

Titre de l'article : Mesure du contrôle postural lors de la position debout bipodale par plateforme stabilométrique.

Title in english : Postural control measurement during a bipedal stance with a stabilometric platform.

Auteur(s) : Anne-Violette Bruyneel*, Aline Reinmann **, Thomas Pourchet **, Pierre Nicolo*, Simone C. Gafner ***

Fonctions + Adresse complète + MAIL :

*Professeur.e Assistant.e, Filière Physiothérapie, Haute école de santé, HES-SO//Haute Ecole

Spécialisée de Suisse Occidentale, Genève, Suisse

Rue des Caroubiers 25

CH- 1227 Carouge

Suisse

Tél: (+41) 22 388 34 94

anne-violette.bruyneel@hesge.ch

**Assistant.e, Haute école de santé, HES-SO//Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale, Genève,

Suisse

aline.reinmann@hesge.ch

thomas.pourchet@hesge.ch

***Adjointe Scientifique, Haute école de santé, HES-SO//Haute Ecole Spécialisée de Suisse

Occidentale, Genève, Suisse

simone.gafner@hesge.ch

Conflit d'intérêt (sinon déclarer vos conflits) :

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

Texte:

Mesure du contrôle postural lors de la position debout bipodale par plateforme stabilométrique

Description

Les premières analyses des oscillations posturales dateraient des travaux de Vierordt, en 1860. Il utilisait un casque surmonté d'une plume qui inscrivait les déplacements sur une feuille fixée au plafond [1]. Les premières plateformes stabilométriques sont apparues au milieu du XXe siècle.

Elles ont l'avantage de tester le contrôle postural sans dispositif placé sur le corps. Comparativement aux plateformes de force qui mesurent les 3 composantes des forces de réaction du sol, les plateformes stabilométriques enregistrent le centre des pressions (CP) à partir des seules pressions verticales appliquées au sol. Le CP désigne « le point où la pression du corps sur le sol serait concentrée en un point » [2]. Son déplacement représente l'activité du système moteur et reflète les ajustements qui visent à maintenir le contrôle postural [3].

Les plateformes stabilométriques sont de plus en plus utilisées en pratique clinique pour mesurer le contrôle postural. Comparativement aux échelles comme la Berg Balance Scale, leur sensibilité au changement est meilleure et elles ne présentent aucun effet plancher ou plafond [4]. Elles sont de plus en plus accessibles (coût moins élevé et facilité d'utilisation) et elles peuvent servir pour effectuer des exercices de contrôle postural avec un feed-back extemporané grâce à la mesure de l'évolution du CP en temps réel [5].

Utilisation

Contre-indications

Le sujet doit être capable de tenir debout sans aide externe ; en utiliser une modifierait fortement la répartition du CP et l'interprétation du test serait faussée. En cas de troubles importants du contrôle postural, le patient peut être sécurisé par un harnais [4].

Paramètres mesurés

CP : vitesse de déplacement (mm/s), longueur totale de déplacement (mm), écart-type du déplacement, surface (mm²), longueur totale médiolatérale et antéropostérieure (mm), valeurs maximale et minimale (mm). Si le test est réalisé avec 2 plateformes, la répartition d'appui entre les membres inférieurs peut être mesurée (%), de même que les paramètres du CP dissociés de chaque pied [6].

Modalités d'applications

Le sujet est placé au centre de la plateforme stabilométrique dans une position « naturelle » ; celle-ci représente mieux les stratégies d'équilibration de la personne qu'une position standardisée [7]. Les membres supérieurs sont croisés ou le long du corps et la consigne est de rester le plus stable possible pendant la durée du test.

Le temps de repos entre les essais est de 15 s à 1min selon la fatigabilité [8].

Le test peut être réalisé dans diverses conditions : en manipulant l'entrée visuelle (yeux ouverts ou fermés), l'entrée proprioceptive (surface dure ou molle) et en ajoutant une charge cognitive (double tâche) [9].

La durée nécessaire pour garantir une bonne fiabilité du test dépend des paramètres testés et de la condition sensorielle [10]. La recommandation oscille entre 30s [8,11] et 90s [12]. La fréquence d'acquisition doit être d'au moins 100Hz, avec une valeur de seuil (cut-off) de 10Hz [12].

Plus le nombre d'essais est élevé, plus la fiabilité s'améliore. Trois essais semblent suffisants pour obtenir une bonne fiabilité des variables du CP [8,11,12]. Aucun effet d'apprentissage ne semble être présent [13].

Critères d'arrêt du test

Le test est arrêté si le sujet n'arrive pas à maintenir la position de référence demandée (ex : mouvements amples des membres supérieurs), ou s'il bouge les pieds (ex : pas).

Interprétation du test

La surface du CP représente la variabilité des déplacements spatiaux, la longueur informe sur les déplacements successifs des réajustements posturaux, la vitesse reflète la quantité d'activité nécessaire pour maintenir l'équilibre [11]. Une perturbation ou une détérioration du contrôle postural induit une augmentation de la longueur et de la vitesse du CP (*tableau I*).




			Yeux Ouverts / surface dure			Yeux fermés / surface dure			Yeux ouverts / Surface molle			Références
												
	Âge (années)	Durée (s)	Lg CP (mm)	Vitesse (mm/s)	Surface (mm ²)	Lg CP (mm)	Vitesse (mm/s)	Surface (mm ²)	Lg CP (mm)	Vitesse (mm/s)	Surface (mm ²)	
Enfants	3	40	345 ± 145	11.5 ± 5.4	241 ± 250	380 ± 150	13.0 ± 7.3	284 ± 260	597 ± 245	19.9 ± 8.5	491 ± 298	[14]
Enfants	5	40	459 ± 261	15.8 ± 9.5	524 ± 609	474 ± 256	16.8 ± 9.6	507 ± 508	789 ± 750	28.1 ± 29.6	1219 ± 1685	
Enfants	9-10	30	339 ± 90	NR	561 ± 210	435 ± 117	NR	777 ± 342	NR	NR	NR	[15]
Adolescents	12-14	30	285 ± 99	NR	423 ± 264	360 ± 111	NR	540 ± 318	NR	NR	NR	
Adolescents	15-18	30	261 ± 75	NR	375 ± 210	339 ± 99	NR	540 ± 315	NR	NR	NR	
Adultes	18-40	30	190 ± 27	9.75 ± 0.31	NR	224 ± 42	15.9 ± 0.33	NR	345 ± 61	14.9 ± 0.24	NR	[2,16-18]
Personnes âgées	>56	30	290 ± 36	14.58 ± 5.38	NR	475 ± 63	20.05 ± 6.62	NR	582 ± 112	29.4 ± 2.3	784 ± 295	[16-19]

Tableau 1. Synthèse des valeurs (moyenne et écart-type) recueillies chez des sujets asymptomatiques lors du test statique bipodal debout (durée de 30 à 40s) évalué par plateforme stabilométrique (fréquence : ≥50Hz) pour les 3 conditions les plus testées. Aucune donnée reportée n'est normalisée. Abréviations: Lg = longueur, CP = centre des pressions, NR = non référencé.

Paramètres qui influencent le résultat

Facteurs intrinsèques

L'âge [14,16], la fatigue musculaire [20] et les pathologies (neuromusculaire, orthopédique et traumatologique) [2,4,13] affectent le contrôle postural et donc les paramètres du CP.

Facteurs extrinsèques

La durée de la tâche, la qualité de la plateforme et sa fréquence d'acquisition, les consignes et le lieu qui doit être calme, sans autre personne ou facteur qui puisse perturber la concentration

[12].

Utilisation clinique

Formation

Aucune formation n'est nécessaire, hormis la connaissance de la procédure du test.

Durée du test

Environ 10 min (explication, démonstration, essais, temps de repos et réalisation), mais, elle dépend fortement du nombre de conditions testées.

Matériel nécessaire

Une ou deux plateformes stabilométriques ainsi qu'un ordinateur ou une tablette pour extraire les données. Un lieu calme est recommandé.

Propriétés psychométriques

La fiabilité des paramètres du CP pour les tests debout bipodaux sur plateforme stabilométrique dépend du nombre de répétitions et du paramètre choisi [12]. La surface du CP (mm²) est le paramètre le moins fiable alors que la vitesse moyenne (mm/s) et la longueur totale (mm) ont une fiabilité bonne à excellente [8,13] (*tableau II*). Habituellement, la fiabilité est meilleure pour la condition yeux ouverts que pour la condition yeux fermés [12].

Test debout bipodal yeux ouverts [8,11,12]	Fiabilité intra-évaluateur (ICC)	Erreur Standard de Mesure (%)
Surface (mm ²)	0,46 – 0,93	32
Longueur totale (mm)	0,91 – 0,97	9
Vitesse moyenne (mm/s)	0,91 – 0,97	8
Amplitude ML ou AP	0,45 – 0,82	29

Tableau II : valeurs d'ICC pour la fiabilité intra-évaluateur et erreur standard de mesure d'un test bipodal debout yeux ouverts (30s, 3 essais, fréquence ≥ 50 Hz). Abréviations : ML = médiolatéral, AP = antéropostérieur, ICC= indice de corrélation intra-classe.

Limites du test

Une attention particulière doit être portée à l'ordre des différentes conditions et au respect des temps de repos pour éviter l'influence de la fatigue sur la performance.

Lorsque des individus aux caractéristiques anthropométriques différentes sont comparés, les paramètres doivent être normalisés pour éviter des erreurs d'interprétation (ex : vitesse/taille) [12].

Autres applications

La plateforme stabilométrique permet de réaliser des tests dans une multitude de conditions (ex : assis / debout) et d'utiliser des surfaces variées [19]. La limite de stabilité est souvent testée pour tester un équilibre bipodal dynamique.

Conclusion

La plateforme stabilométrique est un outil simple et sensible aux changements. Elle offre une évaluation rapide et précise du contrôle postural. De plus, elle peut être utilisée pour diverses populations et pathologies grâce à la multitude de tests qu'elle permet.

Références :

- [1] Baron J. Statokinésimétrie. Etude de la posture verticale humaine. Ann Kinésithérapie 1982;9:377–88.
- [2] Ruhe A, Fejer R, Walker B. Center of pressure excursion as a measure of balance performance in patients with non-specific low back pain compared to healthy controls: a systematic review of the literature. Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc 2011;20:358–68. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1543-2>.

- [3] Baratto L, Morasso P, Re C, Spada G. A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques. *Motor Control* 2002;6. <https://doi.org/10.1123/mcj.6.3.246>.
- [4] Brouwer R, Kal E, van der Kamp J, Houdijk H. Validation of the stabilometer balance test: Bridging the gap between clinical and research based balance control assessments for stroke patients. *Gait Posture* 2019;67:77–84. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.09.025>.
- [5] Melong C, Keats K. Comparing the Effects of a Novel and a Traditional Proprioceptive Balance Training Program on Activity Adherence and Balance Control in a Healthy University Population: A Preliminary Study. *Games Health J* 2013;2. <https://doi.org/10.1089/g4h.2013.0042>.
- [6] Geurts A, Boonstra T, Voermans N, Diender N, Weerdesteyn V, Bloem B. Assessment of postural asymmetry in mild to moderate Parkinson's disease. *Gait Posture* 2011;33. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.09.018>.
- [7] Mesure S, Bruyneel A-V, Nadeau S. La posture naturelle ou standardisée: quelle orientation pour la rééducation ? *Neurophysiol Clin* 2019;49:438. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2019.10.088>.
- [8] Hébert-Losier K, Murray L. Reliability of centre of pressure, plantar pressure, and plantar-flexion isometric strength measures: A systematic review. *Gait Posture* 2020;75:46–62. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.027>.
- [9] Moghadam M, Ashayeri H, Salavati M, Sarafzadeh J, Taghipoor K, Saeedi A, et al. Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait Posture* 2011;33. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.02.016>.
- [10] van der Kooij H, Campbell A, Carpenter MG. Sampling duration effects on centre of pressure descriptive measures. *Gait Posture* 2011;34. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.02.025>.
- [11] Pinsault N, Vuillerme N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Med Eng Phys* 2009;31:276–86. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2008.08.003>.
- [12] 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* 2010;32:436–45. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.09.012>.
- [13] Pineda RC, Krampe RT, Vanlandewijck Y, Biesen DV. Reliability of center of pressure excursion as a measure of postural control in bipedal stance of individuals with intellectual disability: A pilot study. *PLoS ONE* 2020;15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240702>.
- [14] Verbecque E, da Costa PHL, Meyns P, Desloovere K, Vereeck L, Hallemans A. Age-related changes in postural sway in preschoolers. *Gait Posture* 2016;44:116–22. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.11.016>.
- [15] Verbecque E, Vereeck L, Hallemans A. Postural sway in children: A literature review. *Gait Posture* 2016;49:402–10. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.08.003>.
- [16] Roman-Liu D. Age-related changes in the range and velocity of postural sway. *Arch Gerontol Geriatr* 2018;77:68–80. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2018.04.007>.
- [17] Abrahamová D, Hlavacka F. Age-related changes of human balance during quiet stance. *Physiol Res* 2008;57:957–64.
- [18] Qiu F, Cole MH, Davids KW, Hennig EM, Silburn PA, Netscher H, et al. Enhanced somatosensory information decreases postural sway in older people. *Gait Posture* 2012;35:630–5. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.12.013>.
- [19] Kirchner M, Schubert P, Getrost T, Haas CT. Effect of altered surfaces on postural sway characteristics in elderly subjects. *Hum Mov Sci* 2013;32:1467–79. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.05.005>.
- [20] Rojhani-Shirazi Z, Amiri Z, Ebrahimi S. Effects of Plantar Flexor Muscles Fatigue on Postural Control during Quiet Stance and External Perturbation in Healthy Subjects. *J Biomed Phys Eng* 2019;9:233–42.