

Appui bipodal: rôle de la peau dans l'aide à la posture

D'après la conférence de Leah BENT au congrès de l'API PARIS 2019

Le 26 janvier 2019, Leah BENT, de la Guelf University (Toronto) nous a présenté les travaux de son équipe, sur les conséquences posturales des stimulations cutanées, notamment plantaires.

Des études ont montré que l'anesthésie plantaire au froid (Nurse and Nigg, 2001) ou aux anesthésiques locaux type Emla (Meyer and al., 2004) perturbent le contrôle postural, statique et dynamique.

A contrario, des stimulations électriques de zones très localisées de la plante des pieds ont montré une amélioration de l'équilibre lors de modifications de position de la jambe ou placement du pied (Zehr and al., 2014)

Une stimulation électrique non nociceptive est délivrée en 5 sites localisés de la sole plantaire (talon, face latérale et médiale du médio-pied, et avant pied) durant la marche.

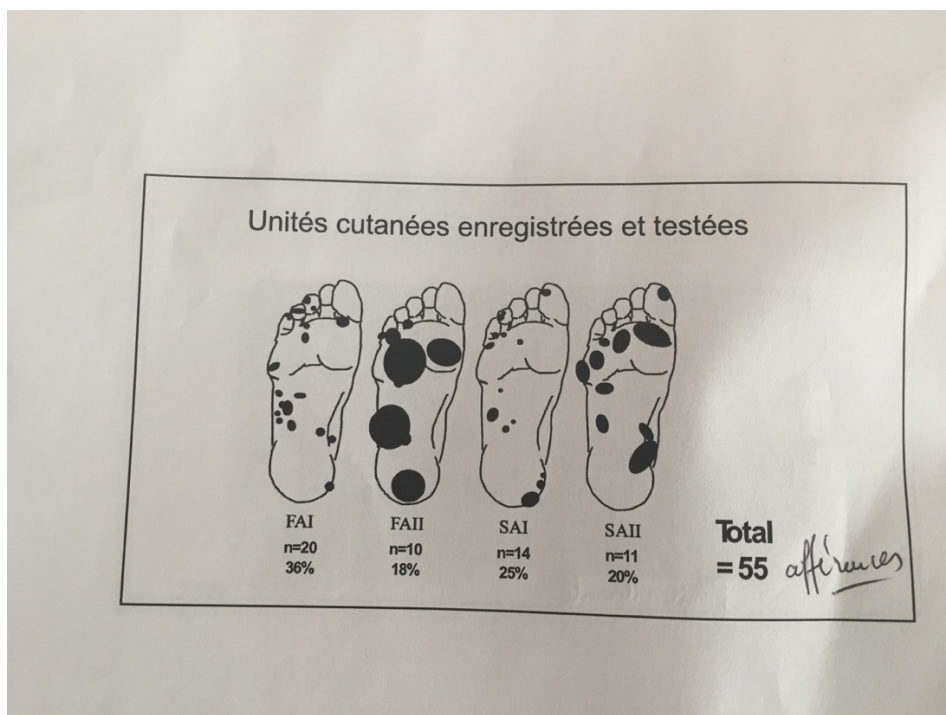
Une étude EMG est réalisée conjointement sur les muscles de la hanche, genou et cheville.

L'on étudie la moyenne de douze cycles.

Des expériences de stimulations tactiles et vibratoires sont également capables de modifier la posture, dans le sens d'une amélioration de l'adaptation posturale (Roll et al. 2002)

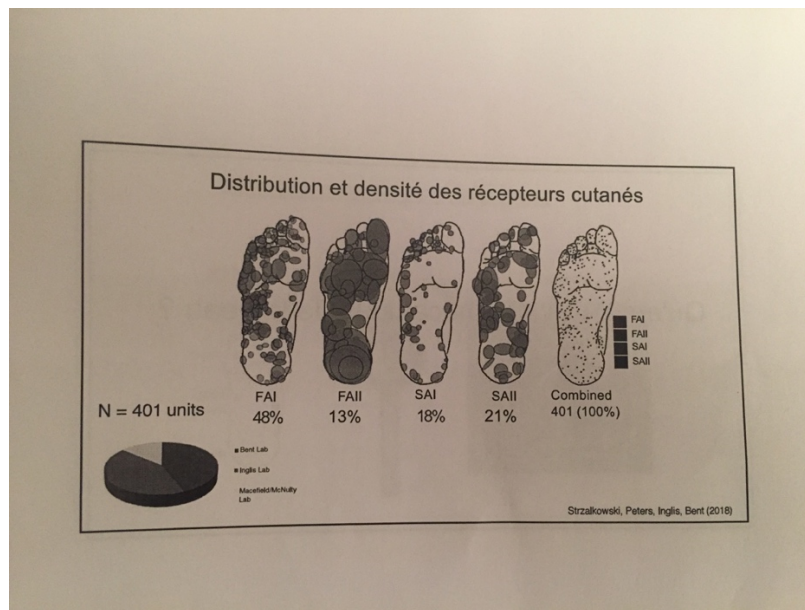
Il existe plusieurs capteurs cutanés (cf ci-dessous : Kennedy et Inglis). L'importance de la pression stimulera des récepteurs à seuils différents. Pour localiser un FAII on utilisera le pinceau ou le souffle de la bouche.

Ainsi 55 afférences ont été identifiées dans les 4 type de récepteurs (cf figure)



Les FAII sont les plus sensibles à toutes les fréquences de vibration.

La distribution et la densité des récepteurs cutanés est bien représentée sur la **figure suivante** :



Les récepteurs FAI sont les plus abondants.

La densité des récepteurs augmente par ailleurs vers les orteils et les bords latéraux des pieds (externes avant tout).

Des mesures de perception tactile cutanée, utilisant les techniques du monofilament et de la vibration pluri-fréquentielle (3Hz, 40Hz, 250Hz), ont été réalisées, et sur 5 localisations différentes (où la dureté de la peau n'est pas identique : pulpe du gros orteil, base du V° MT, voûte latérale, voûte médiale, talon). Aux vibrations de haute fréquence, l'on n'enregistre pas de différence notable. Au-dessous des fréquences de 5 Hz une différence de seuil de perception apparaît nettement en faveur de l'arche médiale ; de même pour les tests au monofilament.

Le talon perçoit nettement moins (peau épaisse et dure).

La perception au toucher est liée particulièrement à l'activation des FAI.

L'activation de ces afférences peut-elle affecter l'équilibre ?

Les auteurs ont étudié l'activation des muscles des membres inférieurs et des membres supérieurs.

Ont été comparées les activations musculaires (volontaires) avec et sans stimulation cutanée.

L'activation d'une seule afférence cutanée est capable de moduler l'activité musculaire (Fallon et al, 2005).

Les auteurs ont également étudié les membres supérieurs : l'activation de la peau des plantes des pieds module l'activité du deltoïde et du triceps (Bent et Lowrey, 2013).

La plus grande modulation des muscles (MS et MI) provient des FAI : 81% des FAI entraînent une modulation des muscles des membres inférieurs ; 57% ont montré une modulation des muscles dans les membres supérieurs.

Ces études sont essentielles pour affiner les conceptions de semelles proprioceptives, afin de mieux cibler les récepteurs pertinents.

Références bibliographiques.

- Johansson RS, Landstrom U, Lundstrom R, 1982. Responses of mechanoreceptive afferent units in the glabrous skin of the human hand to sinusoidal skin displacements. *Brain Res* 244, 17-25
- Fallon JB, Bent LR, McNully PA, Macefield VG, 2005. Evidence for strong synaptic coupling between single tactile afferents from the sole of the foot and motoneurons supplying leg muscles. *J. Neurophysiol.* 94, 3795-3804
- Bent LR, Lowrey CR, 2013. Single low-threshold afferents innervating the skin of the human foot modulate ongoing muscle activity in the upper limbs. *J Neurophysiol.* 109, 1614-1625
- Perry SD

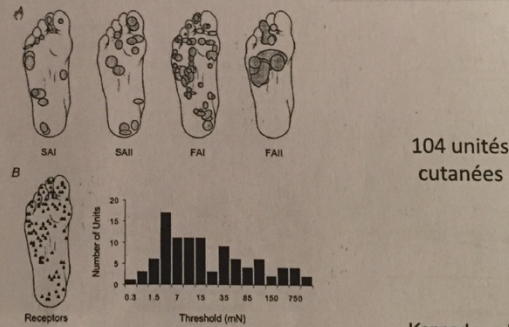
Une Thèse soutenue à Montréal a étudié les récepteurs tactiles plantaires et leur rôle sur la posture chez l'adulte et l'adolescent.

Les récepteurs tactiles plantaires détectent ces CdP. Ils sont sensibles à la pression, aux changements de distribution de la pression, aux vibrations, aux stimuli électriques et à la qualité de la base de support

La question de recherche quel est le rôle des informations tactiles plantaire ?

Kennedy et Inglis (2002) par technique de microneurographie ont identifié 104 mécanorécepteurs dans la peau glabre du pied : 15 à adaptation lente type 1 (SAI : disque de Merckel), 16 à adaptation lente II (SAII), 59 rapides type I (FAI : corpuscules de Meissner), 14 rapides type II (FAII : corpuscule de Pacini) : donc il y a une majorité de récepteurs à adaptation rapide : ils déchargent lorsque le stimulus est appliqué ou ôté. Leur seuil d'activation est élevé (inverse à la main).

Où se trouvent les mécanorécepteurs dans le pied ?



Plusieurs preuves actuelles montrent que les caractéristiques de la surface du support ont une influence sur le contrôle de l'équilibre.

Le niveau de contact de la plante avec le sol (pression, étendue) et la partie du pied en contact avec ce dernier, influencent la modulation de la réponse posturale (Roll et al. 2002; Kavounoudias et al. 1998,1999)

Chez les patients n'ayant plus de système vestibulaire, le système sensoriel captant la gravité est attribué principalement aux pieds (Maurer et al. 2001).

Pour Kavounoudias et al. la réponse des récepteurs cutanés plantaires est plus précoce que celle des récepteurs proprioceptifs (réponse EMG plus précoce lors de la stimulation plantaire que lors de la réaction proprioceptive normale) ET le déplacement compensatoire du CdP précède toujours le moindre mouvement articulaire détectable : en stimulation isolée (vibration du tendon ou sur l'avant pied).

Deux grandes écoles posturologiques se distinguent : le modèle du pendule inversé est davantage sollicité dans la gestion de l'équilibre statique ; le modèle de l'orientation segmentaire le serait plutôt pour gérer la posture lorsque la corps plurisegmentaire est en mouvement. **La gestion des deux est sans doute proche de la vérité physiologique.**

Au cours des troubles posturaux des neuropathies périphériques l'on observe : chez le diabétique, une augmentation du déplacement antéro-postérieur et médio-latéral du CdP (Lafond et al. 2004). Mais il y a des interférences avec des troubles de l'innervation proprioceptive (expériences d'anesthésies).

Mais plusieurs critiques ont été formulées à propos des méthodes anesthésiques et Meyer et Oddsson (2003) proposent « l'alternating-pulse iontophoresis » (qui maintient intactes les afférences proprio et articulaires)

Les afférences tactiles de la plante des pieds peuvent moduler l'excitabilité de groupes de motoneurones spécifiques spinaux, et sont traités par des circuits complexes avec contrôle supra spinal (Bessou et Bessou, 2003).

Les réponses EMG des gastrocnémiens et des tibiaux antérieurs sont modulées par des réflexes, activés par les récepteurs de pression dans les pieds (Dietz et al., 1992).

Fallon et al. En 2005, démontrent que 57% de toutes les afférences provenant du système tactile plantaire démontrent différentes formes de couplage réflexe avec les motoneurones, le plus observé étant celui entre les mécanorécepteurs FAI et les muscles activant les chevilles. L'exemple du réflexe de Babinski est rappelé.

La sensation plantaire de l'avant pied influence davantage le contrôle de l'équilibre Médio-Latéral (ML), et la sensation plantaire des talons influence davantage celui de l'équilibre antéro-postérieur (AP) (Meyer et al. 2004, Kennedy et Inglis 2002)