

Rééducation proprioceptive sur plateau de *Freeman* versus planche de *Gagey* dans le cadre d'une instabilité chronique de cheville : étude pilote

Freeman board proprioceptive reeducation versus Gagey board in the context of chronic ankle instability: pilot study

FRANÇOIS-XAVIER GRANDJEAN^{1,2} (PT, DiO, POSTUROLOGUE), MARTIN DE FROIDMONT² (PT), PHILIPPE VILLENEUVE³ (PODOLOGUE, POSTUROLOGUE, DiO, MSc), PIERRE-OLIVIER MORIN³ (PODOLOGUE, POSTUROLOGUE, MSc).

1. Centre d'ostéopathie du Sart-Tilman, 2, rue des Facultés B-4102 Ougrée, Belgique.

2. Haute Ecole de la Province de Liège, 2, quai du Barbou, B-4020 Liège, Belgique.

3. Posturolab, 20, rue du rendez-vous 75012 Paris

Cette étude n'a pas été financée, elle a été réalisée dans le cadre d'un travail de fin d'études de Master en Kinésithérapie à la Haute Ecole de la Province de Liège, Belgique.

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt avec le sujet et le contenu de cet article

Article reçu en octobre 2018; accepté en mai 2019.

Keywords

ankle instability, proprioception, postural control, repeated ankle sprains

Mots clés

Instabilité de cheville, proprioception, contrôle postural, entorses à répétitions

Abstract

Introduction: For some authors, the reeducation on a *Freeman* board would rather be used as part of an overall strengthening of the lower limb muscles, while during a reeducation on a *Gagey* board the proprioceptors would be stimulated during weaker destabilizations. This pilot study attempted to highlight the specific contribution of the *Gagey* board in the reeducation of ankle instability compared to that of the *Freeman* board.

Method: This study, conducted on a population of twenty subjects with ankle instability, took place over a four-week period at the rate of two treatment sessions per week. In order to track the progress of ankle instability, the Cumberland Ankle Instability Tools self-questionnaire (CAIT), two validated clinical tests, the Time in Balance Test (TBT) and modified Star Excursion Balance Test (SEBT) were used as well as a stabilometric analysis.

Results: A significant improvement in ankle stability was observed in both groups for the different clinical tests. The *Gagey* group improved most of the stabilometric parameters

Résumé

Introduction: Pour certains auteurs, la rééducation sur le plateau de *Freeman* interviendrait plutôt dans le cadre d'un renforcement global des muscles du membre inférieur, alors qu'avec la rééducation sur la planche de *Gagey* les propriocepteurs seraient stimulés lors de destabilisations plus faibles. Cette étude pilote tente de mettre en évidence l'apport spécifique de la planche de *Gagey* dans la rééducation de l'instabilité de cheville comparativement à le plateau de *Freeman*.

Méthode: L'étude, réalisée sur une population de vingt sujets présentant une instabilité de cheville, s'est déroulée sur une période de quatre semaines à raison de deux séances de rééducation par semaine. Pour suivre l'évolution de l'instabilité de cheville, l'auto-questionnaire *Cumberland Ankle Instability Tools* (CAIT), deux tests cliniques validés, le *Star Excursion Balance Test modifié* (SEBT) et le *Time in Balance Test* (TBT), ainsi qu'une analyse stabilométrique ont été utilisés.

Résultats: Une amélioration significative de la stabilité au sein des deux groupes a été observée pour les différents

in the frontal plane while the *Freeman* group improved two parameters in the sagittal plane.

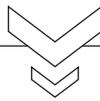
Discussion: Although clinical tests do not allow differentiation between the two groups, the stabilometric analysis demonstrated that the *Gagey* board appeared to be more effective for proprioceptive rehabilitation since it improves all the parameters in the frontal plane, unlike the *Freeman* board.

Conclusions: This study appears to confirm the authors' observations that the *Freeman* board is more effective for overall lower limb strengthening than for proprioception improvement, for which the *Gagey* board seems to be more effective.

tests cliniques. Le groupe *Gagey* a amélioré la plupart des paramètres stabilométriques dans le plan frontal tandis que le groupe *Freeman* améliorait deux paramètres dans le plan sagittal.

Discussion: Si les tests cliniques ne permettent pas de faire une différence entre les deux groupes, l'analyse stabilométrique montre que la planche de *Gagey* semble plus adaptée à la rééducation proprioceptive puisqu'elle améliore l'ensemble des paramètres dans le plan frontal contrairement à celle de *Freeman*.

Conclusion: Cette étude semble confirmer les observations des auteurs qui avancent que le plateau de *Freeman* est davantage indiquée dans un objectif de renforcement global du membre inférieur que dans celui d'une amélioration de la proprioception comme le permettrait la planche de *Gagey*.



1. Introduction

«L'instabilité de cheville est une répétition de plus en plus fréquente d'entorses externes, de sensations d'insécurité à la course ou la marche sur terrain accidenté ou plat, expliquant même les douleurs hors épisodes d'entorses⁽¹⁾». *Holmer*⁽²⁾ énonce que la fréquence des entorses de cheville diagnostiquées est de 6000 cas par jour en France et de plus de 24 000 cas par jour aux Etats-Unis; elles représenteraient 4 à 7 % des consultations en service d'urgences au cours d'une pratique sportive. Sur une population d'aspirants aux Etats-Unis, *Gerber*⁽³⁾ note, qu'à 6 mois, tous les blessés ont repris une activité sportive. Mais dans 40% des cas, ils présentent encore des douleurs, des limitations de fonction, des performances diminuées; 14% des sujets ont aussi présenté une récurrence d'entorse et 29%, des épisodes d'instabilités. Il signale que les dysfonctions post-traumatiques ne sont pas corrélées à la gravité de l'atteinte initiale. Toutes ces études semblent montrer qu'il y a un réel risque de complications ultérieures sur une population sportive, risque dont l'impact socio-économiques n'est pas à négliger, compte tenu des incidences élevées.

Selon *Freeman*, l'instabilité résulterait d'une incoordination motrice secondaire à un trouble de la proprioceptivité qui n'a aucune correspondance avec la laxité ligamentaire résiduelle⁽⁴⁾.

Lephart, en 1998, schématise le procédé par lequel une lésion capsulo-ligamentaire tend à récidiver à travers l'instabilité fonctionnelle consécutive au déficit proprioceptif et à l'instabilité structurelle secondaire à la lésion elle-même⁽⁵⁾. De nombreuses fibres nerveuses articulaires se terminent par des mécanorécepteurs dans la capsule et les ligaments. Elles sont stimulées à la fois par la position statique et par le mouvement de l'articulation dans laquelle elles se trouvent⁽⁶⁾.

«Il a été démontré que les effets centraux d'une telle stimulation incluent des altérations de l'activité des muscles voisins. En général, ces récepteurs subissent des interactions dont l'effet probable est de stabiliser les articulations face aux déplacements passifs en provoquant une activité musculaire appropriée⁽⁴⁾».

Étant donné que les fibres nerveuses articulaires se situent dans les ligaments et les capsules, il semble inévitable qu'une blessure par traction sur un ligament ou une capsule conduise également à des altérations de celles-ci. Il en résulterait un asynchronisme articulaire, source de déséquilibre tonique et s'ensuivrait une compensation du système musculaire qui s'adapterait à cette nouvelle configuration articulaire; un déséquilibre postural s'installerait, responsable d'une pathologie de contrainte. Plusieurs études ont en effet montré qu'il existait un lien entre instabilité de cheville⁽⁷⁾ et déséquilibre postural^(8,9).

Hertel⁽¹⁰⁾, en 2002, indique, par exemple, qu'une altération de la proprioception et du temps de recrutement des muscles fibulaires modifie le contrôle postural. *McKeon*⁽¹¹⁾, en 2008, a montré qu'aucune des réponses neuromusculaires au mouvement de varus de cheville n'était assez rapide pour éviter une lésion ligamentaire qui se fait en 30 millisecondes.

Il a démontré l'existence d'une pré activation musculaire 100 millisecondes avant la phase dynamique. La boucle de rétrocontrôle seule, est trop longue pour empêcher l'entorse.

Van der Wees, en 2006, montre que les exercices d'équilibration sur plan instable sont efficaces dans la prévention des instabilités de cheville⁽¹²⁾.

Tropp et Coll.⁽¹³⁾, en 1984, observent une amélioration significative des stabilogrammes chez les footballeurs souffrant d'entorses après un programme de 6 semaines sur plateau instable, ainsi qu'une diminution des sensations subjectives d'instabilité fonctionnelle.

Le plateau de *Freeman* a été conçu pour travailler les exercices d'équilibre. Il est constitué d'une planche, avec dans sa partie inférieure une demi-sphère centrale qui va permettre des oscillations dans tous les plans. Celle-ci est utilisée par les kinésithérapeutes dans le cadre de la rééducation proprioceptive post traumatique ou pour résoudre des troubles de l'équilibre (figure 1).



› Figure 1: Plateau de *Freeman* et planche de *Gagey*.

En revanche, plusieurs auteurs rejettent les conclusions de *Freeman et al* et son plateau instable⁽¹³⁾. *Forestier et al*⁽¹⁴⁾, indiquent que l'échec des exercices de renforcement proprioceptif laisse à penser que la théorie de *Freeman* ne suffit pas pour prévenir les entorses de cheville. *Kiers*⁽¹⁵⁾, en 2012, ajoute que ce type de travail ne cible pas le travail proprioceptif de la cheville mais induit davantage un renforcement musculaire des membres inférieurs et des stratégies d'équilibration qu'une réponse spécifique au contrôle postural suite aux déstabilisations trop amples que le plateau procure.

C'est dans cet objectif que la planche de *Gagey* a été mise au point (figure 1). Cette planche ronde est dérivée du plateau de *Freeman* mais sous laquelle la demi-sphère a été remplacée

par une calotte à peine sphérique afin de n'engendrer, lors du travail en mono ou bipodal, que de faibles déstabilisations. Celles-ci permettraient une stimulation préférentielle des propriocepteurs⁽¹⁶⁾ (figure 1).

Objectif

L'**objectif** de cette étude était de comparer les résultats d'un programme de rééducation proprioceptive réalisé sur plateau de *Freeman* et sur planche de *Gagey* dans le cadre d'une instabilité de cheville. Nous avons émis l'**hypothèse** que la mise en place d'un programme de rééducation spécifique pour l'instabilité chronique de cheville pendant une durée d'un mois sur planche de *Gagey*, permet aux patients d'améliorer davantage leurs sensations subjectives d'instabilité et leur contrôle postural par rapport à ceux qui réalisent la même rééducation sur plateau de *Freeman*.

2. Méthode

La sélection des sujets a été effectuée au sein d'une population âgée de 19 à 25 ans (âge moyen : 21,6 ans \pm 2,8) à l'aide de critères d'inclusion donnés par l'Instability ankle consortium⁽¹⁷⁾ (tableau 1). 20 sujets (n=20) ont été retenus (14 hommes et 6 femmes), répartis en deux groupes de manière aléatoire par tirage au sort.

L'étude a été réalisée sur une période d'un mois. 7 séances de rééducation proprioceptive d'une durée de 15 minutes ont été proposées aux participants à raison de 2 séances par semaine avec un minimum de 24 heures entre les séances. Nous avons réalisé les évaluations avant la première séance (T1) et après la dernière séance (T2). Nous avons ensuite observé une période de 1 mois, sans rééducation, avant de réaliser une nouvelle évaluation (T3).

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<ul style="list-style-type: none"> • L'entorse initiale qui a déclenché les symptômes a eu lieu plus de 12 mois avant le début des symptômes. • Un minimum de deux épisodes de « giving away » (sensation de lâchage), apparus dans les 6 mois après une entorse initiale. • Un score inférieur à 24/30 au questionnaire de Cumberland (CAIT) • Un score inférieur à 95% lors de la somme des 3 plans au <i>Star Excursion Balance Test modifié (SEBT)</i> associé à un écart de plus de 4cm entre le pied atteint et le pied sain dans le plan antérieur. • Un temps inférieur à 30 secondes lors du test d'appui unipodal (TBT). • Avoir lu et signé le formulaire de consentement visant à approuver l'étude proposée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un traitement de la pathologie actuelle en parallèle à l'expérimentation en cours. • Des sujets ayant déjà reçu un traitement conservateur pour la même pathologie dans le mois précédent l'étude. • Un traumatisme subi au niveau du membre inférieur dans les 6 derniers mois. • Des antécédents de chirurgie ou de fracture au niveau du pied ou de la cheville. • Des antécédents de déchirure ligamentaire (entorse de <i>stade 2 / stade 3</i>) • Toute autre pathologie associée au trouble instable présent. • Présence de troubles neurologiques susceptible d'influencer l'équilibre. • Une absence lors d'une séance de rééducation durant l'étude.

› Tableau 1: Critères d'inclusion et d'exclusion.

Quatre outils d'évaluation ont été retenus sur base de la littérature scientifique étudiée.

A) Le Cumberland Ankle Instability Tools (CAIT) (18):

Auto-questionnaire fiable, valide (spécificité 0,74, sensibilité 0,82) qui permet de quantifier la gravité de l'instabilité fonctionnelle de la cheville. Le score maximum est de 30. Celui-ci a été validé et présenté en langue française (19).

Hiller(20), en 2006, indique qu'un score inférieur à **24/30** témoigne d'une instabilité. En dessous de ce score, plusieurs degrés d'instabilité pourront être retrouvés.

B) Le Star Excursion Balance Test modifié (SEBT) est utilisé pour mesurer le contrôle postural dynamique (21):

Il consiste à réaliser une série de squats unipodaux sur le membre testé (figure 2) Une mesure préalable des membres inférieurs est réalisée. Le membre en question est placé au centre de trois lignes dessinées au sol et placées en forme de « Y » La distance maximale atteinte par le pied qui n'est pas en appui est notée. Ce test a également été réalisé sur le pied sain afin de voir s'il existait une différence entre le pied sain et le pied atteint. Ce test est fiable et valide (0.67-0.87) pour identifier des déficits de contrôle postural dynamique (21). Olmsted et coll. (21), en 2002, énoncent qu'un score composite inférieur à **95%** peut être signe d'une instabilité de cheville.



> Figure 2:
Star Excursion Balance Test
Le calcul du score se fait suivant la formule:
[Essai plan 1+essai plan 2+essai plan 3 / lg membre inférieur x3]X100 =%

C) Le « Time in Balance Test » (TBT) (figure 3) (22):

Ce test d'équilibre statique unipodal s'effectue sur une jambe et les yeux fermés. Il permet d'évaluer la proprioception et le contrôle de la posture sur un support avec une surface réduite, en l'occurrence la plante du pied. Ce test est fiable et valide (spécificité 0,35, sensibilité 0,82) pour évaluer un déficit du contrôle postural statique (23). La variable mesurée est le temps maximal atteint en unipodal (en secondes) sur le pied lésé.

Springer(22) affirme qu'un sujet est incapable de tenir sur un pied plus de 30 secondes lors d'une atteinte proprioceptive du système podal.



> Figure 3:
Time in Balance Test

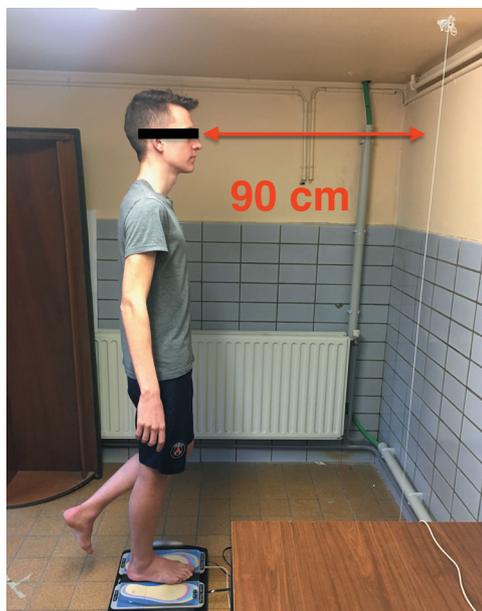
D) L'analyse stabilométrique sur plate-forme de force (Cyber-sabots) (figure 4).

La plate-forme de force représente un outil classique de mesure en posturologie (Normes 85). Elle enregistre les variations du centre de pression et permet d'évaluer le système postural d'aplomb (24). Même si l'enregistrement du sujet sur plate-forme de force s'effectue habituellement en statique et en bipodal, il est possible de réaliser un bilan de l'équilibre dynamique, en bipodal ou unipodal, à condition d'y interposer un plateau instable cylindrique à un seul plan de direction (planche de Bessou) (figure 4). Celui-ci peut être placé dans un axe sagittal ou frontal. Dans cette étude les Cyber Sabots de la firme In Tech ont été utilisés (figure 4). Ces plateformes brevetées monoplaques ultraplates et très légères répondent aux exigences métrologiques de l'Association Française de Posturologie (Normes AFP 85/2000). Leur usage est parfaitement compatible (compatibilité ascendante) avec les plateformes standardisées.



> Figures 4:
Cyber sabots et Planche de Bessou (pour l'acquisition dynamique)

Ce bilan permet de mesurer successivement l'équilibration anté-ro-postérieure (plan sagittal) et l'équilibration latérale (plan frontal) en condition dynamique. Le sujet se place debout, en station unipodale, sur la plate-forme, le genou en appui est tendu, les bras le long du corps, la mâchoire relâchée, le regard à l'horizontal. Le sujet fixe un fil à plomb suspendu en face de lui à une distance de 90 centimètres (œil-fil à plomb) dans un plan frontal (figure 5). La fréquence d'acquisition est de 40 hertz en mode dynamique. Un plateau en plexiglass permet de synchroniser les deux sabots et réaliser une mesure unipodale (figure 5). Les paramètres stabilométriques retenus étaient lalongueur du déplacement du centre des pressions (CP), la surface (S), la variance de vitesse de déplacement du CP en fonction de la position de Y (Vfy) et la variance de vitesse de déplacement du CP (Varvit). Dans un premier temps, les données ont été enregistrées, en condition statique, sur le pied sain puis sur le pied lésé, les yeux ouverts (YO) et ensuite les yeux fermés (YF). Un seul enregistrement a été réalisé pour chaque condition. La durée d'enregistrement était de 12,8 secondes pour chaque acquisition. En effet, *Riemann*⁽²⁵⁾, en 2017, explique que les stratégies d'équilibration changent au-delà de 15 secondes en appui unipodal. La proprioception plantaire et visuelle contribue à l'équilibration en premier lieu et sont rapidement assistées par l'activation du système vestibulaire lorsque celles-ci ne sont plus aptes à intervenir. Les mêmes mesures ont ensuite été enregistrées en condition dynamique dans le plan sagittal (figure 4), puis frontal. Au total, 24 données par personne ont été récoltées (8 par situation : en statique, en dynamique plan sagittal et puis en plan frontal). Il est important de signaler aussi que, pour chaque sujet, le premier enregistrement en condition statique n'a pas été pris en compte. Nous avons considéré qu'il correspondait à l'apprentissage du sujet face à son nouvel environnement.



› Figure 5 : Stabilométrie : sujet lors d'un enregistrement dynamique en plan sagittal (fil à plomb à 90cm). Le plateau en plexiglas permet de synchroniser les deux sabots en unipodal.

Pour chacun des tests réalisés dans cette étude, les résultats obtenus ont d'abord été comparés pour les deux groupes à l'aide du test de *U de Mann* et *Whitney*. Ce test est utile dans la comparaison de deux échantillons indépendants de petites tailles. Il permet donc de vérifier l'homogénéité des groupes aux différents temps de l'expérimentation.

Ensuite, l'évolution du score a été comparé dans le temps (T1, T2, T3) au sein de chaque groupe à l'aide du test de Wilcoxon.

Ce test permet de comparer deux mesures d'une variable quantitative effectuées au sein d'un même groupe. Il a été considéré qu'un test était significatif si la P value était inférieure à 0,05 (S) et très significatif si la P value était inférieure à 0,01 (TS).

3. Traitement

Chaque séance a débuté par un échauffement de 3 minutes et a été suivi de 4 exercices. Les exercices ont été répétés 4 fois, chaque temps de travail sur plateau durait 30 secondes, entrecoupé d'une pause de 15 secondes. La durée totale de chaque séance était de 15 minutes.

Il est important de préciser que dans un but d'une rééducation standardisée, les exercices réalisés sur plateau de *Freeman* ont été scrupuleusement identiques à ceux réalisés sur la planche de *Gagey*. Le seul critère variant entre les deux traitements était le type de déstabilisation généré par les plateaux. Au début de la prise en charge, et pour les sujets souffrant d'instabilité importante, les exercices proposés étaient parfois impossibles à réaliser ; il fallait alors revenir à une station debout sur sol dur pour réaliser un travail efficace sur le plateau par la suite. En effet, c'est la stratégie de cheville qui devait être favorisée plutôt qu'une stratégie de hanche.

La planche était placée à 2 mètres du mur où était fixé un repère visuel (point rouge) afin d'éviter l'intégration d'informations visuelles. Il est à noter que les afférences visuelles ne sont plus prises en compte à des fins d'équilibration si la cible visuelle est située à plus de 2 mètres de distance⁽²⁶⁾.

Chaque séance avait pour objectif de travailler spécifiquement une entrée posturale en plus de l'équilibration sur plateau afin de proposer un travail rééducatif global comme préconisé par *Gagey*⁽²⁷⁾ et *Falchier*⁽¹⁶⁾.

1) Pre-test: prise de mesure (T1)

La description qui suit, reprend les consignes générales de chaque séance afin que le lecteur puisse mieux appréhender le travail réalisé.

1^{re} séance : prise de conscience sur la planche.

- Equilibre, bras écartés, les yeux ouverts (YO).
- Equilibre, bras le long du corps, YO.
- Toucher les mains du thérapeute situées à différentes positions devant le sujet.
- Equilibre, bras le long du corps les yeux fermés (YF).

2^e séance : Travail de la convergence visuo-plantaire. Fixer le repère visuel sur le mur (figure 6).

- Mouvement avant/arrière de la planche.
- Mouvement Gauche/droite de la planche.
- Mouvement horaire/Anti-horaire de la planche.
- Toucher avec le pied le sol en avant et en arrière de la planche.

3^e séance : Stimulation visuelle (point laser sur le mur face au sujet, à plus de 2m).

- Poursuite oculaire du point laser projeté sur le mur.
- Poursuite oculaire du pouce. Le sujet amène son propre pouce en abduction et le suit du regard.



› Figure 6: Comparaison d'équilibration entre les deux planches lors d'une séance.

- Fixation alternée sur un des deux pouces placés devant soi.
- Poursuite oculaire du pouce vers le haut et le bas.

4^e séance: Travail de la convergence oculaire (28).

Convergence oculaire par rapprochement d'un stylo-bille (thérapeute).

- Fixation du point à 10 cm.
- Fixation du point à 5 mètres.
- Travail d'équilibration les yeux fermés.

5^e séance: Stimulation vestibulaire.

- Inclinaison de tête gauche/droite à 45°.
- Maintien de la tête tournée dans un sens puis dans l'autre.
- Rotation gauche/droite (mouvement de non)
- Flexion/extension de tête (mouvement de oui)

6^e séance: Travail du schéma corporel et de la perception spatiale.

- Rotation de tête à droite, Inclinaison gauche, bras droit en abduction, regard fixé sur le repère mural.
- Rotation, inclinaison de tête gauche, bras gauche en abduction.
- Rotation de tête droite, bras et jambe en abduction.
- Proprioception inconsciente YF.

7^e séance: Travail de la double tâche cognitive.

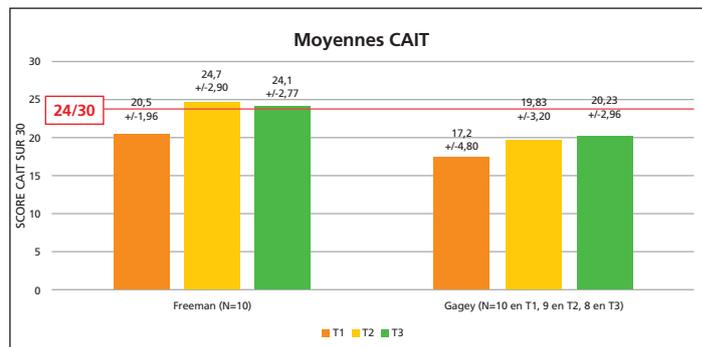
- Calcul mental simple et référence historique simple, ...
- Tourner la balle avec le pied sain autour de la planche.
- Lancer la balle contre le mur.
- Lancer de balles dans différentes trajectoires.

2) Post-test: prise de mesure (T2)

3) 1 mois après post test (T2): dernière prise de mesure (T3).

4. Résultats

Résultats obtenus au questionnaire CAIT (graphique 1)

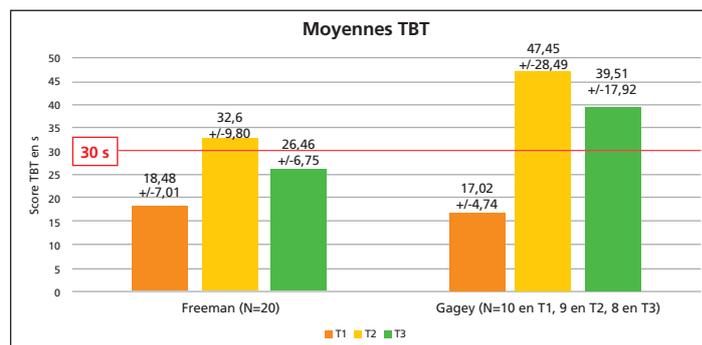


› Graphique 1: Comparaison des résultats du questionnaire CAIT entre le groupe *Freeman* et le groupe *Gagey* au différents temps T1 (départ) T2 (fin) T3 (1 mois après la fin de l'expérimentation). La ligne rouge correspond au score seuil d'instabilité pour ce test (24/30).

T1: avant traitement (orange); T2: après traitement (jaune); T3: 1 mois après la fin du traitement (vert).

Pour le groupe *Freeman*, il existait une amélioration entre T1 et T2, les valeurs augmentaient de manière très significative (20/30 → 24/30 ; p=0,005). Entre T2 et T3, les résultats restaient constants dans le temps. (24/30 → 24/30 ; p= 0,14). Au sein du groupe *Gagey*, il existait une amélioration significative des différentes valeurs entre T1 et T2. (17/30 → 19/30 ; p=0,02). Les valeurs au sein de ce même groupe augmentaient entre T2 et T3, de manière non significative (19/30 → 20/30 ; p=0,14).

Résultats obtenus pour le *Time in Balance Test* (TBT) (graphique 2)

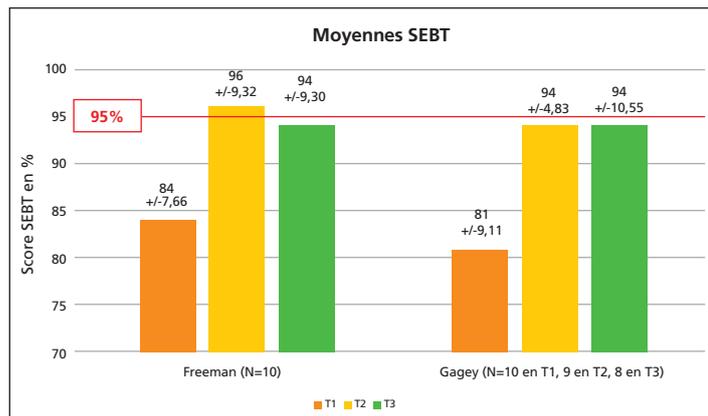


› Graphique 2: Comparaison des résultats du *Time in balance test* (TBT) entre le groupe *Freeman* et le groupe *Gagey* au différents temps T1 (départ) T2 (fin) T3 (1 mois après la fin de l'expérimentation). La ligne rouge correspond au score seuil d'instabilité pour ce test (30s).

T1: avant traitement (orange); T2: après traitement (jaune); T3: 1 mois après traitement (vert).

Au sein du groupe *Freeman*, il existait une différence très significative entre T1 et T2 (18,47 secondes → 32,58 secondes; $p=0,001$). Les résultats diminuaient ensuite de manière significative entre T2 et T3 (32,58 secondes → 26,46 secondes; $p=0,03$). Au sein du groupe *Gagey*, il existait une amélioration très significative des valeurs entre T1 et T2 (17 secondes → 47,44 secondes; $p=0,0009$) et une diminution non significative entre le temps T2 et le temps T3 (47,44 secondes → 39,51 secondes; $p=0,29$).

Résultats obtenus pour le SEBT modifié (graphique 3)



Graphique 3: Comparaison des résultats du *Star Excursion Balance Test modifié* (SEBT) entre le groupe *Freeman* et le groupe *Gagey* au différents temps T1 (départ) T2 (fin) T3 (1 mois après la fin de l'expérimentation). La ligne rouge correspond au score seuil d'instabilité pour ce test (95%). T1: avant traitement (orange); T2: après traitement (jaune); T3: 1 mois après traitement (vert).

Pour le groupe *Freeman*, on a constaté une amélioration très significative entre T1 et T2 (83% → 95%; $p=0,0039$). Ces valeurs restaient stables entre T2 et T3 (95% → 94%; $p=0,08$). En ce qui concerne les résultats pour le groupe *Gagey*, on a constaté une amélioration très significative entre T1 et T2 (81% → 94%; $p=0,003$). Ces valeurs restaient stables entre T2 et T3 (94,2% → 93,8%; $p=0,93$).

Au sein du groupe *Gagey*, huit personnes sur neuf augmentaient leur résultat au niveau du pied sain suite à la rééducation. Parmi ceux-ci, quatre obtenaient un score supérieur à 95%. Un mois après l'expérimentation, ces quatre sujets conservaient l'amélioration. Au sein du groupe *Freeman*, neuf sujets sur dix augmentaient leur résultat au niveau du pied sain. Parmi ces neuf sujets, sept obtenaient un score supérieur à 95% après un mois après rééducation. Un mois après la fin de l'expérimentation, deux parmi les sept sujets conservaient l'amélioration.

Résultats obtenus lors des mesures stabilométriques (tableau 1 et 2)

Pied atteint	Freeman	Gagey
Plan stable:		Surface ✓ Longueur ✓ Varvit ✓ VFY ✓
Plan instable/sagittal	Longueur ✓ VFY ✓	
Plan instable/frontal		Surface ✓ Longueur ✓ Varvit ✓ VFY ✓
Plan stable:	Longueur ✓	
Plan instable/sagittal		Surface ✓ Longueur ✓
Plan instable/frontal		Surface ✓ Longueur ✓ Varvit ✓

Tableau 1: Résultats significatifs observés lors des mesures stabilométriques entre le temps T1 et le temps T2.

Pied atteint	Freeman	Gagey
Plan stable:	Longueur ✓ Varvit ✓	Surface ✓ Longueur ✓ VFY ✓
Plan instable/sagittal		
Plan instable/frontal		
Plan stable:	Varvit ✓ Longueur ✓ VFY ✓	
Plan instable/sagittal		
Plan instable/frontal		Surface ✓

Tableau 2: Résultats significatifs observés lors des mesures stabilométriques entre le temps T1 et le temps T3. YO: yeux ouverts; YF: yeux fermés; ↘: diminution; ↗: augmentation; VFY: Variance de vitesse en fonction de y; Varvit: Variance de vitesse.

Les paramètres stabilométriques directement en lien avec la stabilité ont été analysés. La longueur, La surface (S), Le VFY, et la Variance de vitesse (Varvit).

Entre T1 et T2, une diminution significative a été observée pour les paramètres suivants: (tableau 1)

- A) Pour le groupe *Freeman*;
 - LGR et du VFY, les yeux fermés, sur plan instable (plan sagittal) pour le pied atteint.
 - La longueur, les yeux fermés sur plan stable au niveau du pied sain.
- B) Pour le groupe *Gagey*;
 - LGR, Varvit, et le VFY, les yeux ouverts et les yeux fermés, sur plan stable, au niveau du pied atteint.
 - Surface, La LGR, la Varvit, les yeux ouverts et les yeux fermés, dans un plan instable (frontal) pour le pied atteint.
 - Surface, la LGR, et la Varvit, les yeux ouverts, dans les plans instables frontaux et sagittaux, pour le pied sain.

Entre T1 et T3, nous avons observé une diminution significative pour les paramètres suivants : (tableau 2)

A) Pour le groupe *Freeman* ;

- LGR, et la Varvit, les yeux ouverts, dans un plan stable au niveau du pied atteint.
- La Varvit, LGR, La Vfy, les yeux fermés, dans un plan stable pour le pied sain.

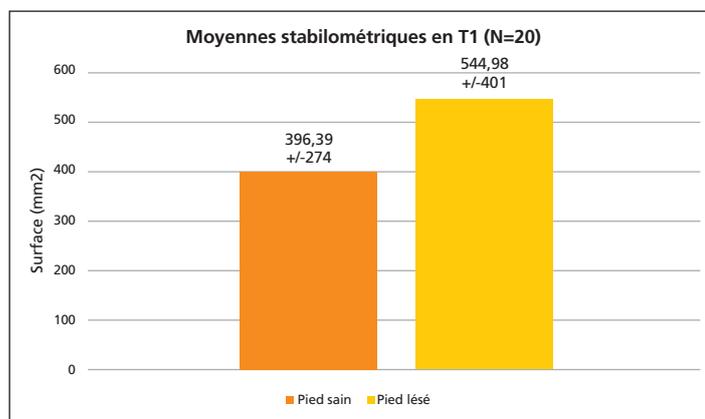
B) Pour le groupe *Gagey* ;

- La surface, La longueur, La Vfy les yeux ouverts ainsi que la Vfy et la Varvit les yeux fermés dans un plan stable au niveau du pied atteint.
- La surface, les yeux ouverts, dans un plan instable (frontal) pour le pied sain.

Au niveau du pied sain pour la population de *Gagey*, sept sujets sur dix avaient une surface supérieure à 400 mm² en T1 pour quatre sujets sur dix dans le groupe *Freeman*.

En T2, au sein du groupe *Gagey*, cinq étaient descendus en dessous de celle-ci. Pour le groupe *Freeman*, un sujet rentrait dans la norme.

En outre, la surface moyenne obtenue au niveau du pied sain atteignait quasi la barre des 400mm² (graphique 4).



> Graphique 4: Comparaison des résultats stabilométriques au sein de l'ensemble des sujets entre le pied sain et le pied lésé en T1 (avant traitement).

T1 : avant traitement; Orange : pied sain; Jaune : pied lésé.

4. Discussion

L'objectif de cette étude était de comparer les résultats d'un programme de rééducation proprioceptive réalisé sur plateau de *Freeman* et sur planche de *Gagey* dans le cadre d'une instabilité de cheville. Nous avons émis l'hypothèse que la mise en place d'un programme de rééducation spécifique pour l'instabilité chronique de cheville pendant une durée d'un mois sur planche de *Gagey*, permet aux intervenants d'améliorer davantage leurs sensations subjectives d'instabilité et leur contrôle postural que ceux qui réalisent la même rééducation sur plateau de *Freeman*. Un échantillon de 20 sujets atteints d'instabilité chronique de cheville a été recruté selon l'instability ankle consortium⁽¹⁷⁾ et répartis aléatoirement dans un des deux groupes. Une série de

sept séances de rééducation globale, faisant intervenir les différentes entrées posturales, basée sur les recommandations de *Gagey*⁽²⁷⁾ et *Falchier*⁽¹⁶⁾ a été réalisée où la seule variante était le type de plateau utilisé. Un auto-questionnaire (CAIT), le SEBT, le TBT ainsi qu'un enregistrement stabilométrique ont été utilisés pour l'évaluation avant et après la rééducation.

En ce qui concerne l'auto-questionnaire CAIT, une différence significative a été observée au sein des deux groupes après rééducation. Pour le groupe *Gagey*, les valeurs continuaient à augmenter de manière non significative un mois après la fin de la rééducation tandis qu'elles restaient stables au sein du groupe *Freeman*. Cependant, selon l'étude de *Claire E. Hiller, M. K.*⁽²⁰⁾, un score en-dessous de 24/30, correspond à une instabilité de cheville. Seul le groupe *Freeman* a dépassé ce score. Les deux groupes étant homogènes entre T1 et T2, il apparaît que le traitement du groupe *Freeman* a été davantage efficace d'autant que l'étude menée par *Vuurberg G. et collaborateurs*⁽²⁹⁾ indiquent que le questionnaire « CAIT », comparativement à d'autres questionnaires, est l'évaluation la plus fiable en lien avec la sensation d'instabilité subjective ressentie chez le sujet.

En ce qui concerne le TBT, une différence très significative a été observée au sein des deux groupes entre les deux premiers temps de l'expérimentation. Cependant, ces valeurs diminuaient ensuite significativement un mois après la fin de la rééducation pour le groupe *Freeman*; une diminution non significative était également observée au sein du groupe *Gagey* un mois après la fin de l'expérimentation.

En ce qui concerne le YBT, une amélioration très significative a été constatée au sein des deux groupes à la suite de la rééducation et celle-ci restait stable dans le temps. Les deux groupes ont atteint le score composite de 95 % décrit dans les études de *Olmsted*⁽²¹⁾, qui correspondrait à la valeur minimale pour considérer une stabilité de cheville correcte (dans les normes). Comme l'explique *Herte*⁽³⁰⁾, la différence de pourcentage entre les membres inférieurs démontre qu'il existe une asymétrie présente chez le sujet. Cette asymétrie apparaît suite à un déficit sensorimoteur consécutif à l'entorse de cheville entraînant un équilibre dynamique inégal. Cet outil est fiable et valide pour l'évaluateur et est intéressant pour la détection d'instabilité fonctionnelle. Toutefois, les seuils de précision n'ont pas été suffisamment définis. Les différences entre le SEBT modifié et le YBT indiquent qu'il serait nécessaire de mener davantage de recherches sur les stratégies d'activation musculaire utilisées pendant le YBT. Aucune recherche à ce jour n'a étudié les différences d'activation cinématique ou musculaire entre les individus participants⁽³⁰⁾. D'autre part, il est envisageable qu'un trouble de la régulation posturale surajouté rendrait la réalisation de ce test plus ardue également.

En ce qui concerne les résultats stabilométriques, des améliorations significatives ont été observées sur plan stable pour certains paramètres dans le groupe *Freeman* tandis que l'on remarque une diminution nette et plus marquée de quasi tous les paramètres au sein du groupe *Gagey* (tableau 1). En outre, au sein de ce même groupe, une nette amélioration est observée pour tous les paramètres dans le plan instable frontal, particulièrement important dans la stabilité la cheville. Pour le groupe *Freeman*, seule une amélioration de longueur et

VFY dans le plan instable sagittal a été mise en évidence, ce qui pourrait rejoindre les hypothèses de *Kiers*⁽¹⁵⁾ concernant le rôle de renforcement des muscles des membres inférieurs à l'aide de cette planche.

Au niveau du pied sain, une amélioration a également été observée pour certains paramètres au sein des deux groupes. Ces observations permettent de rejoindre l'hypothèse centrale décrite par *Freeman*⁽⁴⁾.

Concernant la surface en unipodal, *Yoav Gimmon*, en 2011⁽³¹⁾, avait estimé qu'au-dessus d'une surface de 400 mm² en station unipodale, il peut exister une atteinte du capteur podal. En lien avec cette étude, malgré un écart-type très élevé pour cette variable qui témoigne d'une grande variabilité inter-personnelle, nous avons observé que la surface moyenne sur le pied lésé était de 556,98 mm². Ces valeurs sont supérieures à celles décrites dans l'étude, témoignant d'une atteinte du capteur podal. Au niveau du pied sain, une moyenne de 396,39 mm² a été notée (graphique 4), également proche de la valeur seuil d'instabilité, ce qui renforce l'hypothèse qu'il existe une répercussion sur le pied dit « sain » suite à une modification de la régulation centrale des afférences proprioceptives.

Concernant les critiques de l'étude, une méthodologie rigoureuse a été mise en place: un recrutement selon l'ankle instability consortium, l'utilisation de tests d'évaluation reconnus et validés mais également un suivi à moyen terme qui permet d'appréhender la stabilité des résultats dans le temps. Hormis l'échantillon restreint, le nombre de séances a été probablement insuffisant. *Tropp*⁽¹³⁾ observe des améliorations au niveau du stabilogramme après 6 semaines de rééducation chez les footballeurs alors que la présente étude s'est déroulée sur une période de quatre semaines. La mise en évidence d'une modification du contrôle moteur renforce également l'hypothèse que la rééducation pour entorse récidivante de cheville doit comporter un nombre de séances plus important, car les dysfonctionnements du capteur podal peuvent entraîner des répercussions posturales non négligeables, entretenant l'instabilité.

Cette étude a l'avantage de comparer les deux plateaux, ce qui n'avait jamais été réalisé auparavant. Elle pourrait permettre aux thérapeutes d'envisager de nouvelles pistes de traitement dans le cadre de l'instabilité de cheville qui constitue un motif de consultation très fréquent.

5. Conclusion

Lors de cette étude, chacune des rééducations améliore les tests d'évaluation clinique de manière significative. Ceux-ci semblent néanmoins plus stables dans le temps pour la rééducation sur planche de *Gagey*. Par contre, l'évaluation objective sur plate-forme de force montre que la rééducation sur planche de *Gagey* améliorerait davantage la stabilité de cheville qui plus est dans le plan frontal, plan principal de stabilisation de l'arrière-pied. Des améliorations ont également été observées au niveau du pied sain dans les deux groupes, ce qui renforce l'hypothèse que l'entorse de cheville entraîne une modification de la régulation centrale des afférences proprioceptives en lien avec les affirmations de *Freeman*⁽⁴⁾.

Au regard de ces observations, notre hypothèse selon laquelle la planche de *Gagey* cible davantage la proprioception semble confirmée. La stabilité des résultats dans le temps serait intéressante à étudier suite à une rééducation plus longue de la cheville instable.

Implications pour la pratique

- L'entorse récidivante de cheville entraîne une instabilité chronique au niveau du pied lésé mais également au niveau du pied sain, signe d'une modification de la régulation centrale des afférences proprioceptives de la cheville.
- La rééducation devrait comporter un plus grand nombre de séances (six à huit semaines, deux à trois fois par semaine) et être composée d'exercices proprioceptifs intégrés dans des exercices posturaux globaux, faisant intervenir les différentes entrées posturales, afin de stimuler des boucles neurosensorielles efficaces.
- La planche de *Gagey* est à conseiller par rapport au classique plateau de *Freeman* afin d'améliorer la proprioception.
- Le plateau de *Freeman* reste intéressant en complément pour le renforcement musculaire global (agoniste/antagoniste) du membre inférieur.

Contacts

François-Xavier Grandjean : 2, rue des Facultés 4102 Ougrée.
+ 32 4 95 28 26 84 info@osteograndjean.be

Martin de Froidmont :
+32 4 78 95 27 67, martin.def@hotmail.com

Philippe Villeneuve :
+33 6 86 75 43 96 villeneuve-philippe@orange.fr

Pierre-Olivier Morin : +33 6 85 23 23 29 po_morin@yahoo.fr

Références

1. Bonnomet F. Les entorses de chevilles. U. L. P- faculté de Médecine Strasbourg, DCEM1. 2004 ; Module 12B - Appareil Loco-Moteur1.
2. Hølmer, P. Epidemiology of Sprains in the Lateral Ankle and Foot. *Foot & Ankle International*, 1994; 15(2) : 72–74.
3. Gerber S, et al. Risk factors for lateral ankle sprain: a prospective study among military recruits. *Foot Ankle International* (1991) ; 12: 26–30.
4. Freeman MAR, Dean MRE, Haman IWF: The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg* 1965;47:678Y85
5. Lephart SM, Pincivero D. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Medecin*, 1998 ; (3) : 149-55.
6. Nashner I, Mc Collum G. The organisation of human postural movements, a formal basis and experimental synthesis. *Behav. Brain Sci.* 1985; (8): 135-72.
7. Leblanc V, Buracchi E, Villeneuve P. L'instabilité unipodale et bipodale chez le footballeur professionnel. *Bipédie. Contrôle postural et représentation corticale* Lacour M et Weber B. *Coll. Posture & Équilibre Solal*. 2005; 299-306.

8. Tropp, H. Pronator muscle weakness in functional instability of the ankle joint. *Int J Sports Med.* 1986 ; (7) : 291–94.
9. Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements. adapting to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol.* 1986; (55): 1369-81.
10. Hertel, J. Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability. *Journal of Athletic Training*, 2002; (37): 364–75.
11. Bessou P, Séverac Cauquil A. Anteroposterior dynamic balance reactions to circular movement of the visual field without ocular pursuit. *Experimental Brain Research.* 1998 ; 123 (3) : 382–86.
12. Van der Wees PJ, Lenssen Af. Effectiveness of exercise therapy and manual mobilisation in ankle sprain and functional instability: a systematic review. *Aust J Physiotherapy.* 2006; (52): 27-37.
13. Tropp J.E. Factors affecting stabilometry recordings of single limb stance. *The American Journal of sports Medicine.* 1984; 12- 4.
14. Forestier N, Terrier R, Toschil P, Teasdale N. Exercices d'équilibration sur surfaces instables et proprioception de la cheville : une relation pas si claire (2014). 43ème congrès SFMKS. Available from: https://www.academia.edu/22643279/Exercices_d%C3%A9quilibration_sur_surfaces_instables_et_proprioception_de_la_cheville_une_relation_pas_si_claire
15. Kiers H , Brumagne S. Ankle proprioception is not targeted by exercises on an unstable surface. *Eur J Appl Physiol.* 2012 ; 1577-85.
16. Falchier T. Le plateau d'aplomb en pratique orthoptique : impact d'une instabilité posturale induite sur les amplitudes de fusion. *Revue franco-phonie d'orthoptie.* 2016 ; 203–08.
17. Phillip A, Gribble P.A. Selection Criteria for Patients with Chronic Ankle Instability in Controlled Research: A Position Statement of the International Ankle Consortium. *Journal of athletic Training.* 2013; 43(8): 585-91.
18. Shelley W, Linens S. E. Postural-Stability Tests That Identify Individuals With Chronic Ankle Instability. *Journal of Athletic Training.* 2014; (1) : 15–23.
19. Kaux J.-F, et al. Traduction et validation du questionnaire « Cumberland Ankle Instability Tool » en français *Sciences de la santé humaine : Orthopédie, rééducation et médecine sportive.* 11ème congrès SFMES-SFTS (Septembre 2018) disponible : <http://hdl.handle.net/2268/227947>
20. Claire E, Hiller M. The Cumberland Ankle Instability Tool: A Report of Validity and Reliability Testing. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006; 1235-41.
21. Olmsted L, Carcia C, Hertel J, Shultz S. J. Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects With Chronic Ankle Instability. *Journal of Athletic Training.* 2002; (37): 501-06.
22. Springer B, Marin R. Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *Journal of Geriatric Physic Therapy.* 2007; 8-15.
23. Michael L, Gabriner M. Contributing factors to Star Excursion Balance Test performance in individuals with chronic ankle instability. *School of Physical Therapy & Athletic Training, Old Dominion University.* 2015; (41): 912-16.
24. Ouaknine M. Les sabots et cyber-sabots dynamométriques : la conception du statodynamique. *Résonances Européennes du Rachis.* 2009; 16 (50), 2117-28.
25. Riemann B. Effects Trial Duration on Intrasession Reliability of Single Leg Balance Testing on Stable and Unstable Surfaces. *Journal of Sport Rehabilitation* 2017; 13.
26. Bless W. Sensory interaction and human posture, an experimental study. *Academische Pers.* 1979 ; 109.
27. Gagey P. M, Morts aux chutes. 2013 ; disponible : <http://ada-posturologie.fr/MortAuxChutes.pdf>
28. Foisy A. Des inserts plantaires peuvent induire une esophorie chez les sujets avec inefficience des afférences plantaires. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology.* 2016 ;191.
29. Vuurberg G, kluit L, Van dijk C. The cumberland ankle instability tool (CAIT) in the dutch population with and without complaints of ankle instability, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018; (26):882–91.
30. Hertel J. Simplifying the Star Excursion Balance Test: Analyses of Subjects With and Without Chronic Ankle Instability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 2006 ; 198-202.
31. Gimmon Y, Raziell R. The effect of plantar flexor muscle fatigue on postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2011; (21) : 922-28.