurer M, Fisher I, Neeb M, Schwartz I, Carmeli E. Reliability and validity of the modified functional reach test at the sub-acute stage post-stroke. *Disabil Rehabil*. 2009;31(3):243-8.

33. Bruyneel A-V, Reinmann A, Sordet C, Venturelli P, Feldmann I, Schnider A, et al. Fiabilité intra et inter-évaluateur du Modified Functional Reach Test et du sens positionnel du tronc pour les patients ayant une hémiparésie après un accident vasculaire cérébral. *Kinésithérapie Rev [Internet]*. 18 nov 2020 [cité 1 févr 2021]; Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1779012320303090>

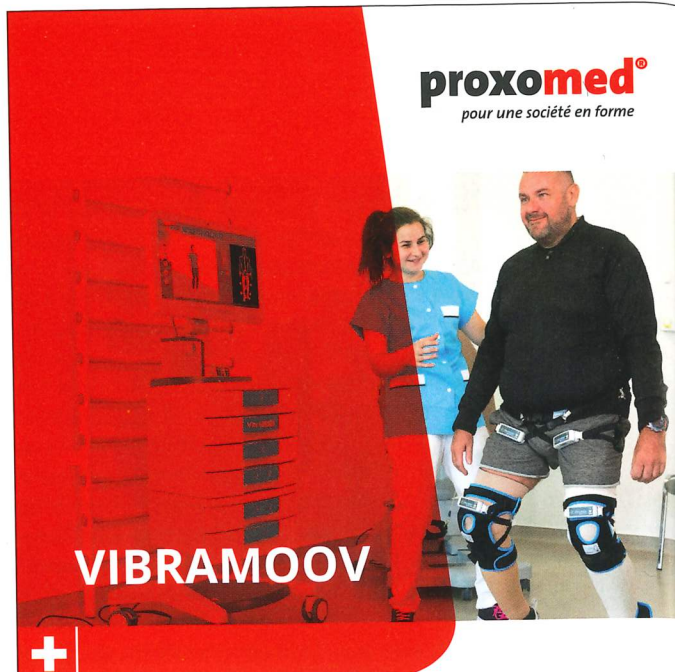
34. Cicchetti DV. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychol Assess*. 1994;6(4):284-90.

35. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*. févr 2005;19(1):231-40.

36. Gray VL, Ivanova TD, Garland SJ. Reliability of center of pressure measures within and between sessions in individuals post-stroke and healthy controls. *Gait Posture*. 2014;40(1):198-203.

37. Gasq D, Labrunée M, Amarantini D, Dupui P, Montoya R, Marque P. Between-day reliability of centre of pressure measures for balance assessment in hemiplegic stroke patients. *J Neuroengineering Rehabil*. 21 mars 2014;11:39.

38. Van Crielinge T, Saeys W, Hallemans A, Velghe S, Viskens P-J, Vereeck L, et al. Trunk biomechanics during hemiplegic gait after stroke: A systematic review. *Gait Posture*. mai 2017;54:133-43.



## VIBRAMOOV

NOUVELLE METHODE DE NEUROREEDUCATION FONCTIONNELLE PRECOCE UTILISANT LA TECHNIQUE DE STIMULATION LA PLUS AVANCEE.

- » Principe de la stimulation fonctionnelle proprioceptive des circuits neuronaux afférents-efférents pour initier une réponse motrice.
- » Stimulation de modèles spécifiques de mouvements sensomoteurs.
- » Sensation fonctionnelle de mouvement au niveau du cortex central.
- » Régulation de la tonicité en cas de spasme, d'hyper- et d'hypotension.
- » Traitement dans chacune des phases de la réadaptation (couché, assis, debout, en marche)



Découvrez notre  
**Vibramoov en vidéo.**

**f** Suivez-nous!

**proxomed**<sup>®</sup> Medizintechnik GmbH  
Office Suisse  
Seestrasse 161  
8266 Steckborn  
Telefon +41 52 762 13 00  
[www.proxomed.ch](http://www.proxomed.ch)