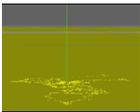


Hôpitaux de Toulouse | **ToNIC** Toulouse NeuroImaging Center | **Inserm** | UNIVERSITÉ TOULOUSE III | **NeuroBiomeK**

Intérêts et limites de l'évaluation stabilométrique de la stabilité posturale

DES de Médecine Physique et de Réadaptation
Module 3 - Motricité
 07/12/2023 – 1h30
 Dr David GASQ ^{a,b}



* Université Toulouse 3, CHU de Toulouse – Physiologie Explorations Fonctionnelles
 * ToNIC, Toulouse NeuroImaging Center, Université de Toulouse, Inserm, UPS

Objectifs d'apprentissage

2 / 65

1. Comprendre le concept de stabilité posturale sur le plan biomécanique.
2. Connaître le principe de la stabilométrie.
3. Connaître les différents facteurs de l'évaluation stabilométrique à standardiser.
4. Connaître les différentes conditions d'évaluation stabilométriques et leur impact sur le déroulement de l'examen et son interprétation.
5. Comprendre l'intérêt potentiel des manipulations sensorielles lors d'une évaluation stabilométrique.
6. Savoir réaliser une interprétation standardisée d'une évaluation stabilométrique de la stabilité posturale.
7. Connaître l'intérêt et les principales indications de l'évaluation stabilométrique.
8. Connaître les principales limites métrologiques de l'évaluation stabilométrique.

DES MPR – Mod. 3
 D. GASQ
 07/12/2023

Déroulé de l'exposé

3 / 65

1. La stabilométrie ?
2. Conditions d'évaluation
3. Interprétation d'une évaluation stabilométrique
4. Éléments de métrologie

DES MPR – Mod. 3
 D. GASQ
 07/12/2023

Place de l'évaluation stabilométrique

4 / 65

- Effet plafond (+/- plancher) des échelles cliniques d'évaluation de la stabilité posturale
 - Score PASS, Berg Balance ScaleVisser et al. 2008; Nardone & Schieppati 2010; Sawacha et al. 2013
- Effet plancher de l'évaluation stabilométrique
 - Position orthostatique sans aide technique > 30s



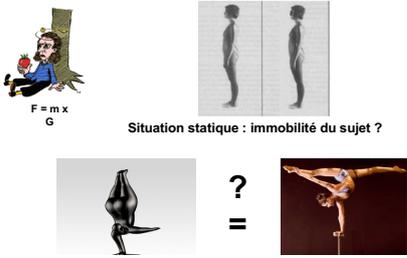
DES MPR – Mod. 3
 D. GASQ
 07/12/2023

Stabilité ou équilibre ?

5 / 65

$F = m \times G$

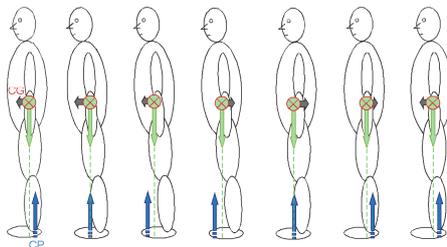
Situation statique : immobilité du sujet ?



DES MPR – Mod. 3
 D. GASQ
 07/12/2023

Les raisons de l'absence d'équilibre ?

6 / 65



DES MPR – Mod. 3
 D. GASQ
 07/12/2023
D'après Rougier et al. 2001

Évaluation stabilométrique

7 / 65

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

Évaluer de la stabilité posturale / l'équilibre

=

Évaluer le mouvement ⇔ oscillations posturales

Concept de stabilité

8 / 65

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

- Être stable = ne pas chuter
- Stabilité en situation « quasi-statique »
 - ✓ Maintenir la projection du centre de masse à l'intérieur du polygone de sustentation
- Stabilité en situation dynamique (marche par ex)
 - ✓ Déplacer le polygone de sustentation (déplacements des pieds) afin d'éviter la chute
 - ✓ En situation quasi-statique = déplacement minimal du CM / CP pour maintenir une posture

D'après Rougier, 2001

Comment quantifier les oscillations posturales ?

9 / 65

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

FIGURE 1 - Premières observations quantifiées des oscillations posturales (enveloppe du tracé) par Vierordt (1860) : sujet debout les yeux ouverts (a) et fermés (a'); position hanchée en appui sur le membre inférieur droit (b); position assise yeux ouverts (c) et fermés (c'); appui monopodal sur le pied droit (d).

Vierordt Karl von (1860) Grundriss der Physiologie des Menschen. H. Laupp, Tübingen.

Des mouvements de la tête → forces sous les pieds

10 / 65

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

Mesure des mouvements de la tête

THE FACTORS INFLUENCING STATIC EQUILIBRIUM
AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECTS OF PRACTICE UPON AMOUNT AND DIRECTION OF SWAY
FRANKLIN SMITH FLEABING
1922
From the Psychological Laboratory, Stanford University

THE STATIC EQUILIBRIUM OF AIRPLANE PILOTS
GERTRUDE BRAMMER
1925
From the Psychological Laboratory of Stanford University

	Eyes Open				Average Sway Amplitude
	min.	max.	ave.	s.d.	
Wiles, Control	100	300.0	66.0	0.20	0.20
Wiles, Practice	100	80	44.0	0.20	

FIGURE I. Ataxiometer with Subject in Position.
A. In Entry 1957.

Des mouvements de la tête → forces sous les pieds

11 / 65

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

- Mesure des déplacements au niveau du bassin
- Mesure des forces sous les pieds
 - Modèle biomécanique = oscillation autour des chevilles

THE FORCES OPERATING AT THE HUMAN ANKLE JOINT DURING STANDING
By J. W. SMITH
1957
Department of Anatomy, Bute Medical Buildings, St. Salvador's College, St. Andrews

POSTURAL MOVEMENTS DURING NORMAL STANDING IN MAN
1959
By D. P. THOMAS* AND R. J. WHITNEY
Medical Research Council Unit for Research on Climate and Working Efficiency, Department of Human Anatomy, Oxford

Bases biomécaniques

12 / 65

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

Dans le plan sagittal: stratégies de cheville et de hanche

A

B

A. D'après Horak et al. 1987. B. D'après Gagey 2003.

Relation spatio-temporelle entre CPR et CG

19 / 65

Qu'évalue t-on à travers l'étude des déplacements du CP ?

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

A. D'après Rougier et al. 2001. B. D'après Rougier et Caron 2000.

Qu'évalue t-on à travers l'étude des déplacements du CP ?

20 / 65

- Centre des pressions (CPR) et centre de gravité/masse (CG/CM)
- Centre de masse du sujet = oscillations posturales (« body sway »)
- Activité musculaire permettant le maintien de la projection du CG dans le polygone de sustentation = CPR-CG

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

D'après Rougier 2008

Qu'évalue t-on à travers l'étude des déplacements du CP ?

21 / 65

Stabilogramme → CPR versus CG/CM

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

D'après Winter 1996.

Une ouverture vers la physiologie du maintien postural

22 / 65

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Une ouverture vers la physiologie du maintien postural

23 / 65

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Modifié, d'après Prince 2009.

$$COP_{med}(t) = COP_g(t) \times \frac{F_{vert_g}(t)}{F_{vert_g}(t) + F_{vert_d}(t)} + COP_d(t) \times \frac{F_{vert_d}(t)}{F_{vert_g}(t) + F_{vert_d}(t)}$$

Une ouverture vers la physiologie du maintien postural

24 / 65

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

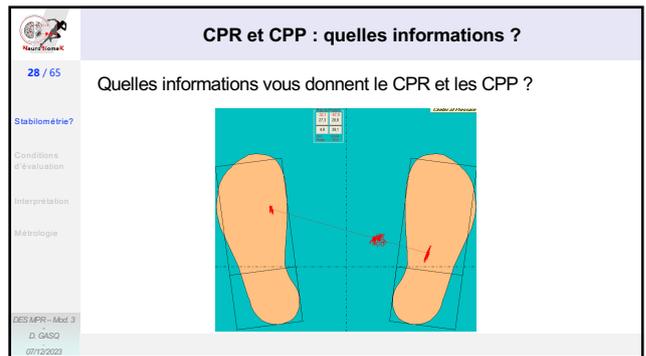
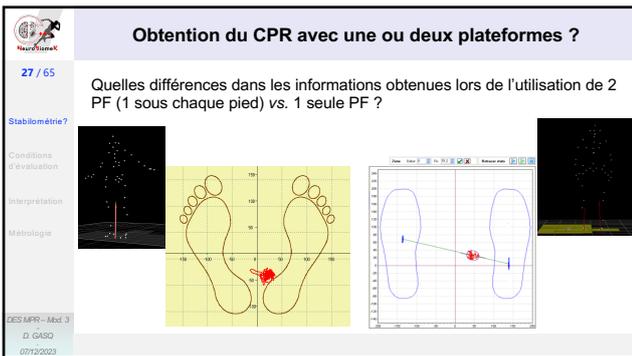
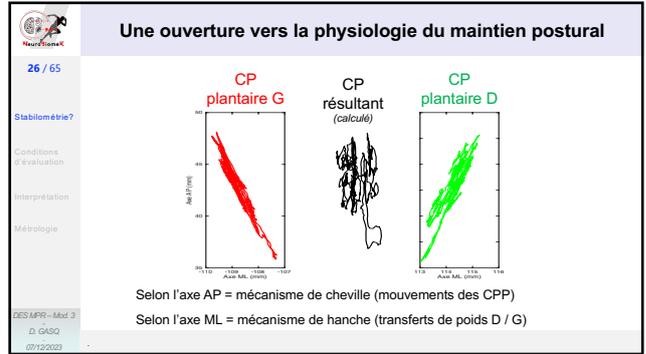
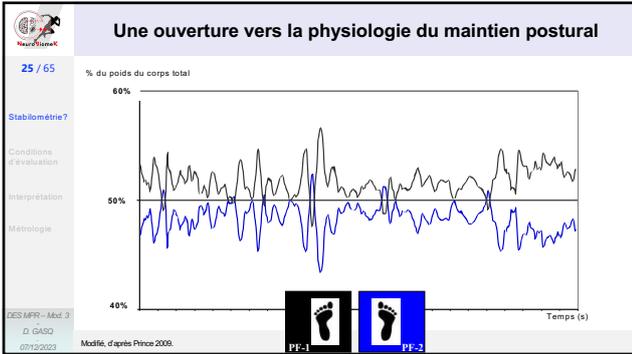
Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

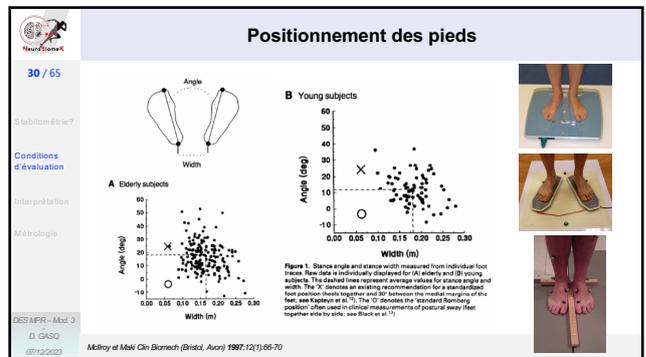
Modifié, d'après Winter 1993.

CPv Charge / décharge (Fz) = mécanisme de hanche

CPc Point d'application de Fz = muscles de cheville



- ### Déroulé de l'exposé
- 29 / 65
1. La stabilométrie ?
 2. Conditions d'évaluation
 3. Interprétation d'une évaluation stabilométrique
 4. Éléments de métrologie
- Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métrologie
- DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023



Environnement standardisé

31 / 65

- Environnement sonore et visuel : éviter les distracteurs
 - Éclairage constant
- Influence du rythme circadien (Kohen-Raz et al. 1996)
- Fixation d'un repère visuel (Paulus et al. 1984)
 - Normalisation de l'effet stabilisateur de la vision
 - Distance de 1 à 3 m
 - Position du rachis cervical en situation YF
- Consigne standardisée (Zok et al. 2008)
 - Éviter le surcontrôle postural !!
 - Normes 85 : « Vous mettez les bras le long du corps » puis « Vous allez rester tranquille, détendu, sans bouger, en regardant le fil à plomb (ou en fermant les yeux) et en comptant dans votre tête jusqu'à ce qu'on vous dise que c'est bien fini. C'est bien compris ? » (contrôle de la réponse), puis « Vous n'avez pas besoin d'élever, de vous gratter ? On peut y aller ? » (contrôle de la réponse), et enfin « regardez le fil (ou fermez les yeux) ! Commencez à compter ! C'est parti ! ». L'enregistrement commençait une seconde après.



Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Tâche cognitive et stabilisation posturale

32 / 65

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Lacour et al. 2008

Comparer deux évaluations

33 / 65

- Conditions nécessaires pour comparer deux évaluations stabilométriques (intra/inter-patient) :
 - Même durée *sf surface* (> 20 sec), vitesse du CP, X et Y moyens ?
 - Même fréquence d'acquisition *sf surface*, X et Y moyens
 - Même position des pieds
 - Mêmes consignes +++
 - Même environnement visuel, sonore, etc...
 - Même condition de vigilance
 - Même matériel idéalement
 - Inter-sujet : effet physiologique de l'âge

Tout doit être identique !

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

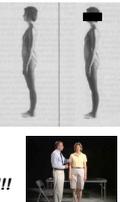
DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Comparer le patient à lui-même

34 / 65

- Intérêt pour juger de l'évolution de l'instabilité posturale :
 - Entre 2 conditions sensorielles (YO/YF, ...)
 - Entre 2 dispositifs de correction (orthèses plantaires, prismes, ...)
 - Dans le temps :
 - Évolution d'une pathologie
 - Effet d'une thérapie (rééducation, ...)
- Mêmes exigences ++++

→ Le seul facteur censé varier est celui que l'on teste !!!



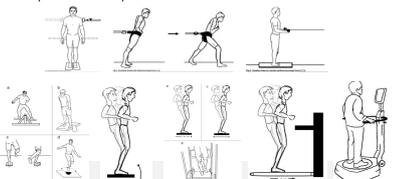
Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Évaluation statique ou dynamique ?

35 / 65

- Évaluation statique (quasi-statique ...) = support stable et fixe
- Évaluation dynamique
 - Quantification des effets sur le contrôle postural avec le CP, temps de réaction, activations EMG, cinématique 3D, chute, ...
 - Notion d'ajustements posturaux anticipés et réactionnels



Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Petro et al. 2017

Intérêt théorique de l'évaluation dynamique

36 / 65

- Plus écologique et proche des situations de vie quotidienne
- Éventuellement, perturbation posturale quantifiée
- Évaluation multimodale
 - EMG et cinématique : ajustements posturaux
 - Stabilité : analyse des déplacements du CP ou CG, chute
- Étude des contributions sensorielles
 - Pertinence en pathologie vestibulaire et neurologique
 - Risque de chute lors du vieillissement ??

- Évaluation statique = relativement standardisée
- Évaluation dynamique = très hétérogène
 - *Equitest* = référence standardisée



Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Limites de l'évaluation dynamique

37 / 65

Pourquoi l'évaluation dynamique n'a pas remplacé l'évaluation statique ?

The 6 conditions of the NeuroCom Sensory Organization Test (SOT)

- Hétérogénéité des protocoles et paramètres
- Défaut de standardisation excepté l'Equitest
 - Mais système peu accessible
- Effet plancher > condition statique
- Peur de chuter en conditions dynamiques
 - Modification de la stratégie
 - Stratégie de cheville → stratégie de hanche
 - Activations musculaires disto-proximale / proximo-distale

Le mieux est l'ennemi du bien
 "The perfect is the enemy of the good"
 Voltaire (1694 - 1778)

Visser et al. 2008; Pisto et al. 2017; Hinkel 1997

Déroulé de l'exposé

38 / 65

1. La stabilométrie ?
2. Conditions d'évaluation
3. **Interprétation d'une évaluation stabilométrique**
4. **Éléments de métrologie**

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

Quels paramètres analyser ?

39 / 65

Deux catégories de paramètres

1. **Stabilité posturale**
 - Quantification indirecte des oscillations posturales
2. **Symétrie de répartition des appuis**
 - Droite / Gauche
 - Avant / Arrière

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

Évaluation de la stabilité posturale

40 / 65

- Analyse linéaire du signal
- Paramètres décrivant la tendance centrale
- Longueur en X, Y, XY (mm)
 - Sensible au ratio signal / bruit
 - Dépendante de la durée
- **Vitesse de déplacement du CP selon XY (mm.s⁻¹)**
 - Moyenne (Longueur / Temps) ou instantanée
 - Indépendante de la durée mais dépendante de la fréquence d'échantillonnage
 - Paramètre consensuel dans la littérature

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023
Visser et al. 2008; Rühr et al. 2010; Scoppa et al. 2013

Évaluation de la stabilité posturale

41 / 65

- Analyse linéaire du signal
- Paramètres décrivant la dispersion
- **Ecart type des positions du CP selon X, Y ou XY (mm)**
 - Souvent exprimé par le **RMS (Root Mean Square)**
- Écart-type ou variance de la vitesse du CP (mm.s⁻¹)
- Empan selon X ou Y (mm)
- **Surface de l'ellipse de confiance du STK (mm²)**
 - Contenant 90 ou 95% des points du STK
 - **Mauvais paramètre**
 - Peu valide
 - Peu reproductible
 - Intérêt en cas de surcontrôle volontaire

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

Les pièges et finesses de la surface du STK

42 / 65

« Decrease in CoP area can result from a better integration of the multisensory inputs controlling posture and underpin the improvement of posture control. But similar CoP changes can result from an increased-body stiffness associated with fear of falling. »
 Lacour et al. 2008

Une faible surface du STK peut-être liée à :

- Un bon contrôle postural
- Un sujet ayant peur de chuter et se raidissant

Notion de « méga-surface »

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

Analyse fréquentielle

43 / 65

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

Signal non-stationnaire

Bordis et al. 1994 ; Gage et al. 2004
Spectrogramme FFT du CP-ML

Amplitude (mm)
Fréquence (Hz)

Stabilogramme du CP-ML

Stabilogramme TSA du CP-ML (dB)

Carroll et Freedman 1993 ; Schumann et al. 1995 ; Loughlin et al. 1996 ; Ferdjallah et al. 1999

Évaluation directe de l'asymétrie D/G

44 / 65

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

- Mesure directe du poids sous chacun des deux pieds
 - 2 plateformes de force
 - Baropodométrie / semelles embarquées
- Indépendant de la position // centre de la plateforme
 - Pourcentage du poids D et G

Évaluation indirecte asymétrie D/G: X-moyen

45 / 65

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

X-moyen (mm) : droite-gauche

- Position moyenne du CP sur l'axe ML
- Dépend de 2 facteurs :
 - Position des appuis // centre de la plateforme
 - Intensité des appuis D et G

→ Estimation indirecte de la répartition du poids D/G

52,2% pts à D
X-moyen = 2,9

52,2% pts à G
X-moyen = 8,9

Lien entre X-moyen et asymétrie de poids

46 / 65

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

- Asymétrie de répartition du poids « normale » < 10%
- Lien X-moyen et asymétrie de répartition du poids selon la position des pieds
 - Position 9 cm d'écart inter-talonnier et angle de 30° (Genthon et al. 2008)
 - 5% asymétrie = 10 mm, soit 1 mm pour 0,5% du poids corporel environ
 - Position 17cm entre le milieu des talons et angle de 14° (travaux personnels)
 - 3,3% asymétrie = 10 mm, soit 1 mm pour 0,33% du poids corporel environ
 - Position 3 cm d'écart inter-talonnier avec angle de 30° (Normes 85)
 - On peut estimer que 8,5% asymétrie = 10 mm, soit 1 mm pour ~0,85% du poids corporel

52,2% pts à D
X-moyen = 2,9

Évaluation asymétrie Avant/Arrière pied

47 / 65

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

- Mesure directe du poids sous avant et arrière-pied
 - 2 x 2 plateformes de force
 - Baropodométrie / semelles embarquées
 - Pourcentage du poids sous avant et arrière-pied
- Mesure indirecte: Y-moyen (mm)
 - Position moyenne du CP sur l'axe AP
 - Pb de référentiel (où est le zéro?)

Étapes de l'interprétation

48 / 65

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métriologie

DES MPR - Mod. 3
D. GASQ
07/12/2023

- Données cliniques concernant le patient
- Conditions de l'évaluation connues et standardisées
- Déroulement de l'évaluation connu
- Regarder les graphes (stabilogrammes et statokinésigramme)
- Choisir les paramètres stabilométriques d'intérêt
- Selon la situation :
 - Étude d'un comportement = moyenniser les valeurs (ex: 3 essais de 30 secondes)
 - Étude d'une performance = prendre la meilleure valeur (ex: appui monopodal)
- Comparer les conditions entre-elles ou l'évolution au cours du temps

Exemple d'interprétation

49 / 65

- Stabilité 7
- Conditions d'évaluation
- Interprétation
- Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

- Patient de 50 ans
- Ataxie cérébelleuse d'origine génétique, d'aggravation progressive
- Bilan initial avant rééducation axée sur la stabilité posturale et la marche

Demande : évaluation quantifiée du contrôle postural et de l'asymétrie d'appui

- Visiodépendance posturale ?

Conditions de l'évaluation

- Condition « quasi-statique » → pieds-nus, position des pieds 17-14°
- 3 acquisitions de 30s les YO et les YF (YO-YF-YO-YF-YO-YF) ; cible visuelle à 1,5 m
- Pas de tâche cognitive
- Consignes standardisées

Déroulement de l'évaluation

- Première acquisition YO réfaite car le patient a bougé le membre supérieur
- Repos 2 min entre acquisitions 4 et 5

Exemple d'interprétation

50 / 65

Stabilité 7

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

	Yeux ouverts			Moyenne
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	
% poids côté G	51,2	49,6	52,3	51%
% poids côté D	48,8	50,4	47,7	49%
% poids ant-pied G	29,3	29,1	30,6	29,7%
% poids ant-pied D	21,9	20,5	21,7	21,4%
% poids ant-pied G	23,3	25,7	26	25%
% poids ant-pied D	25,5	24,7	23,7	24%
Vitesse du CP	56,19	70,03	46,61	57,6 mm.s-1

Exemple d'interprétation

51 / 65

Stabilité 7

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

	Yeux ouverts			Moyenne
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	
% poids côté G	51,2	49,6	52,3	51%
% poids côté D	48,8	50,4	47,7	49%
% poids ant-pied G	29,3	29,1	30,6	29,7%
% poids ant-pied D	21,9	20,5	21,7	21,4%
% poids ant-pied G	23,3	25,7	26	25%
% poids ant-pied D	25,5	24,7	23,7	24%
Vitesse du CP	56,19	70,03	46,61	57,6 mm.s-1

	Yeux fermés			Moyenne
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	
% poids côté G	49,6	48,4	46,7	47,9%
% poids côté D	50,4	54,5	53,3	52,7%
% poids ant-pied G	29,1	28,1	26,6	27,9%
% poids ant-pied D	20,5	17,8	20,1	19,3%
% poids ant-pied G	25,7	28,2	28,7	27,6%
% poids ant-pied D	24,7	26,3	24,6	25,2%
Vitesse du CP	70,03	113,94	88,76	90,9 mm.s-1

Existe-t-il des normes ?

52 / 65

- Stabilité 7
- Conditions d'évaluation
- Interprétation
- Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

- Des normes ont été proposées
 - Normes 85
 - Société Japonaise d'étude de l'équilibre 1997
- Peut-on / doit-on les utiliser ?
- Valeur prédictive ?

Condition	Moyenne	Ecart standard	Limite de confiance à 95%	Remarque
X centre (cm)	0,0	1,1	1,4	-0,01/1,12
Y centre (cm)	0,0	0,9	1,1	-0,01/1,12
X centre (cm)	0,0	0,92	1,14	-0,01/1,12
Y centre (cm)	0,0	0,75	1,12	-0,14 / -0,4

Non utilisable à 40 Hz

Non utilisable à 40 Hz

Comparaison de 2 conditions

53 / 65

- Stabilité 7
- Conditions d'évaluation
- Interprétation
- Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

- Comparaison directe des scores avec / sans manipulation sensorielle
 - Marge d'erreur à dépasser
- Ratio entre les deux scores
 - Coefficient de Romberg = (YF / YO) x 100 (Paulus et al. 1984)
 - Borné de 0 à l'infini
 - Asymétrique et non proportionnel
 - Méthode normalisée (Difield 1971 pour coefficient latéralité; Lacour et al. 1997)
 - Borné entre -100 et + 100
 - Symétrique
- Choix du / des paramètre(s) selon la situation

Equation: $\frac{\text{Eyes Closed (EC) torque} - \text{Eyes open (EO) torque}}{\text{EC torque} + \text{EO torque}} \times 100$

Exemple d'interprétation

54 / 65

Stabilité 7

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métriologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Visiodépendance posturale	
Romberg	Ratio normalisé
158%	22

Vitesse du CP XY

Déroulé de l'exposé

55 / 65

- 1. La stabilométrie ?
- 2. Conditions d'évaluation
- 3. Interprétation d'une évaluation stabilométrique
- 4. **Éléments de métrologie**

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métrologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Un peu de métrologie ...

56 / 65

Measurement Properties of Outcome Measurement Instruments

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métrologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Validité de l'évaluation stabilométrique

57 / 65

- La stabilométrie est un **dispositif d'évaluation**
 - Intérêt de la quantification chiffrée mais effet plancher
 - Suivi d'un patient, comparé à lui-même
 - Sensibilisation du test de Romberg clinique
 - Utiliser 2 plateformes si étude des asymétries
- Très rare intérêt diagnostique
 - Pic fréquentiel spécifique
 - Tremblement orthostatique essentiel
 - Surcontrôle des oscillations posturales
- Validité prédictive et contre-critère ?

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métrologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Vissler et al. 2006; Ruhn et al. 2010; Scoppo et al. 2013

Validité de l'évaluation stabilométrique

58 / 65

Prédire la chute ?

- Meilleur prédicteur = avoir déjà chuté !
- Modèles de prédiction ?

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métrologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Validité de l'évaluation stabilométrique

59 / 65

Prédire l'instabilité articulaire (cheville & genou) ?

- Romberg ou appui monopodal ++
- Utile pour le suivi
- Pas de prédiction de la récurrence

Stabilométrie ?
Conditions d'évaluation
Interprétation
Métrologie

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Validité de l'évaluation stabilométrique

60 / 65

Validité discriminante ou contre-critère

- Récupération des capacités de maintien postural après AVC (De Haart et al., 2004) ;
- Efficacité (en terme de stabilité posturale) d'un programme rééducatif après AVC (Bonan et al., 2004b), ou d'une stimulation subthalamique chez des patients parkinsoniens (Guzhi et al., 2006) ;
- Evaluer la visio-dépendance posturale de sujets hémiplegiques vasculaires (Bonan et al., 2004b) ou vestibulaires (Lacour et al., 1997) ;
- Caractériser les liens entre altérations de la marche et de la stabilité posturale après AVC (Nardone et al., 2009; Mansfield et al., 2013; Sawacha et al., 2013) ;
- Objectiver des troubles de la stabilité posturale chez des sujets présentant une instabilité subjective après traumatisme crânien (Dehail et al., 2007) ;
- Evaluer la maturation du système postural (Golomer et al., 1999a) ou l'effet du vieillissement sur l'altération du contrôle postural (College et al., 1994) ;
- Objectiver une visio-dépendance différente entre danseurs professionnels et sujets témoins (Golomer et al., 1999a) ;

Study or Subgroup	Mean	SD	Total Mean	Total SD	Total n	Std. Mean Difference	Std. Error	95% CI
Colombo 2012	165	124	165	124	12	0.00	0.00	[-0.00, 0.00]
Colombo 2014	117	226	117	226	14	0.00	0.00	[-0.00, 0.00]
Provencher 2013	65	32	65	32	13	0.00	0.00	[-0.00, 0.00]
Total (95% CI)	347	282	347	282	39	0.00	0.00	[-0.00, 0.00]

DES MPR - Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Reproductibilité et stabilométrie

61 / 65

La reproductibilité dépend des paramètres étudiés

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métrologie

COP Variables	Direction	Mean ± SD	Trial*	MMDC
Sway area (mm ²)	—	136.8 ± 46.3	1	±68.4
COP range (mm)	AP	26.3 ± 5.6	1	±7.4
	ML	14.1 ± 4.3	1	±5.1
RMS (mm)	AP	3.7 ± 1.0	1	±1.2
	ML	2.3 ± 0.9	1	±1.2
COP velocity (mm/s)	AP	7.9 ± 1.7	2	±1.0
	ML	5.2 ± 1.0	2	±0.6

*Number of trial averaged for ICC ≥ .90.

DES MPR – Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Laford et al. 2004.

Reproductibilité de l'évaluation stabilométrique

62 / 65

- La reproductibilité est dépendante des conditions de l'examen
 - Consignes, environnement et position des pieds toujours les mêmes !
- Globalement → en appui bipodal et en condition « statique »
 - Bien que les conditions d'examen varient selon les travaux !!!
- Moyenner 3 essais d'une durée de 30 sec**
 - Ou une seule acquisition de 90 sec
- Stabilité posturale jugée avec la vitesse du CP (mm/s)
 - Marge d'erreur ≥ 2 mm/s chez sujets « sains » ; ≥ 5 mm/s en orthopédie
 - Plus important en neurologie ≥ 7 à 10 mm/s en post-AVC**
- Asymétrie d'appui :
 - Mesuré directement (% poids); marge d'erreur ~10%
 - Sinon X-moyen

DES MPR – Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Cf. articles de références adaptés à la population étudiée et aux conditions de l'évaluation

Gaidé et al. 1992; Laford et al. 2004; Doyle et al. 2007; Lin et al. 2008; Santos et al. 2008; Visser et al. 2008; Pissault et al. 2009; Rühr et al. 2010; Scoppa et al. 2013; Gasq et al. 2014; Laroche et al. 2015; Arjan et al. 2023

Sensibilité au changement de la stabilométrie

63 / 65

- 23 patients blessés médullaires
- Appui bipodal statique YO / YF
- Suivi à multiples reprises durant 1 an: stabilométrie et échelles cliniques
- Évaluation de la sensibilité au changement (taille d'effet)

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métrologie

ES - Responsiveness

Reliability, validity, and effectiveness of center of pressure parameters in assessing stabilometric platform in subjects with incomplete spinal cord injury: a serial cross-sectional study

DES MPR – Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Sensibilité au changement de la stabilométrie

64 / 65

- 99 patients SEP, EDSS 0 à 5
 - Médiane = 2
 - Groupes 0-1,5 / 2-2,5 / 3-5
- Appui bipodal statique (pieds écartés 10cm)
- YF durant 30s – CP médio-latéral
- Comparaison test de Romberg et atteinte cérébelleuse

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métrologie

Balance Testing in Multiple Sclerosis – Improving Neurological Assessment With Static Posturography?

TABLE 4 | Patients with cerebellar function system score 0 (N = 42) or Romberg test score 0 (N = 71) with impaired balance parameters according to different cut-points for deviation from the healthy group.

		2 SD	2.5 SD	3 SD
Cerebellar function system score = 0 (N = 42)	Deviated area	13 (30.95%)	10 (23.81%)	9 (21.43%)
	Average sway	6 (14.29%)	2 (4.76%)	1 (2.38%)
	Average speed	10 (23.81%)	8 (19.05%)	8 (19.05%)
Romberg test score = 0 (N = 71)	Deviated area	39 (54.93%)	30 (42.25%)	28 (39.44%)
	Average sway	13 (18.31%)	5 (7.04%)	2 (2.82%)
	Average speed	26 (36.62%)	19 (26.76%)	19 (26.76%)

DES MPR – Mod 3
D. GASQ
07/12/2023

Sensibilité au changement de la stabilométrie

65 / 65

- Sensibilité au changement intéressante par rapport aux échelles cliniques
 - Évaluation quantifiée objective
 - Peu de travaux sur le sujet → *établir la validité au préalable !*
 - Intérêt potentiel quand effet plafond des échelles cliniques
- Outil de suivi longitudinal
 - Pré / Post
 - Récupération ou évolution d'une pathologie
- ⚠ L'évaluation stabilométrique ne se suffit pas à elle-même
 - **Interprétation en fonction du contexte clinique**

Stabilométrie ?

Conditions d'évaluation

Interprétation

Métrologie

DES MPR – Mod 3
D. GASQ
07/12/2023