

# Comparaison entre le *Star Excursion Balance Test* modifié et le *Y-Balance Test* chez les sujets atteints d'instabilité chronique de cheville et chez les sujets sains



## *Comparison between the modified Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test in subjects with chronic ankle instability and in healthy subjects*

Chloë Revel  
José Gabriel Guerrero  
Serge Clément

Haute École Libre de Bruxelles – Ilya Prigogine,  
808 route de Lennik, Bâtiment P, 1070 Bruxelles,  
Belgique

Reçu le 5 juillet 2022 ; reçu sous la forme révisée  
le 14 janvier 2023 ; accepté le 20 février 2023

### RÉSUMÉ

Le *Star Excursion Balance Test* modifié et le *Y-Balance Test* servent à évaluer le contrôle postural dynamique, un des déficits potentiels de l'instabilité chronique de cheville. Cette étude avait deux objectifs : comparer les performances des deux tests en fonction du caractère stable ou instable de la cheville et analyser leur capacité à discriminer des chevilles stables et instables. Deux groupes ont été formés, un de chevilles stables ( $n = 34$ ) et un de chevilles instables ( $n = 20$ ). Les sujets des deux groupes ont réalisé les deux tests dans un ordre aléatoire. Au sein de chaque groupe, le score composite et la distance normalisée antérieure obtenus avec le *Star Excursion Balance Test* étaient très significativement supérieurs à ceux obtenus avec le *Y-Balance Test* ( $p < 0,001$ ). Seuls les scores composites des deux tests présentaient une différence significative entre le groupe stable et le groupe instable ( $p < 0,05$ ). Ces résultats indiquent un faible pouvoir discriminant des deux tests qui ne semblent pas assez sensibles et spécifiques pour prédire l'instabilité chronique de cheville.

Niveau de preuve : 2.

© 2023 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

### SUMMARY

*The modified Star Excursion Balance Test and the Y-Balance Test are used to assess the dynamic postural control, which can be altered in Chronic Ankle Instability. This study had two objectives: first, to compare the two tools in the cases of healthy and unstable ankles, and second, to analyze their ability to predict the ankle instability. Two groups were formed, one of stable ankles ( $n = 34$ ) and one of unstable ankles ( $n = 20$ ). Subjects in both groups performed the two tests in a random order. The composite score and the normalized distance attained in the anterior direction with the Star Excursion Balance Test were very significantly greater than those of the Y-Balance Test ( $P < 0.001$ ). Only the Star Excursion Balance Test composite score and the Y-Balance Test composite score showed a significant difference between the stable and unstable groups ( $P < 0.05$ ). These results indicate low discriminative power for both tests, which do not seem to be sensitive and specific enough to predict chronic ankle instability.*

Level of evidence : 2.

© 2023 Elsevier Masson SAS. All rights reserved

### MOTS CLÉS

Instabilité chronique  
de cheville  
mSEBT  
Star Excursion Balance Test  
modifié  
Y-Balance-Test  
YBT

### KEYWORDS

*Chronic ankle instability  
mSEBT  
Modified Star Excursion  
Balance Test  
Y-Balance-Test  
YBT*

### Auteur correspondant :

**S. Clément**  
Haute École Libre de Bruxelles,  
808, route de Lennik 1070  
Bruxelles, Belgique.  
Adresse e-mail :  
serge.clement@helb-prigogine.be

## INTRODUCTION

L'entorse de cheville est considérée comme le traumatisme le plus courant du membre inférieur [1]. L'entorse latérale représente 85 % des entorses de cheville. Elle a le taux de récurrence le plus important parmi les blessures musculosquelettiques des membres inférieurs [2]. Ces récurrences favorisent le développement de séquelles associées, comme les instabilités de cheville, qui diminuent les capacités fonctionnelles des personnes [2].

Selon Chinn *et al.* [3], entre 40 % et 70 % des personnes qui ont subi une entorse peuvent développer une instabilité chronique de cheville (ICC). L'ICC est caractérisée par l'apparition d'épisodes répétés d'instabilité latérale de cheville qui entraînent de nombreuses entorses par la suite, des sensations de dérobement de la cheville, de faiblesse et des symptômes persistants tels que la douleur, le gonflement et la limitation dans les mouvements. L'ICC est également associée à une perte de fonction autodéclarée et à une diminution de la qualité de vie [4]. Le modèle global de l'ICC développé par Hertel et Corbett en 2019 prend en compte un ensemble de déficits interdépendants, notamment la lésion tissulaire primaire, les déficits pathomécaniques, sensoriels, perceptifs, moteurs et comportementaux. Chaque patient présente une combinaison unique de ces déficits [4].

Parmi les déficits présents dans l'ICC, les déficits de contrôle postural sont bien documentés [4,5]. Ces déficits pourraient être dus à une composante somatosensorielle, à une composante motrice ou aux deux [4]. Le *Star Excursion Balance Test* (SEBT) et le *Y-Balance Test* (YBT) permettent d'évaluer le contrôle postural dynamique. Le SEBT permet également d'évaluer les déficits de contrôle postural dynamique engendrés par diverses pathologies et en particulier par l'ICC ainsi que le risque de blessure sportive [4-6]. Le mSEBT (une version simplifiée du SEBT, à 3 directions au lieu de 8) et le YBT sont similaires en beaucoup de points. Ils mesurent, lorsque le sujet est en appui unipodal, la plus longue distance atteinte avec la pointe du pied en décharge dans 3 directions (Fig. 1) [7-10]. Le YBT est une version du mSEBT mise au point dans le but d'améliorer la cohérence et l'efficacité d'évaluation [11]. Dans cette version, le sujet doit pousser un boîtier avec son pied libre pendant que l'autre est en appui sur une plateforme au centre du Y. Plusieurs études ont comparé les deux tests chez des sujets sains. Les résultats montrent des différences significatives entre mSEBT et YBT dans certaines directions, mais les études ne sont pas unanimes concernant les directions significativement différentes [8,9,12-14]. Une autre étude [15] a mis en évidence des différences significatives dans certaines directions chez des sujets jeunes et sportifs qui présentent une ICC.

Les disparités observées dans la littérature entre les résultats du mSEBT et du YBT tant chez les sujets sains que chez les sujets pathologiques suggèrent que les deux tests pourraient ne pas présenter les mêmes performances chez des patients qui présentent une ICC.

*Cette étude avait deux objectifs : comparer les performances du YBT et du mSEBT pour évaluer des chevilles stables et instables et analyser leur capacité à discriminer les chevilles stables et instables.*

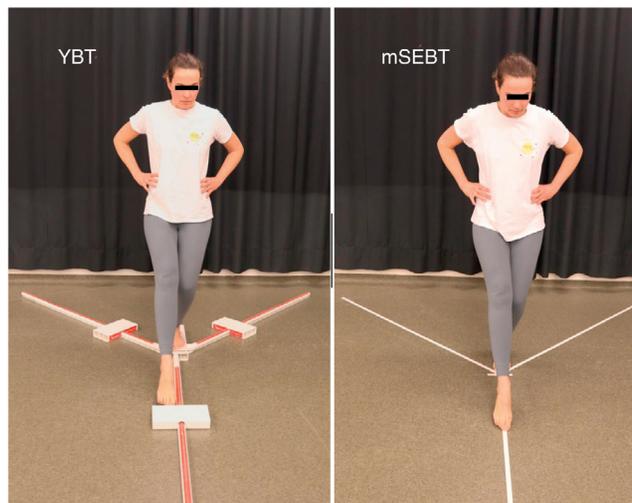


Figure 1. Illustration des deux tests.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Type d'étude

Les chevilles de 27 individus ont été analysées indépendamment et classées dans deux groupes en fonction de leur caractère stable ( $n = 34$ ) ou instable ( $n = 20$ ). Les résultats du mSEBT et du YBT ont ensuite été obtenus pour chaque cheville dans un ordre aléatoire afin de comparer les résultats du YBT et du mSEBT ainsi que les résultats des chevilles stables et des chevilles instables avec chacun des deux tests (Fig. 2).

### Participants

Les 27 participants recrutés par convenance pour cette étude étaient des adultes féminins et masculins qui correspondaient aux critères d'inclusion des groupes 'stable' et 'instable'.

### Critères d'inclusion groupe 'instable'

Les préconisations du *Consortium International de la cheville* ont été suivies [16]. Les critères se basent uniquement sur une ICC de type fonctionnel car plusieurs études ont montré que les résultats des sujets qui présentent une ICC mécanique sont moins reproductibles et moins cohérents que ceux des sujets qui présentent une ICC fonctionnelle. Le *Consortium international de la cheville* [16] recommande l'utilisation de 3 questionnaires spécifiques à l'ICC : le *Cumberland Ankle Instability Tool* (CAIT), l'*Ankle Instability Instrument* (All) et l'*Identification Of Fonctionnal Ankle Instability* (IdFAI).

Pour être inclus dans le groupe instable, les sujets devaient satisfaire les 3 critères suivants :

(1) Avoir présenté un antécédent d'au moins 1 entorse de la cheville significative :

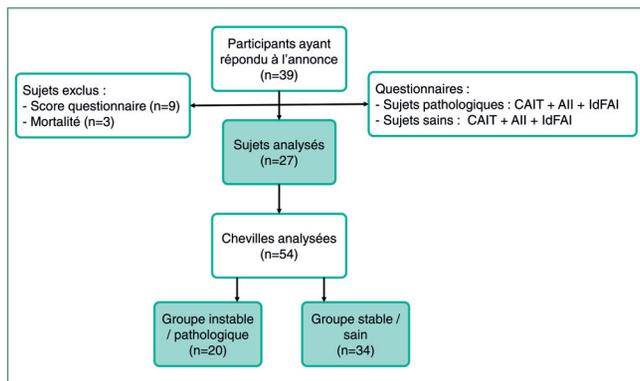


Figure 2. Design de l'étude.

- L'entorse initiale devait :
  - avoir eu lieu au moins 12 mois avant l'inscription à l'étude,
  - être associée à des symptômes inflammatoires,
  - avoir créé au moins 1 jour d'interruption de l'activité physique.
- Le plus récent accident devait avoir eu lieu plus de 3 mois avant l'inscription à l'étude.

(2) Avoir déclaré présenter au moins 2 épisodes de sensation de « céder » et / ou de foulure récurrente, et / ou de « sentiment d'instabilité » à la cheville blessée au cours des 6 mois précédents.

(3) L'instabilité de la cheville auto-déclarée devait être confirmée par les résultats aux questionnaires spécifiques à l'ICC :

- Score  $\leq 24$  au CAIT ;
- Répondre « oui » à au moins 5 « oui / non » au All ;
- Score  $\geq 11$  au IdFAI.

### Critères d'inclusion groupe 'stable'

- N'avoir jamais subi d'entorse de cheville ;
- Score du CAIT  $> 25$  et score  $< 11$  au IdFAI (aucune instabilité fonctionnelle de cheville mise en évidence).

### Critères de non-inclusion des deux groupes

- Antécédents de fracture ou de chirurgie au niveau des membres inférieurs.
- Lésions aiguës au niveau des structures musculo-squelettiques des membres inférieurs au cours de 3 derniers mois avant l'étude.
- Troubles visuels non corrigés ou troubles vestibulaires diagnostiqués.
- Déficiences cognitives diagnostiquées.
- Maladies neurologiques ou musculaires diagnostiquées aux membres inférieurs.

## Intervention

Les participants ont dû compléter plusieurs questionnaires, sur leurs caractéristiques (âge, taille, poids), concernant les critères d'inclusion et de non-inclusion ainsi que les questionnaires spécifiques à l'ICC afin d'inclure leurs chevilles dans l'un ou l'autre groupe.

Préalablement au rendez-vous avec les participants, un numéro leur a été attribué et un ordre d'exécution randomisé des tests, des directions et des membres testés a été établi (via l'application « RandomGroup »). Les sujets ont visionné une vidéo de démonstration des tests. Ils ont réalisé jusqu'à 4 essais [9,13,17,18] (dans chaque direction, avec chaque jambe et pour chacun des tests) afin de se familiariser avec les outils. Ceci a été suivi de 2 minutes de repos. Ensuite, 3 mesures de distance pour chacun des 2 tests, dans chacune des 3 directions (antérieure [ANT], postéro-médiale [PM] et postéro-latérale [PL]) ont été effectuées pour chaque membre dans l'ordre aléatoire préétabli. Les longueurs des deux membres inférieurs ont été mesurées afin d'effectuer une moyenne de longueur de membre qui a été utilisée pour normaliser les données : la distance depuis l'épine iliaque antéro-supérieure jusqu'à la malléole médiale du membre en décubitus dorsal a été mesurée.

Le protocole de Picot *et al.*, 2021 [17] a été utilisé pour réaliser le mSEBT et la récolte des données brutes de distances. Le sujet est placé au centre de l'étoile, pieds nus, avec la pointe de l'hallux du pied testé sur le 0 (intersection des trois branches). Les mains sont fixées au niveau des hanches durant toute la réalisation du test. L'objectif du test consiste à atteindre la plus longue distance possible avec la pointe du pied en décharge puis de revenir en position initiale en station bipodale. L'essai est rejeté et répété si, par exemple, le sujet décolle les mains des hanches, ou si son talon ou toute autre partie du pied se décolle durant le test.

Pour le YBT (Y-Balance Test Kit, FMS™), le sujet devait pousser un boîtier avec son pied libre pendant que l'autre était en appui unipodal au centre du Y. Lors de ce test, le sujet place la pointe de l'hallux du pied en charge sur le 0. Pour effectuer la mesure, il doit pousser un indicateur de portée le long du tuyau dans la zone cible rouge sur le bord de l'indicateur avec le pied en décharge. L'essai est rejeté et répété si, par exemple, le sujet chute ou touche le sol avec son pied en décharge, lève ou bouge le pied en charge selon la procédure décrite dans Coughlan *et al.*, 2012 [9].

Pour les deux tests, pour chacune des 3 directions (ANT, PM et PL) et pour chaque cheville, les distances normalisées ont été calculées selon l'équation suivante :

$$Distancenormalisée (\%) = \frac{Moyennedes3mesuresdanscette\ direction}{Moyennedelalongueurdes2membres\ dusujet} \times 100$$

Les distances normalisées des 3 directions ont permis de calculer le score composite selon l'équation suivante :

$$\text{Score composite}(\%) = \frac{\text{ANTnorm}(\%) + \text{PMnorm}(\%) + \text{PLnorm}(\%)}{3}$$

### Critères de jugement

Le mSEBT montre une grande fidélité : coefficient de corrélation intraclasse (CCI) inter-évaluateurs (CCI = 0,81–0,93) et intra-évaluateur (CCI = 0,85–0,96) [7,11,15]. Le YBT a également démontré une excellente fidélité inter-évaluateurs (CCI = 0,99–1,00) et intra-évaluateur (CCI = 0,85–0,91) [11,15,19].

Le seuil optimal du score composite de chaque test est la valeur du score composite qui permet à ce test de discriminer au mieux (c'est-à-dire en maximisant à la fois la sensibilité et la spécificité) les jambes instables des jambes stables. Si le test s'avère être hautement discriminant, on s'attend à obtenir un score composite inférieur au seuil pour les jambes instables (sauf faux négatifs) et un score supérieur au seuil pour les jambes stables (sauf faux positifs). Le seuil optimal de discrimination de chaque test a été déterminé grâce à la courbe ROC (*Receiver Operating Characteristic*) selon la méthode du point de la courbe le plus proche du point de coordonnées (0 ; 1) en choisissant les valeurs de sensibilité et de spécificité qui minimisent la valeur du critère  $\text{ROC01} = (1-\text{Se})^2 + (1-\text{Sp})^2$  [20]. La sensibilité et la spécificité des deux tests sont données pour ces seuils. Le calcul de l'aire sous la courbe ROC a permis d'évaluer le caractère discriminant de chaque outil. Critères de jugement de l'aire : égale à 0,5 : non discriminant ; entre 0,5 et 0,7 : faiblement discriminant ; de 0,7 à 0,9 : discrimination acceptable ; > 0,9 : hautement discriminant [20].

La taille d'effet a été évaluée avec la différence moyenne standardisée (DMS).

Critères de jugement des tailles d'effet : ≤ 0,2 : faible ; de 0,21 à 0,79 : modérée ; ≥ 0,8 : forte [21].

### Analyse des résultats

La normalité de la distribution des résultats a été calculée grâce au test de Shapiro-Wilk. Les différences entre le YBT et le mSEBT ont été évaluées avec le test t de Student apparié ou avec le test de Wilcoxon (selon la normalité). De même, les différences entre chevilles stables et instables ont été évaluées avec le test t de Student indépendant ou le test de Mann-Whitney. Les valeurs *p* sont considérées comme significatives si *p* < 0,05. Les logiciels JASP et Excel ont été utilisés afin de réaliser l'analyse statistique et les graphiques. Les données statistiques de la courbe ROC ont été calculées avec le logiciel en ligne « EasyROC » [20].

Un graphique de Bland-Altman a été réalisé afin d'étudier les différences entre les scores composites du YBT et du mSEBT de l'ensemble des 54 chevilles [22].

## RÉSULTATS

Les 27 sujets recrutés avaient entre 18 et 34 ans ; 14 possédaient deux chevilles stables, 6 une cheville instable

**Tableau I. Données démographiques.**

Sujets	Âge (ans)	Taille (cm)	Poids (cm)
Sains (n = 14)	26,1 ± 5,0	172,3 ± 7,8	66,9 ± 8,7
Pathologiques (n = 13)	24,8 ± 4,0	172,1 ± 7,7	74,0 ± 11,1

Moyennes ± écart-types.

et 7 avaient les deux chevilles instables, ce qui correspond à un total de 34 chevilles stables et 20 chevilles instables. Les caractéristiques démographiques des sujets sains et pathologiques sont décrites dans le *Tableau I*.

Toutes chevilles confondues, le mSEBT présentait un score composite et des distances normalisées statistiquement plus élevés que ceux du YBT (*p* < 0,001). En ce qui concerne les chevilles stables d'une part et instables de l'autre, les scores composites obtenus avec le mSEBT étaient significativement plus élevés (*p* ≤ 0,001) que ceux obtenus avec le YBT (*Tableau II* et *Fig. 3*). Le graphique de Bland-Altman (*Fig. 4*), qui représente la concordance des données obtenues, montre une différence moyenne de 2,78 points entre le score composite du mSEBT et celui du YBT pour l'ensemble des 54 chevilles.

Les moyennes des scores et distances normalisées des chevilles stables étaient plus élevées que celles des chevilles instables (*Tableau III* et *Fig. 3*), mais seuls les scores composites du mSEBT et du YBT se sont avérés significativement différents entre chevilles stables et instables (*p* < 0,05).

L'aire sous la courbe ROC du YBT était de 0,69 (IC95 % : 0,56–0,84 ; *p* = 0,005), celle du mSEBT de 0,67 (IC95 % : 0,52–0,81 ; *p* = 0,02) (*Fig. 5*). Pour les deux outils, le seuil optimal de discrimination correspondait à un score composite de 94 %. La sensibilité (YBT : 0,90 ; mSEBT : 0,60) et la spécificité (YBT : 0,59 ; mSEBT : 0,68) sont données pour les deux outils à cette valeur de seuil (*Tableau IV*).

## DISCUSSION

Dans l'ensemble de l'échantillon, les scores composites et les distances normalisées du mSEBT sont tous statistiquement significativement supérieurs à ceux du YBT (2,78 points de différence en moyenne pour le score composite). Au-delà des différences statistiquement significatives et des tailles d'effet modérées à fortes, on peut questionner leur pertinence clinique. En effet, le changement minimal détectable des deux tests a été déterminé précédemment [13,17] ; il est de 6,7 % pour le score composite du mSEBT et de 2,44 % pour celui du YBT.

En comparant les résultats de la présente étude avec ceux des études similaires, on constate que les auteurs ne sont pas unanimes concernant les directions significativement différentes entre les deux tests [13]. Toutes ces études ont utilisé des protocoles fort similaires. Néanmoins, la mise en œuvre de ceux-ci peut présenter de petites variantes, qui pourraient, en partie, expliquer cette disparité entre résultats. La présente étude confirme les résultats de Coughlan *et al.*,



**Tableau II. Comparaison des distances pour le YBT et pour le mSEBT.**

Toutes les chevilles confondues (n = 54)							
	Médiane YBT	Moyenne ± ET YBT	Médiane mSEBT	Moyenne ± ET mSEBT	DMS	Test	p
Score composite (%)	92,8	91,5 ± 7,3	96,1	94,3 ± 6,3	0,41	W	< 0,001
Distance normalisée ANT (%)	64,0	62,1 ± 7,4	69,1	67,2 ± 6,4	0,74	W	< 0,001
Distances normalisées PM (%)	110,1	108,3 ± 8,2	111,5	109,7 ± 6,8	0,19	S	0,02
Distance normalisée PL (%)	106,6	104,1 ± 8,7	107,1	105,8 ± 8,4	0,20	S	0,007
Chevilles stables (n = 34)							
	Médiane YBT	Moyenne ± ET YBT	Médiane mSEBT	Moyenne ± ET mSEBT	DMS	Test	p
Score composite (%)	95,6	92,5 ± 8,3	97,0	95,1 ± 6,6	0,35	W	< 0,001
Distance normalisée ANT (%)	65,0	63,0 ± 8,2	69,9	67,7 ± 7,1	0,61	W	< 0,001
Distances normalisées PM (%)	111,1	109,5 ± 9,3	112,0	110,7 ± 7,0	0,15	W	0,1
Distance normalisée PL (%)	107,8	105,1 ± 9,6	108,2	107,0 ± 8,7	0,21	W	0,05
Chevilles instables (n = 20)							
	Médiane YBT	Moyenne ± ET YBT	Médiane mSEBT	Moyenne ± ET mSEBT	DMS	Test	p
Score composite (%)	90,8	89,7 ± 4,9	94,2	92,8 ± 5,5	0,60	W	0,001
Distance normalisée ANT (%)	61,9	60,5 ± 5,6	67,3	66,4 ± 5,3	1,1	S	< 0,001
Distances normalisées PM (%)	106,9	106,4 ± 5,6	110,2	108,2 ± 6,3	0,30	S	0,1
Distance normalisée PL (%)	102,7	102,2 ± 6,7	105,9	103,9 ± 7,8	0,23	W	0,07

S : test t de Student ; W : test de Wilcoxon ; DMS : différence moyenne standardisée ; ET : écart-type.

2012 [9] et Fullam *et al.*, 2014 [12] qui indiquent aussi des scores supérieurs au mSEBT dans la direction antérieure, celle pour laquelle les tailles d'effet les plus importantes ont été observées, dans l'ensemble de l'échantillon, dans le

groupe 'stable' ou dans le groupe 'instable'. Dans la présente étude et dans plusieurs autres [9,12,14,15], lors du YBT, les sujets ne pouvaient pas lever le talon du pied en charge, ce qui est une différence avec l'étude originale de Plisky

**Tableau III. Comparaison des distances pour les chevilles stables et pour les chevilles instables.**

	YBT		DMS	Test	p
	Instables (n = 20)	Stables (n = 34)			
Score composite (%)	89,7 ± 4,9	92,5 ± 8,3	0,41	M	0,03
Distance normalisée ANT (%)	60,5 ± 5,6	63,0 ± 8,2	0,36	M	0,06
Distances normalisées PM (%)	106,4 ± 5,6	109,5 ± 9,3	0,41	M	0,2
Distance normalisée PL (%)	102,2 ± 6,7	105,1 ± 9,6	0,35	M	0,2

	mSEBT		DMS	Test	p
	Instables (n = 20)	Stables (n = 34)			
Score composite (%)	92,8 ± 5,5	95,1 ± 6,6	0,38	M	0,04
Distance normalisée ANT (%)	66,4 ± 5,3	67,7 ± 7,1	0,21	M	0,3
Distances normalisées PM (%)	108,2 ± 6,3	110,7 ± 7,0	0,38	M	0,2
Distance normalisée PL (%)	103,9 ± 7,8	107,0 ± 8,7	0,38	M	0,2

Moyennes ± écart-types ; M: test de Mann-Whitney ; DMS : différence moyenne standardisée.

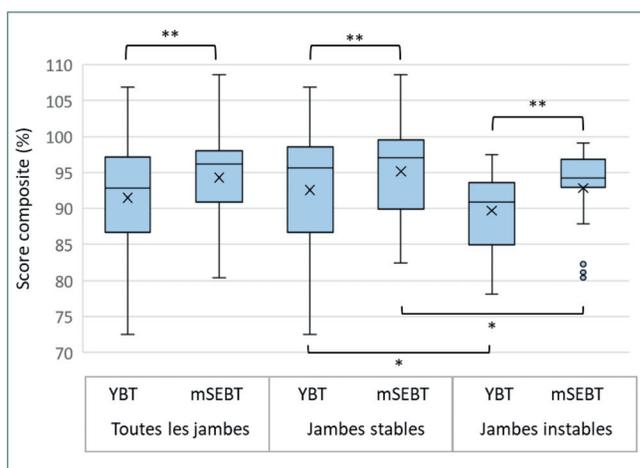


Figure 3. Scores composites.

\* :  $p < 0,05$  ;  
 \*\* :  $p \leq 0,001$  ; - : médiane ; X : moyenne ; boîte : Q1-Q3 ;  
 moustaches : min-max ; ° : valeurs atypiques.

et al., 2009 [11] et pourrait, en partie, expliquer les scores supérieurs obtenus au mSEBT. Néanmoins, d'autres auteurs qui imposaient également le maintien du pied en charge à plat au YBT, soit n'ont pas enregistré de différence statistiquement significative entre les deux tests dans la direction antérieure [14], soit ont enregistré un résultat supérieur du YBT dans cette direction [15].

Concernant le groupe ICC, Ko et al., 2019 [15] obtiennent des résultats opposés à ceux de la présente étude avec le YBT et le mSEBT. Ils observent de plus courtes distances lors du mSEBT que lors du YBT dans les directions antérieure et postéro-médiale chez des sujets ICC. Comme Ko et al., 2019 n'avaient pas de groupe stable, il est difficile de

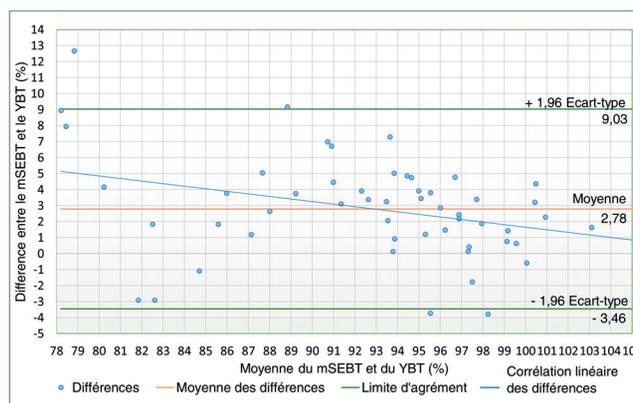


Figure 4. Graphique de Bland-Altman des différences entre scores composites du mSEBT et du YBT (54 chevilles).

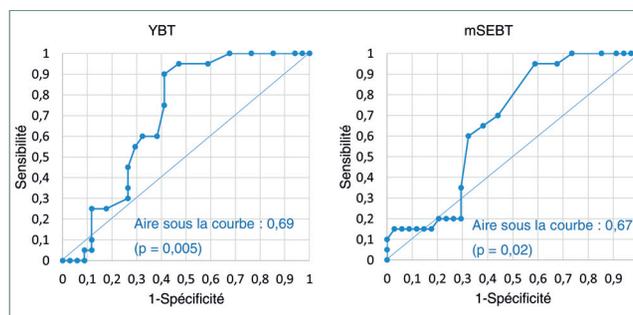


Figure 5. Courbes ROC pour le score composite du YBT et du mSEBT.

déterminer si ces discordances sont dues à des différences dans la mise en œuvre des tests ou si elles sont dues à des



**Tableau IV. Sensibilité et spécificité du mSEBT et du YBT.**

Test	Seuil pour le score composite	Valeur optimale du critère ROC01	Sensibilité	Spécificité
YBT	94 %	0,179	0,90 (0,68–0,99)	0,59 (0,41–0,75)
mSEBT	94 %	0,264	0,60 (0,36–0,81)	0,68 (0,49–0,83)

Les valeurs entre parenthèses indiquent les intervalles de confiances à 95 %.

caractéristiques différentes des sujets ICC inclus dans les deux études. En particulier, il faut noter que Ko *et al.*, 2019 [15] ont exclu les sujets présentant une ICC bilatérale alors que dans la présente étude, 7 sujets en présentent une. Des études complémentaires sont nécessaires pour éclairer ces disparités.

Il existe plusieurs différences majeures entre les deux outils. Tout d'abord concernant la position du pied d'appui : lors du mSEBT, le pied est posé directement au sol ce qui favorise une sensation de stabilité. Lors du YBT, le pied est posé sur un promontoire étroit qui peut donner une sensation d'instabilité au sujet. Huffman *et al.*, 2009 [23] ont montré qu'une position surélevée par rapport à une position directement au sol entraîne un changement dans la perception d'équilibre, une diminution de la confiance et de la stabilité perçue ainsi qu'un sentiment d'anxiété. Les stratégies de contrôle postural des sujets peuvent donc être divergentes lors de l'utilisation d'un outil ou de l'autre.

Ensuite, la position du pied libre lors du YBT n'est pas centrale et ce, dans toutes les directions. Le pied doit pousser le bloc sur un des côtés de la face latérale, ce qui éloigne légèrement le centre de gravité en comparaison au mSEBT (Fig. 1). Jagger *et al.*, 2020 [14] ont comparé le YBT à un YBT modifié par l'ajout d'une languette au sommet du bloc mobile du YBT afin que le pied libre soit centré à la graduation lors de la poussée (photo du YBT modifié dans [14]). Les distances du YBT et du YBT modifié étaient similaires, ce qui indique que la position du pied par rapport au bloc n'influencerait pas les performances du test.

Enfin, lors du YBT les sujets intègrent les inputs tactilo-proprioceptifs par le biais du bloc qui coulisse pendant l'exécution du mouvement alors que, lors du mSEBT, le pied libre ne touche pas le sol lors de la réalisation. Dans les deux cas de figures, les stimuli perçus ne sont pas identiques.

Dans la présente étude, une différence entre chevilles stables et instables n'a été relevée pour aucune direction isolée, mais a été observée grâce au scores composites du mSEBT et du YBT, tous deux plus faibles pour les chevilles pathologiques par rapport aux chevilles saines. Ces résultats sont en concordance avec des études antérieures qui montrent de manière consistante de moins bonnes performances au SEBT des groupes qui présentent une ICC par rapport aux groupes sains [5,7]. Néanmoins, deux études (avec des critères d'inclusion discutables) [24,25] ne montrent pas de différences significatives entre groupes ICC et sains.

Les courbes ROC ont montré des aires sous la courbe significativement différentes de 0,5, ce qui signifie que les deux outils possèdent un pouvoir discriminant statistiquement avéré, mais faible (aires < 0,7). Concernant la sensibilité et la spécificité, bien que le YBT possède une bonne sensibilité,

les deux outils présentent une spécificité médiocre. Aucun des deux tests ne s'est avéré à la fois suffisamment sensible et suffisamment spécifique pour discriminer efficacement les chevilles instables des chevilles stables.

L'originalité méthodologique de la présente étude est que ce sont des chevilles qui ont été analysées et non des sujets dans leur globalité : l'instabilité de chaque cheville a été scorée indépendamment des sujets et les performances des chevilles instables ont été comparées à celles des chevilles stables. Néanmoins cette méthode présente une limite majeure : elle ne permet pas d'appréhender les effets bilatéraux de l'ICC qui sont bien documentés [26–29]. Une autre limite réside dans le fait que la procédure de normalisation des distances de la présente étude est un peu différente de celle proposée dans le protocole standard de Picot [17], ce qui peut affecter la comparabilité des résultats avec les études antérieures. Il faut également signaler que l'échantillonnage des groupes a été réalisé par convenance. Il en résulte que l'âge de l'échantillon recruté (21 à 34 ans) n'est pas assez représentatif de la population.

Dans la présente étude, le YBT et le mSEBT, ne semblent pas être de bons outils prédictifs de l'existence d'une ICC qui est une pathologie hétérogène. Chaque individu présente une combinaison unique de déficits pathomécaniques, sensoriels, perceptifs et moteurs modulés par des facteurs personnels et comportementaux [4]. Toutes les ICC ne sont pas nécessairement associées à un déficit postural dynamique détectable avec le YBT ou le mSEBT. D'autre part, les sujets atteints d'ICC peuvent compenser leur déficit par d'autres moyens comme une plus grande flexion de hanche ou de genou dans le plan sagittal, une rotation de hanche dans le plan transversal ou encore une adduction de hanche dans le plan frontal afin d'abaisser l'hémi-bassin du côté du pied libre. Plusieurs auteurs ont montré que l'instabilité de cheville peut amener les individus à utiliser une stratégie de hanche par rapport à une stratégie de cheville pour maintenir leur équilibre sur un seul pied [30–32]. Une analyse cinématique dans les plans sagittal, frontal et transversal serait dès lors judicieuse afin d'étudier les stratégies mises en place par les sujets stables et instables lors de l'utilisation du YBT ou du mSEBT.

## CONCLUSION

Les résultats de cette étude confirment qu'il existe des différences significatives entre le mSEBT et le YBT. Par conséquent, ces outils ne sont pas interchangeables. Le score composite du mSEBT et celui du YBT sont significativement plus faibles chez les sujets instables mais, ni le YBT, ni le

mSEBT ne se sont avérés à la fois suffisamment sensibles et suffisamment spécifiques pour discriminer efficacement les chevilles instables des chevilles stables. Les deux tests sont donc des outils utiles pour évaluer le contrôle postural dynamique chez les patients ICC mais ne sont pas prédictifs de la présence d'une ICC.

#### Contribution des auteurs

Chloë Revel : recrutement des sujets, passation des tests, analyse des données, rédaction du manuscrit ; José Gabriel Guerrero : mise en place et suivi de l'étude, correction du manuscrit ; Serge Clément : design méthodologique, analyse des données, rédaction du manuscrit.

#### Comité d'éthique

Le Comité d'Éthique de l'Hôpital Brugmann a pris connaissance des documents relatifs à l'étude et a donné son accord le 23 juillet 2020 (BUN : B0772020000034). Les participants à l'étude ont donné leur consentement éclairé.

#### Déclaration des liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## RÉFÉRENCES

- [1] Orsoni N, Mathieu PA, Mabit C. Chapitre 3 – Épidémiologie des entorses de cheville. In: Tourné Y, Mabit C (eds.). *La cheville instable*. Editeur Elsevier Masson ; 2015. p. 59–64. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-2-294-71456-6.00003-4>.
- [2] Delahunt E, Bleakley CM, Bossard DS, Caulfield BM, Docherty CL, Doherty C, et al. Clinical assessment of acute lateral ankle sprain injuries (ROAST): 2019 consensus statement and recommendations of the International Ankle Consortium. *Br J Sports Med* 2018; 52:1304–10. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2017-098885>.
- [3] Chinn L, Dicharry J, Hertel J. Ankle kinematics of individuals with chronic ankle instability while walking and jogging on a treadmill in shoes. *Phys Ther Sport* 2013; 14:232–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.10.001>.
- [4] Hertel J, Corbett RO. An updated model of chronic ankle instability. *J Athl Train* 2019; 54:572–88. <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-344-18>.
- [5] Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *J Athl Train* 2012; 47:339–57. <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>.
- [6] Picot B, Hardy A, Terrier R, Tassignon B, Lopes R, Fourchet F. Which functional tests and self-reported questionnaires can help clinicians make valid return to sport decisions in patients with chronic ankle instability? A narrative review and expert opinion. *Front Sports Act Living* 2022; 4:902886. <http://dx.doi.org/10.3389/fspor.2022.902886>.
- [7] Hertel J, Braham RA, Hale SA, Olmsted-Kramer LC. Simplifying the Star Excursion Balance Test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36:131–7. <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2006.36.3.131>.
- [8] Ko J. Comparison kinematic patterns between the Star Excursion Balance Test and Y-Balance Test in Elite Athletes. *Korean J Sport Biomecha* 2017; 27:165–9. <http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2017.27.3.165>.
- [9] Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Conor G, Caulfield BM. A comparison between performance on selected directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test. *J Athl Train* 2012; 47:366–71. <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-47.4.03>.
- [10] Rosen AB, Needle AR, Ko J. Ability of functional performance tests to identify individuals with chronic ankle instability: a systematic review with meta-analysis. *Clin J Sport Med* 2019; 29:509–22. <http://dx.doi.org/10.1097/JSM.0000000000000535>.
- [11] Plisky PJ, Goman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the Star Excursion Balance Test. *N Am J Sports Phys Ther* 2009; 4:92–9.
- [12] Fullam K, Caulfield B, Coughlan GF, Delahunt E. Kinematic analysis of selected reach directions of the Star Excursion Balance Test compared with the Y-Balance Test. *J Sport Rehabil* 2014; 23:27–35. <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2012-0114>.
- [13] Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. The reliability of the Star Excursion Balance Test and Lower Quarter Y-Balance Test in healthy adults: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther* 2019; 14:683–94.
- [14] Jagger K, Frazier A, Aron A, Harper B. Scoring performance variations between the Y-Balance Test, a Modified Y-Balance Test, and the Modified Star Excursion Balance Test. *Int J Sports Phys Ther* 2020; 15:34–41.
- [15] Ko J, Wikstrom E, Weber M, Li Y, Brown CN. Performance differences between the Modified Star Excursion Balance Test and the Y-Balance Test in individuals with chronic ankle instability. *J Sport Rehabil* 2019; 29:748–53. <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2018-0078>.
- [16] Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty CL, Fourchet F, et al. selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *J Orthop Sports Phys Ther* 2013; 43:585–91. <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2013.0303>.
- [17] Picot B, Terrier R, Forestier N, Fourchet F, McKeon PO. The Star Excursion Balance Test: an update review and practical guidelines. *Int J Athletic Ther Training* 2021; 26: 285–93. <http://dx.doi.org/10.1123/ijatt.2020-0106>.
- [18] Robinson RH, Gribble PA. Support for a reduction in the number of trials needed for the Star Excursion Balance Test. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89:364–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2007.08.139>.
- [19] Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Mil Med* 2013; 178: 1264–70. <http://dx.doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00222>.
- [20] Desquilbet LL. Tutoriel sur les courbes ROC et leur création grâce au site internet « EasyROC ». hal-02870055, [en ligne]. 22/05/2020 [consulté le 29/09/2022]. Disponible : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02870055/document>.
- [21] Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates; 1988.
- [22] Bland JM, Altman DG. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. *Lancet* 1986; 1:307–10.
- [23] Huffman JL, Horslen BC, Carpenter MG, Adkin AL. Does increased postural threat lead to more conscious control of posture? *Gait Posture* 2009; 30: 528–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.08.001>.
- [24] Sefton JM, Hicks-Little CA, Hubbard TJ, Clemens MG, Yengo CM, Koceja DM, et al. Sensorimotor function as a predictor of chronic ankle instability. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009; 24:451–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.03.003>.



- [25] Martínez-Ramírez A, Lecumberri P, Gómez M, Izquierdo M. Wavelet analysis based on time-frequency information discriminate chronic ankle instability. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2010; 25:256–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.11.004>.
- [26] Wikstrom EA, Naik S, Lodha N, Cauraugh JH. Bilateral balance impairments after lateral ankle trauma: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture* 2010; 31:407–14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.02.004>.
- [27] Sousa ASP, Leite J, Costa B, Santos R. Bilateral proprioceptive evaluation in individuals with unilateral chronic ankle instability. *J Athl Train* 2017; 52:360–7. <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-52.2.08>.
- [28] Kosik KB, Terada M, Drinkard CP, McCann RS, Gribble PA. Potential corticomotor plasticity in those with and without chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2017; 49:141–9. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000001066>.
- [29] Lin CI, Khajooei M, Engel T, Nair A, Heikkila M, Kaplick H, et al. The effect of chronic ankle instability on muscle activations in lower extremities. *PLoS One* 2021; 16:e0247581. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0247581>.
- [30] Linens SW, Ross SE, Arnold BL, Gayle R, Pidcoe P. Postural-stability tests that identify individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train* 2014; 49:15–23. <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-48.6.09>.
- [31] de la Motte S, Arnold BL, Ross SE. Trunk-rotation differences at maximal reach of the Star Excursion Balance Test in participants with chronic ankle instability. *J Athl Train* 2015; 50:358–65. <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.74>.
- [32] McCann RS, Crosssett ID, Terada M, Kosik KB, Bolding BA, Gribble PA. Hip strength and Star Excursion Balance Test deficits of patients with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport* 2017; 20:992–6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.005>.