

Université de Sherbrooke

Efficacité analgésique de la neurostimulation périphérique (TENS) chez les aînés

Par
Kayla Bergeron-Vézina, B. Sc.
Programmes de Sciences Cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé
en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M. Sc.)
en Sciences Cliniques

Sherbrooke, Québec, Canada
Février, 2015

Membres du jury d'évaluation

Pr Guillaume Léonard, pht, Ph.D., directeur de recherche, Programme de Sciences Cliniques,
Pre Hélène Corriveau, pht, Ph.D., co-directrice de recherche, Programme de Sciences Cliniques
Pre Mélanie Morin, pht, Ph.D, membre interne, Programme de Sciences Cliniques
Pre Kadija Perreault, pht, Ph.D, membre externe, Département de réadaptation, Faculté de
médecine, Université Laval

© Kayla Bergeron-Vézina, 2014

RÉSUMÉ

EFFICACITÉ ANALGÉSIQUE DE LA NEUROSTIMULATION PÉRIPHÉRIQUE (TENS) CHEZ LES AÎNÉS

Par
Kayla Bergeron-Vézina
Programmes de Sciences Cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention du diplôme de maître ès sciences (M.Sc.) en Sciences Cliniques, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

La neurostimulation périphérique (en anglais *transcutaneous electrical nerve stimulation* ou TENS) est une modalité thérapeutique fréquemment utilisée en réadaptation pour diminuer la douleur. À ce jour, cependant, l'efficacité analgésique du TENS chez les aînés demeure peu documentée. La majorité des études effectuées jusqu'à présent ont été réalisées chez les jeunes adultes ou chez des populations d'âge hétérogènes. La présente étude, un essai croisé randomisé à double insu, avait pour objectif de documenter l'efficacité analgésique du TENS conventionnel et du TENS acupuncture chez les aînés et d'observer si la réponse analgésique de ces deux modalités de TENS entre les aînés et les jeunes adultes est différente. Quinze aînés et quinze jeunes adultes ont participé à l'étude. Les participants étaient évalués à trois occasions distinctes pour recevoir en alternance un TENS conventionnel, un TENS acupuncture et un TENS placebo. Une douleur expérimentale était créée à l'aide d'une thermode de type Peltier, appliquée au niveau de la colonne lombaire pendant deux minutes, période durant laquelle les participants devaient évaluer l'intensité de leur douleur avec une échelle visuelle analogue reliée à un ordinateur (CoVAS). Les mesures de douleur ont été prises avant, pendant et après l'application de chaque type de TENS. Chez les jeunes adultes, lorsque comparée au niveau de douleur initiale, une diminution significative de la douleur a été observée pendant et après l'application du TENS conventionnel et acupuncture. Le TENS conventionnel et acupuncture étaient supérieurs au traitement placebo (toutes les valeurs de $p < 0,05$). Cependant, chez les aînés, le TENS conventionnel et acupuncture n'ont pas permis de diminuer significativement la douleur. De plus, aucune modalité TENS ne se démarquait du traitement placebo (toutes les valeurs de $p > 0,05$). Bien que le TENS conventionnel et le TENS acupuncture soient efficaces chez les jeunes adultes, les présents résultats suggèrent que le TENS n'est pas la meilleure option de traitement pour diminuer la douleur chez les aînés, du moins lorsqu'il est utilisé seul (monothérapie). Des études futures, visant à déterminer des façons de bonifier l'effet du TENS chez les aînés, sont nécessaires.

Mots clés : Neurostimulation périphérique (TENS); douleur; analgésie, vieillissement; aînés; réadaptation; mécanismes inhibiteurs descendants; analgésie segmentaire

SUMMARY**ANALGESIC EFFICACY OF TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL NERVE STIMULATION (TENS) IN THE ELDERLY**

By
Kayla Bergeron-Vézina
Clinical Sciences Program

Thesis presented at the Faculty of medicine and health sciences for the obtention of Master degree diploma maitre ès sciences (M.Sc.) in Clinical Sciences, Faculty of medicine and health sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) is a non-pharmacological modality commonly used in rehabilitation to relieve pain. To this day, however, the analgesic efficacy of TENS in elderly individual remains poorly documented. The majority of studies on TENS have been made with young adults or in the general population. The objective of this double blinded cross over study was to document the analgesic efficacy of conventional TENS and acupuncture-like TENS in a group of elderly individuals and was to observe if the analgesic response of conventional and acupuncture-like TENS is different between elderly and young adults. Fifteen elderly participants and fifteen young adult participants took part in the study. Participants were evaluated on three separate occasions, receiving, in a random order, conventional TENS, acupuncture-like TENS and placebo TENS. Experimental pain was evoked with a Peltier type thermode applied on the lumbar spine region for two minutes, during which subjects were asked to evaluate pain intensity using a computerized visual analog scale (CoVAS). Pain measures were taken before, during and after each type of TENS application. For the young adults group, there was a significant decrease in pain during and after TENS when compared to baseline for both conventional and acupuncture-like TENS. Both TENS conditions were superior to placebo (all p values < 0,05). In the elderly individuals however, conventional and acupuncture-like TENS did not significantly reduced pain when compared to baseline. Both TENS modalities didn't differ from the placebo treatment (all p values > 0,05). Although both conventional and acupuncture-like TENS are effective in young adults, the current results suggest that TENS might not be the best treatment option to reduce pain among elderly individuals in monotherapy alone. Future studies are required to identified news ways to enhance TENS analgesic effect in the elderly.

Keywords: Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS); pain; analgesia, aging: elderly; rehabilitation; conditioned pain modulation; segmental analgesia

À Mamie et Papi

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	ii
Summary.....	iii
Table des matières	v
Liste des figures.....	vii
Liste des figures de l'article	vii
Liste des tableaux.....	viii
Liste des tableaux de l'article	viii
Liste des abréviations	ix
Chapitre I : Introduction	1
Chapitre II : Problématique	3
Chapitre III : Recension des écrits.....	4
3.1 La douleur	4
3.1.1 Neurophysiologie de la douleur.....	5
3.1.1.1 Le trajet de la douleur	5
3.1.1.2 Mécanisme endogène de contrôle de la douleur (MECD).....	7
3.1.2 La douleur chronique chez les aînés	12
3.1.3 Étiologie et physiopathologie de la douleur chronique chez les aînés	14
3.2 La neurostimulation périphérique	16
3.2.1 Description et origine du TENS.....	16
3.2.2 Les différents types de TENS	18
3.2.3 Utilisation du TENS.....	21
3.2.3.1 Efficacité clinique du traitement TENS.....	21
3.2.3.2 Efficacité analgésique du TENS pour les douleurs expérimentales	25
3.2.3.2 Les différents facteurs affectant l'efficacité du TENS	27
3.3 En résumé	30
Chapitre IV	32
4.1 Objectifs.....	32
4.2 Pertinence du projet de recherche	32
Chapitre V : Article Scientifique.....	34

Avant-propos	34
Résumé de l'article	35
Reduced analgesic efficacy of high and low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in elderly individuals.....	37
Abstract	38
1. Introduction	39
2. Methods	40
3. Results	45
4. Discussion	50
5. Conclusion	54
6. Conflict of interest	55
7. Acknowledgments	55
8. References	56
Chapitre VI : Discussion	63
6.1 Analgésie du TENS chez les jeunes adultes	63
6.2 Analgésie du TENS chez les aînés	65
6.3 Le vieillissement et les mécanismes endogènes de contrôle de la douleur	69
6.4 Les seuils de douleur avant l'application du TENS	71
6.5 Effet du TENS sur les seuils de douleur thermique	72
6.6 La réponse à un traitement placebo	73
6.7 Forces et limites du projet de recherche	77
6.8 Perspectives futures du présent projet de recherche	80
Chapitre VII : Conclusion	82
Remerciements	83
Références	84
Annexes	102
Annexe 1 - Approbation éthique du projet de recherche	103
Annexe 2 - Formulaire de consentement	105
Annexe 3 - Formulaire de collecte de données de l'évaluateur	113
Annexe 4 - Formulaire de collecte de données du thérapeute	117
Annexe 5 - Affiche de recrutement	120

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Système de modulation de la douleur	7
Figure 2 : Théorie du portillon.....	9
Figure 3 : Comparaison du pourcentage d'analgésie à la suite d'un traitement placebo chez les jeunes adultes et les aînés.....	74

LISTE DES FIGURES DE L'ARTICLE

Figure 1 : TENS application	42
Figure 2 : Pain intensity before (T0), during (T1), immediately after (T2) and 30 minutes after TENS application (T3) in young (A) and older (B) participants.....	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résumé des études randomisées sur l'efficacité du TENS chez les aînés23

LISTE DES TABLEAUX DE L'ARTICLE

Table 1 : Groups characteristics.....45
Table 2 : Baseline intensity pain score before HF-TENS, LF-TENS or placebo treatment. 46
Table 3 : Variation of heat pain threshold after HF-TENS, LF-TENS or placebo treatment.
.....49

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ATP	Adénosine triphosphate
CCA	Cortex cingulé antérieur
CIDN	Contrôle inhibiteur diffus nociceptif
CoVAS	Échelle visuelle analogue reliée à un ordinateur – <i>Computerized visual analog scale</i>
GABA	Acide γ -aminobutyrique
HF-TENS	Neurostimulation périphérique de haute fréquence (type conventionnel)
LF-TENS	Neurostimulation périphérique de basse fréquence (type acupuncture)
MECD	Mécanismes endogènes de contrôle de la douleur
NRM	Noyau raphé magnus
SENM	Stimulation électrique neuromusculaire
SG	Substance gélatineuse
SPGA	Substance grise périaqueducale
SRD	Sous-noyau réticulaire dorsal
tDCS	Stimulation transcranienne par courant direct – <i>Transcranial direct current stimulation</i>
TENS	Neurostimulation périphérique - <i>Transcutaneous electrical nerve stimulation</i>
TENS A	Neurostimulation périphérique de basse fréquence (type acupuncture)
TENS C	Neurostimulation périphérique de haute fréquence (type conventionnel)
TENS P	Neurostimulation périphérique simulé (traitement placebo)

CHAPITRE I : INTRODUCTION

La douleur est un phénomène qui intéresse bon nombre de chercheurs depuis des siècles. Les premiers écrits sur la douleur, présents dans des recueils sur les vertus de la médecine orientale, datent de plus de trois mille ans. La définition actuelle de la douleur fait suite à un cheminement de connaissances acquises grâce à la recherche. Aujourd'hui, la douleur est définie comme une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, résultant d'une lésion tissulaire réelle ou potentielle.

Ressentir de la douleur est essentiel à notre survie. Ce système d'alarme protège notre organisme d'un danger. Cependant, lorsque la douleur persiste et dépasse le temps normal de guérison, celle-ci outrepassa sa simple fonction d'alarme et elle peut devenir une menace pour notre organisme. Ainsi, la douleur devient chronique lorsque celle-ci persiste sur une longue période de temps. Dans la médecine moderne, la douleur chronique est considérée comme une pathologie en soi. Celle-ci requiert une prise en charge ciblée pour atténuer les symptômes douloureux et les répercussions nocives qu'elle apporte. Ses effets nuisibles sont observables notamment sur la fonction physique, la qualité de vie et le sommeil.

Avec l'âge, la douleur devient plus fréquente et invalidante. Plus d'un aîné sur deux souffre de douleur chronique et plusieurs d'entre eux ne reçoivent pas de traitement approprié pour celle-ci. De nombreuses approches pharmacologiques sont accessibles sur le marché pour soulager la douleur (anti-inflammatoire non stéroïdien, opioïde, anticonvulsivant, antidépresseur, cannabinoïdes, anesthésique local). Les cliniciens et chercheurs s'entendent pour dire qu'une approche multimodale (une combinaison de traitement pharmacologique et non pharmacologique) devrait être favorisée. Ce type d'approche permet non seulement de maximiser l'analgésie, mais aussi de diminuer la survenue d'effets indésirables liés à la prise de médicament. L'ajout d'une option non pharmacologique à la médication d'un patient est donc indispensable.

Plusieurs options non pharmacologiques s'offrent aux patients comme par exemple : la chaleur, les massages, la neurostimulation périphérique, etc. La neurostimulation périphérique (TENS : acronyme de son nom anglais *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*) est une modalité de traitement fréquemment utilisée en réadaptation pour soulager la douleur. En administrant un courant électrique pour stimuler les nerfs, il est possible de créer une analgésie chez le patient. Il y a deux grands types de stimulations TENS utilisés en clinique, soit le TENS conventionnel et le TENS acupuncture. Ces deux types de neurostimulations reposent sur des mécanismes d'électroanalgésie différents. Ce traitement est non-invasif, sans effets secondaires, sécuritaire et facile d'utilisation.

L'efficacité du TENS repose sur différents mécanismes endogènes de contrôle de la douleur (MECD). Il est connu que certains de ces mécanismes de contrôle sont affectés lors du vieillissement normal. De ce fait, les aînés pourraient répondre différemment à certains types de stimulation TENS. Dans ce contexte, le but du présent projet vise à documenter l'efficacité analgésique du TENS chez les aînés. Il vise aussi à observer si la réponse au TENS conventionnel et du TENS acupuncture diffère chez cette population.

Outre cette introduction, ce mémoire contient sept autres chapitres. Le deuxième chapitre contient la problématique et l'approche conceptuelle du projet. Un troisième chapitre couvre la recension des écrits. Cette dernière mettra l'emphase sur la neurophysiologie de la douleur, le vieillissement et le TENS. Le quatrième chapitre décrit les objectifs du projet de recherche. Au cinquième chapitre, les résultats obtenus lors de l'expérimentation sont présentés par l'entremise d'un article. Le sixième chapitre, quant à lui, amorce la discussion et l'interprétation des résultats de l'étude. Enfin, au septième chapitre, la conclusion réitère les grandes lignes de l'étude en pointant les nouvelles cibles de recherche à explorer.

CHAPITRE II : PROBLÉMATIQUE

La douleur est une pathologie qui touche plus d'un aîné sur deux (Helme et Gibson, 2001; Urwin *et al.*, 1998). Avec le vieillissement de la population qui affecte le Québec de façon de plus en plus accrue (Girard *et al.*, 2012; Choinière, 2010), le nombre d'aîné nécessitant un traitement pour leur douleur va nécessairement augmenter. Ce fléau nécessite une prise en charge ciblée (McCarberg *et al.*, 2012; Brookoff, 2000). Le TENS est une modalité électrothérapeutique fréquemment utilisée en réadaptation pour soulager la douleur (O'Sullivan et Schmitz, 2000). À l'aide d'électrodes appliquées au niveau de la peau, le TENS permet de dépolariser les fibres nerveuses et ainsi diminuer la douleur (Bélanger, 2010). En clinique, il y a deux grands types de stimulation TENS utilisés, soit le TENS conventionnel et le TENS acupuncture (Marchand, 2009). Malgré la grande utilisation du TENS en clinique, peu d'études ont documenté l'efficacité du TENS chez les aînés, limitant donc la capacité de se prononcer sur l'utilité clinique de cette modalité dans cette tranche de la population. Ce constat est d'autant plus préoccupant que certains MECD (mécanismes sur lesquels repose l'effet analgésique du TENS) voient leur efficacité diminuer avec le vieillissement (Lariviere *et al.*, 2007; Edwards *et al.*, 2003; Washington *et al.*, 2000). Cette perte d'efficacité des MECD sur lequel repose l'effet du TENS pourrait suggérer une diminution de l'effet de cette modalité analgésique chez les aînés. Il devient donc impératif d'évaluer si le TENS est une modalité de traitement de la douleur efficace chez les aînés.

CHAPITRE III : RECENSION DES ÉCRITS

Au cours des prochaines pages, il sera possible d'apprécier l'étendue des renseignements disponibles sur le présent thème de recherche dans la littérature. La recension des écrits est divisée en deux grandes sections, soit la douleur et le traitement de celle-ci à l'aide du TENS.

Premièrement, une description de la neurophysiologie de la douleur est faite. Ceci permettra de mieux comprendre les différentes étapes et événements qui se produisent dans l'organisme et le système nerveux lorsqu'une douleur est ressentie. De plus, cette section permettra de mieux comprendre les enjeux et implications de la douleur chronique lors du vieillissement. Deuxièmement, une description du traitement TENS est donnée. Ainsi, les différents types de TENS sont expliqués pour mieux saisir les subtilités entre ceux-ci. En outre, une description de l'utilisation du TENS et son efficacité en douleur clinique et en douleur expérimentale sont présentées.

3.1 La douleur

Tous connaissent cette expérience désagréable qu'est la douleur. Ce phénomène touche chaque personne, et ce à différents moments de nos vies. Au Canada, environ 3,9 millions d'individus ont des douleurs chroniques, ce qui représente un total de 17 % de la population (Reitsma *et al.*, 2011). Officiellement, la douleur est décrite comme une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, résultant d'une lésion tissulaire réelle ou potentielle (International Association for the Study of Pain, 2012). La douleur est dépendante de nos expériences personnelles et le contexte de survenue joue un rôle important sur celle-ci (Reitsma *et al.*, 2011; Marchand, 2009). La douleur chronique est, pour sa part, définie comme une douleur persistante sur une période de 3 mois ou plus et qui peut être associée ou non à une lésion (Deyo *et al.*, 2014; National Health Institutes,

2011; American Geriatrics Society, 2009; Elliott *et al.*, 1999; International Association for the Study of Pain Task Force on Taxonomy, 1994). De plus, la douleur chronique engendre différentes altérations au système nerveux central. Elle cause, par exemple, un changement de la plasticité neuronale (en lien avec la sensibilisation périphérique et centrale), une infiltration de cellules immunitaires dans la corne dorsale de la moelle épinière, une modification de la connectivité fonctionnelle entre les différentes régions cérébrales, une altération importante de la densité de la matière grise, etc (Mifflin et Kerr, 2014; Saab, 2013; Saab, 2012). Ainsi, la douleur chronique est une pathologie qui implique non seulement des composantes psychologiques et cognitives, mais aussi des fonctions cérébrales très complexes (Saab, 2013).

La douleur chronique est maintenant considérée comme une pathologie en soi (Loeser, 2006) qui nécessite une prise en charge ciblée (McCarberg *et al.*, 2012; Brookoff, 2000). Elle affecte non seulement la qualité de vie de plusieurs millions de Canadiens, mais pèse énormément sur l'économie de notre pays. En Amérique du Nord, le coût annuel de la douleur chronique est estimé à 165 milliards de dollars (Reitsma *et al.*, 2012). En 2010, les coûts annuels directs et indirects au Canada étaient, pour leur part, évalués à environ 10 milliards de dollars (Reitsma *et al.*, 2011).

3.1.1 Neurophysiologie de la douleur

3.1.1.1 Le trajet de la douleur

Avant qu'un individu ressente de la douleur, une suite d'événements neurophysiologiques se produit dans le corps pour permettre de percevoir cette sensation. Ainsi, la douleur provient généralement d'une stimulation nociceptive. Cette stimulation (source thermique, chimique ou mécanique) va recruter des nocicepteurs en périphérie (Marchand, 2010). Cette information sera transmise par le neurone de premier ordre, soit

les fibres nerveuses nociceptives A δ et C (Basbaum et Jessel, 2000), jusqu'à la corne postérieure de la moelle épinière où il y a un contact synaptique avec le neurone de deuxième ordre (Marchand, 2009). Ces neurones sont situés dans les lames superficielles et dans la substance gélatineuse (SG) (Basbaum et Jessel, 2000). Le neurone de deuxième ordre décusse dans la moelle en passant sous le canal de l'épendyme pour former la voie spinothalamique (Marchand, 2010). Il s'agit de la voie nociceptive ascendante la plus importante dans la moelle épinière (Basbaum et Jessel, 2000). Ces axones projettent du côté controlatéral de la moelle épinière pour envoyer des afférences vers le thalamus, dans les noyaux du complexe ventro-basal et le complexe centromédian (Kandel et al., 2013; Marchand, 2009; Basbaum et Jessel, 2000). À cet endroit, un contact synaptique a lieu avec le neurone de troisième ordre. L'information sera ensuite envoyée vers le cortex somatosensoriel (S1 et S2), le cortex cingulé antérieur (CCA) et l'insula (Marchand, 2010). Le cortex somato-sensoriel est impliqué dans la composante sensori-discriminative de la douleur tandis que le cortex cingulé antérieur et l'insula sont liés à la composante motivo-affective (Marchand, 2009). La composante sensori-discriminative permet de localiser le stimulus nociceptif. De plus, elle permet de quantifier l'intensité et la durée d'un stimulus nociceptif (Bourreau, 1999). La voie spinothalamique, mentionnée précédemment, joue un rôle très important dans cette composante de la douleur (Marchand, 2009). La composante motivo-affective, pour sa part, est associée à l'aspect désagréable de la douleur (Bourreau, 1999) et est rattachée à la voie spino-réticulaire (Marchand, 2010) . [Voir Figure 1]

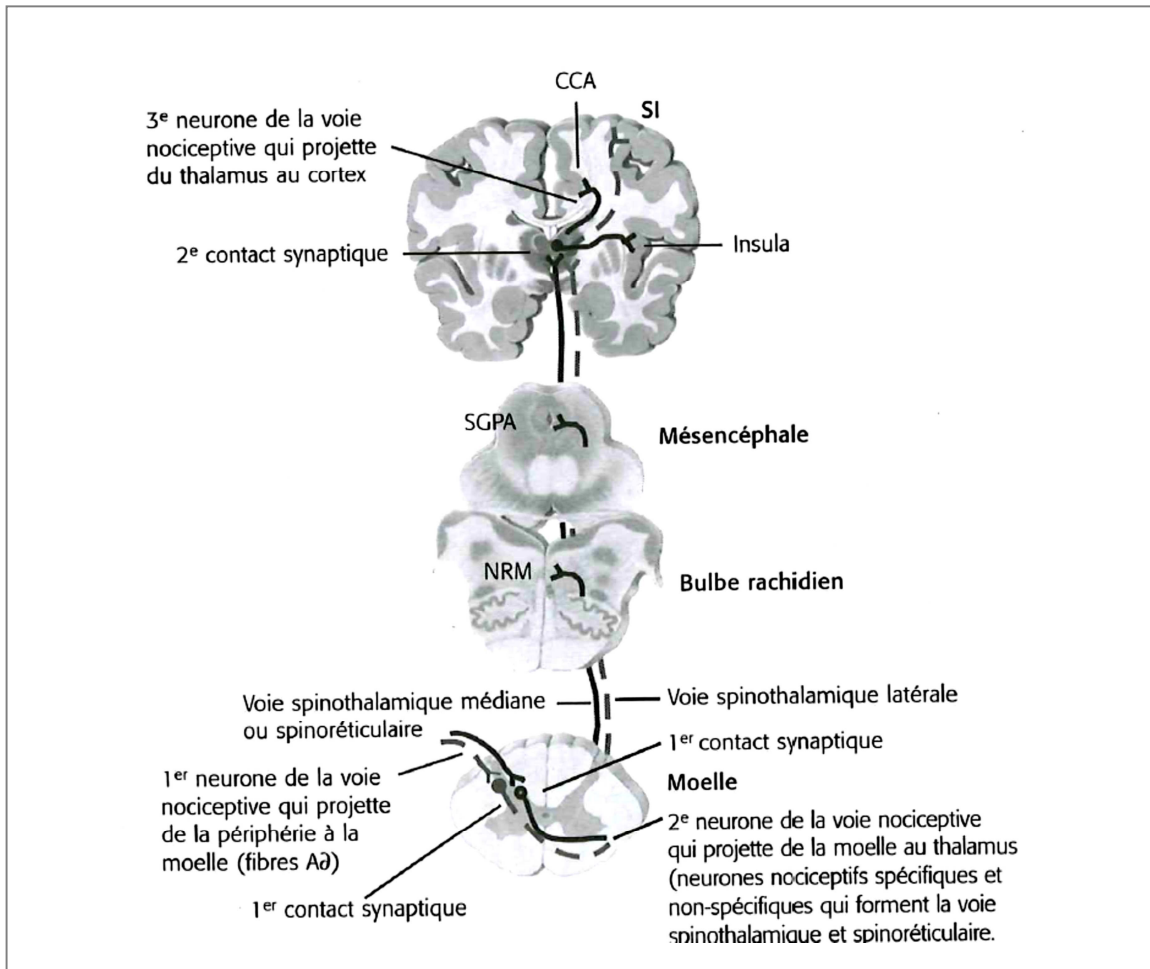


Figure 1 : Système de modulation de la douleur

(Tiré de Marchand, 2009; reproduit avec l'autorisation de la maison d'édition
Chenelière Éducation)

3.1.1.2 Mécanisme endogène de contrôle de la douleur (MECD)

Le chemin entre les nocicepteurs et les centres supérieurs n'est pas linéaire. Ainsi, plusieurs mécanismes endogènes sont présents à différents niveaux du système nerveux pour permettre de moduler les informations nociceptives pour contrôler la douleur

ressentie. Il est possible de représenter ce système de modulation en divisant celui-ci en trois niveaux soit : (1) au niveau spinal, (2) au niveau du tronc cérébral, et (3) au niveau des centres supérieurs. Ces trois niveaux de modulation des afférences jouent un rôle important dans la manifestation de la douleur et seront décrits dans les paragraphes suivants.

Les mécanismes spinaux

Dès les années 1960, Melzack et Wall proposaient la présence d'un système de modulation de la douleur au niveau de la moelle épinière. De leurs travaux a émergé la théorie du portillon qui a permis de changer la conception de nombreux scientifiques sur la douleur. Selon la théorie de Melzack et Wall, la douleur est modulée grâce à un portillon situé dans la substance gélatineuse (SG) au niveau de la corne dorsale de la moelle épinière. Le portillon peut être soit ouvert (augmentation de la douleur), soit fermé (diminution de la douleur) (Melzack et Wall, 1965). L'état du portillon (ouvert/fermé) dépendrait de l'équilibre entre les informations non nociceptives (fibres nerveuses sensorielles $A\beta$) et les informations nociceptives (fibres nerveuses $A\delta$ et C). Les fibres de gros calibre $A\beta$ diminuent les informations douloureuses envoyées vers la cellule de transmission et permettent ainsi d'abaisser la perception de la douleur (fermeture du portillon). Inversement, les fibres de petits calibres (fibres $A\delta$ et C) augmentent les informations douloureuses envoyées à la cellule de transmission et amplifient la douleur ressentie (ouverture du portillon) (Melzack et Wall, 1965). [Voir Figure 2]

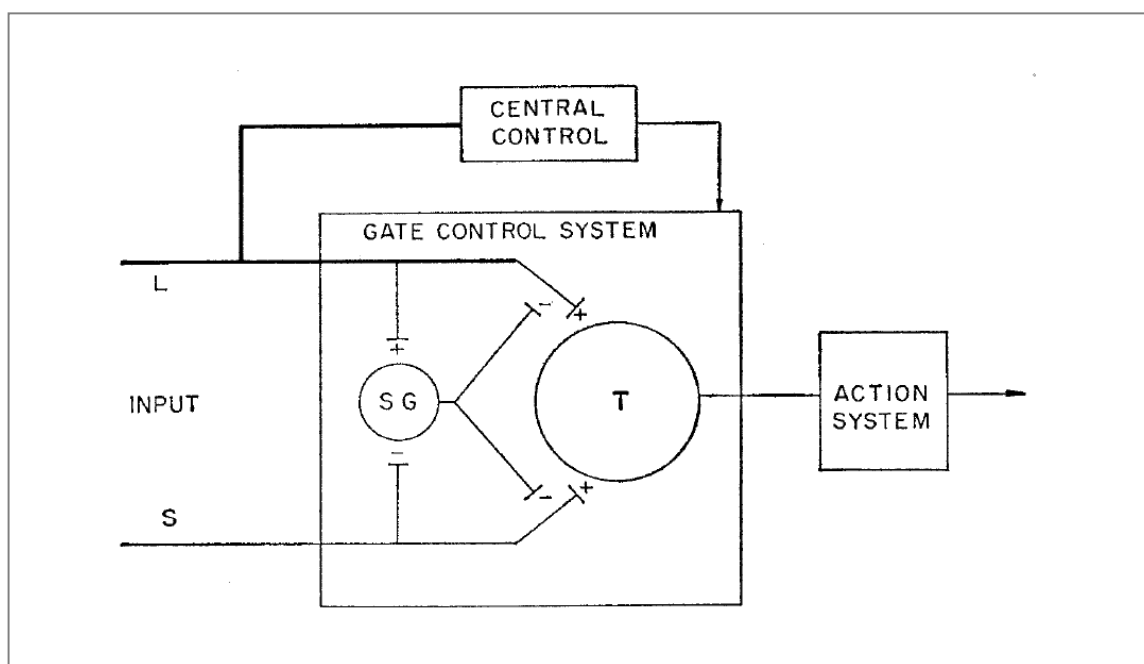


Figure 2 : Théorie du portillon

(Tiré de Melzack et Wall, 1965; reproduit avec l'autorisation de la revue Science AAAS)

Ainsi, il a été observé que le recrutement des afférences de gros calibres provoquait une inhibition des afférences nociceptives (Yaksh et Hammond, 1982) confirmant ainsi la théorie de Melzack et Wall. L'efficacité de plusieurs interventions fréquemment utilisées en réadaptation repose sur la théorie du portillon. C'est le cas, par exemple, des massages et du TENS conventionnel (aussi appelé TENS de haute fréquence) (O'Sullivan *et al.*, 2007).

Les mécanismes du tronc cérébral

À la suite de l'élaboration de la théorie du portillon, Reynolds a découvert que la substance grise périaqueducule (SPGA) située au niveau du tronc cérébral possédait aussi

un immense pouvoir analgésique, à un tel point qu'il était possible d'accomplir une chirurgie chez le rat sans utiliser d'analgésiques tout en stimulant simplement cette région du cerveau (Reynolds, 1969). La recherche grandissante dans le domaine de la douleur a permis de déterminer que la SPGA était fortement liée au noyau raphé magnus (NRM) (Fields *et al.*, 2006). Dix ans suivant la découverte de Melzack et Wall, un contrôle très puissant au niveau du tronc cérébral a été découvert, suggérant ainsi que le contrôle de la douleur ne reposait pas seulement au niveau de la moelle épinière (Fields et Basbaum, 1978). Le Bars (1979) a étudié ces mécanismes, qu'il a désignés sous le vocable de « contrôles inhibiteurs diffus nociceptifs » (CIDN). Celui-ci a observé que, lors de l'application d'un stimulus nociceptif chez le rat, une analgésie était créée grâce à des implications au niveau supra-spinal et une diminution importante de l'activité des neurones de la corne dorsale était observée. Cependant, de plus amples recherches ont permis de déterminer que suite à une lésion du SPGA ou du NRM, l'efficacité des CIDN n'est pas modifiée (Le Bars, 2002). Une lésion au sous-noyau réticulaire dorsal (SRD) engendre, pour sa part, une grande diminution des CIDN (Bouhassira *et al.*, 1992). L'endroit exact qui entre en jeu lors d'une inhibition de la douleur par les CIDN reste encore pour le moins mitigé entre la SPGA, le NRM ou le SRD. Néanmoins, lors d'une modulation de la douleur par les mécanismes supra-spinaux, il a été observé par différentes équipes de recherche que plusieurs neurotransmetteurs étaient impliqués dans l'analgésie tels que la sérotonine, la noradrénaline, l'acide γ -aminobutyrique (GABA) et d'opioïdes endogènes lors de l'activation des CIDN (Marchand, 2009).

Pour résumer, une stimulation nociceptive envoie des projections vers le tronc cérébral qui déclenchent l'envoi d'efférence inhibitrice vers les différents segments spinaux pour créer une analgésie (Marchand, 2010). Grâce à la découverte de Le Bars, le mécanisme des CIDN explique ce phénomène physiologique complexe où une douleur à un site peut inhiber, voire même masquer complètement, la douleur d'un site distinct (Calvino et Grilo, 2006). Il s'agit du principe de contre irritation (Calvino et Grilo, 2006; Willer *et al.*, 1999). Contrairement aux mécanismes spinaux qui produisent une analgésie localisée au site de stimulation (Marchand, 2009), l'inhibition descendante des mécanismes supraspinaux crée une analgésie diffuse dans l'ensemble du corps (Willer *et al.*, 1999).

Différentes modalités analgésiques utilisées en clinique de nos jours reposent sur les mécanismes supra-spinaux tels le TENS acupuncture et l'acupuncture traditionnelle (Marchand, 2009).

Les mécanismes des centres supérieurs

Le dernier niveau de modulation de la douleur correspond aux centres supérieurs. Un bon exemple des implications des centres supérieurs est l'effet placebo. Ainsi, l'effet placebo est défini comme une composante de la réponse thérapeutique qui n'est pas attribuable à la propriété active du traitement (Dobriša-Dintinjana et Nacinović-Duletic, 2011). Le succès d'un traitement dépend non seulement de sa composante active, mais aussi de l'effet placebo qu'il engendre (Rainville *et al.*, 2005). L'effet placebo repose sur différents processus cérébraux, dont les attentes et le conditionnement (Koshi et Short, 2007). Une sécrétion d'opioïdes est observée dans le cortex dorsolatéral préfrontal, l'aire cingulée antérieure, l'insula antérieure, le noyau accumbens, l'amygdale et le cortex orbitofrontal (Goffaux *et al.*, 2009b).

Par ailleurs, les attentes face à un traitement jouent un rôle très important dans la perception de la douleur et le soulagement de celle-ci. Goffaux *et al.* (2007) ont démontré que des attentes négatives face à une procédure analgésique viable pouvaient bloquer complètement l'effet thérapeutique de celle-ci (Goffaux *et al.*, 2009a). Charron *et al.* (2006) ont pour leur part observé qu'une expérience passée infructueuse influence grandement la réponse au traitement.

L'hypnose est un autre exemple bien connu pour ses grandes propriétés analgésiques (Jensen, 2009; Jensen et Patterson, 2006; Cuellar, 2005). L'hypnose est associée à une modulation des activités cérébrales à différents niveaux tels qu'au thalamus et au cortex cingulé antérieur. Ces structures sont impliquées dans la régulation des états de conscience et de la douleur (Rainville *et al.*, 2002). De plus, l'analgésie hypnotique affecte

les réflexes spinaux tout en diminuant l'activité de plusieurs structures supra spinales telles que le thalamus, le cortex sensoriel, l'insula et le cortex cingulé antérieur lors d'études d'imagerie (Jensen et al., 2014). De ce fait, ces différentes aires corticales ont des influences très diversifiées sur la modulation de la douleur. Elles peuvent entraîner un pouvoir analgésique non négligeable.

3.1.2 La douleur chronique chez les aînés

La douleur chronique chez les aînés n'est pas une pathologie à prendre à la légère. Elle affecte davantage d'aînés que plusieurs conditions chroniques bien connues tels le diabète, l'hypertension, les maladies cardiaques, l'incontinence et les cataractes (Ramage-Morin, 2008; Moulin *et al.*, 2002). Ainsi, plus d'un aîné sur deux est atteint de douleur chronique (Helme et Gibson, 2001). Les femmes et les aînés d'âge plus élevés (75 ans et plus) sont particulièrement touchés par cette condition de santé (Patel *et al.*, 2013; Reitsma *et al.*, 2011; Urwin *et al.*, 1998). Ainsi, Urwin *et al.* (1998) ont démontré que 64 % des femmes de 65-74 ans présentent des douleurs à un site et plus (comparativement à 52 % pour les hommes dans la même tranche d'âge). Malheureusement, les aînés sont plus vulnérables aux douleurs chroniques et à leurs effets néfastes (Gibson et Farrell, 2004).

La douleur chronique a un très grand impact sur la qualité de vie (Park et Hughes, 2012; Raftery *et al.*, 2011; Neville *et al.*, 2008; Moulin *et al.*, 2002; Gibson et Helme, 2001). Chez les aînés, la douleur est considérée comme une des menaces les plus fréquentes et les plus dévastatrices pour la qualité de vie (Gibson et Helme, 2001). La douleur chez les aînés entraîne de nombreuses conséquences telles que la dépression, une perturbation du sommeil, une diminution de l'énergie, des problèmes de concentration, des problèmes de marche, une détresse émotionnelle, etc (Bernhofer et Sorrell, 2012; AGS Panel on Persistent Pain in Older Persons, 2002; Gureje *et al.*, 1998). La douleur chronique est aussi connue pour avoir une influence sur la perception de la santé d'une personne (Ramage-Morin, 2008). Ainsi, un sondage, complété aux États-Unis par des aînés ayant des douleurs

fréquentes, a permis de montrer que 56 % des répondants rapportaient avoir une qualité de vie de faible à passable (auto-évaluation) (Reyes-Gibby *et al.*, 2002). Selon Duong *et al.* (2005), la douleur cause une importante interférence avec les activités. Ainsi, 83 % des aînés rapportaient une interférence avec les activités exigeantes physiquement (ex : monter des marches, entretien de la maison, jardinage). De plus, la douleur interférait avec les activités de la vie sociales (ex : activités sportives, sortir de la maison, recevoir de la visite) et les activités de la vie quotidienne (ex : conduire, cuisiner) chez 74 % et 57 % des aînés, respectivement.

Malgré l'ampleur des données illustrant l'impact de la douleur chronique sur la vie des aînés, celle-ci reste souvent sous-diagnostiquée et sous-traitée (Gibson et Lussier, 2012). Par exemple, on estime qu'environ 25 % des aînés qui souffrent de douleur ne reçoivent aucune médication analgésique (Maxwell *et al.*, 2008). Par ailleurs, il est bien connu que l'avancement de l'âge entraîne de nombreux changements structuraux et fonctionnels au niveau des voies nociceptives du système nerveux central (Gibson et Farrell, 2004). Il devient alors primordial d'approfondir nos connaissances sur l'impact de ces changements sur l'efficacité des traitements donnés aux aînés. En recherche comme en clinique, si un traitement fonctionne bien chez les jeunes adultes, il ne faut pas conclure que nécessairement ce traitement fonctionne chez les aînés. Ce constat a souvent été observé lors de la réponse à un traitement pharmacologique qui était nettement différente chez les aînés (McLachlan *et al.*, 2009; Hilmer *et al.*, 2007; McLean et Le Couteur, 2004). Le choix d'un bon traitement pour les aînés est crucial.

Selon la Société de gériatrie américaine, la prise en charge de la douleur chronique devrait être multimodale et ainsi, inclure des options pharmacologiques et des options non pharmacologiques (American Geriatrics Society, 2009). Steward *et al.* (2012) ont observé que seulement 45 % des aînés utilisent une combinaison d'approches pharmacologiques et non pharmacologiques (approche multimodale) pour contrôler leur douleur d'intensité modérée à sévère. Malheureusement, les diverses options non pharmacologiques pour le traitement de la douleur sont souvent négligées lors de la pratique clinique (Lips et Ooms, 2000). L'approche de première ligne des cliniciens est sans aucun doute la pharmacologie,

ce qui retarde l'adoption d'une approche qui inclurait les options non pharmacologiques (Hassett et Williams, 2011). Malgré la popularité moins élevée des options non pharmacologiques causées par le manque de formation des cliniciens et la moins grande présence de campagne publicitaire sur les options disponibles, la combinaison des options pharmacologiques et non pharmacologiques s'avère l'approche optimale pour le traitement de la douleur (Hassett et Williams, 2011). Non seulement les cliniciens jouent un rôle important face à l'utilisation des options non pharmacologiques, les aînés doivent aussi s'impliquer dans leur traitement contre la douleur et être motivés à ajouter différentes modalités de traitement (Cunningham et Kashikar-Zuck, 2013). Ainsi, il est important de considérer que les aînés qui consomment plusieurs médicaments pour diverses conditions chroniques bénéficieraient particulièrement d'ajouter une modalité non pharmacologique à leur traitement pour obtenir une approche multimodale. Ceci permettrait de diminuer les effets secondaires liés à la médication, mais aussi le risque d'interactions entre les différentes interventions (Bernhofer et Sorrell, 2012; Park et Hughes, 2012).

3.1.3 Étiologie et physiopathologie de la douleur chronique chez les aînés

Depuis plusieurs années, bon nombre de chercheurs ont tenté de comprendre pourquoi la prévalence de la douleur chronique augmente avec l'âge. Avec le vieillissement de la population, il est tentant de conclure que la grande prévalence de la douleur chez les aînés serait causée simplement par des changements dégénératifs au niveau musculosquelettique. Plusieurs chercheurs ont cependant observé une faible corrélation entre les changements musculosquelettiques et la présence de douleur (Chou et Shekelle, 2010; Bedson et Croft, 2008; van Tulder *et al.*, 1997; Adams, 1989). De plus, la cause des symptômes douloureux n'est habituellement pas relevée lors des tests d'imagerie pour observer ces changements aux niveaux musculosquelettiques (Jarvik et Deyo, 2002). Par exemple, Hannan *et al.* (2000) ont observé que chez 1004 sujets rapportant de la douleur au genou, seulement 15 % d'entre eux avait des changements aux niveaux radiographiques. Les travaux à ce jour ont davantage été portés sur le système musculosquelettique, tel que

mentionné ci-dessus. Cependant, lors du vieillissement, il y a un nombre important de changements au niveau du système nerveux. Avec l'âge, une modification de la densité et de la fonction des fibres afférentes primaires nociceptives est observée ainsi qu'un changement de la morphologie et de la neurochimie du système nerveux central (Gibson et Farrell, 2004; Washington *et al.*, 2000). Il est possible que ces changements du système nerveux causés par le vieillissement interfèrent avec le système nociceptif et contribuent aux expériences douloureuses chez les aînés (Farrell, 2012).

Il est bien établi, et ce depuis bien des années qu'il y a un changement structurel et fonctionnel dans les fibres afférentes nociceptives lors du vieillissement (Verdu *et al.*, 2000). Non seulement une perte de la densité des fibres nerveuses est observée (O'Sullivan et Swallow, 1968), mais également une augmentation de la dégénération des fibres myélinisées et non myélinisées est constatée avec l'âge (Gibson et Farrell, 2004). De plus, la myéline se fragmente et se détériore avec l'âge (Kandel *et al.*, 2013). Ces changements dégénératifs changent la vitesse de conduction des fibres nerveuses, causant ainsi une perturbation de la synchronisation normale des circuits neuronaux (Peters, 2002). Il est possible de croire que les changements observés aux fibres nerveuses périphériques pourraient affecter l'efficacité du portillon. L'état du portillon (ouvert/fermé) dépend des informations non nociceptives et nociceptives qui sont transmises à l'aide des fibres nerveuses périphériques A β , A δ et C jusqu'à la moelle épinière. Si les changements dégénératifs affectent l'efficacité de ces fibres nerveuses, l'efficacité du portillon sera touchée par le fait même. Malgré tous ces changements liés au vieillissement, aucune étude, à notre connaissance, ne démontre l'impact de l'âge sur les mécanismes spinaux (1^{er} niveau de contrôle de la douleur).

Inversement, plusieurs chercheurs ont étudié l'impact du vieillissement sur les mécanismes supra spinaux. Ainsi, il a été observé que la force des CIDN diminue chez les aînés comparativement aux jeunes (Riley *et al.*, 2010; Edwards *et al.*, 2003; Washington *et al.*, 2000). En poussant un peu plus loin, Larivière et son équipe (2007) ont observé que non seulement les aînés avaient des CIDN moins efficaces que les jeunes, mais que cette diminution était observable chez les adultes d'âge moyen (40 à 55 ans). Ainsi, le contrôle

supra spinal diminuerait dès l'âge moyen pour continuer à se dégrader avec le temps (Lariviere *et al.*, 2007). Ces différentes études ont permis de démontrer que le mécanisme des CIDN était absent, réduit ou beaucoup plus variable chez les aînés lorsque comparé à des celui des jeunes (van Wijk et Veldhuijzen, 2010). La fonction altérée des CIDN pourrait expliquer en partie l'augmentation de douleur chez les aînés (van Wijk et Veldhuijzen, 2010; Edwards *et al.*, 2003; Washington *et al.*, 2000). À la lumière de ces observations, il devient primordial de confirmer si les approches analgésiques non-pharmacologiques comme le TENS acupuncture, reposant sur l'activation des CIDN et montrées utiles chez les jeunes adultes, sont aussi efficaces chez les aînés.

3.2 La neurostimulation périphérique

3.2.1 Description et origine du TENS

Dès l'antiquité, l'électricité était utilisée pour traiter différentes douleurs. Certains poissons tels la raie électrique (*Torpedo marmorata*), le poisson-chat électrique (*Malopterurus electricus*) et l'anguille électrique (*Gymnotus electricus*) étaient connus pour avoir un potentiel analgésique lorsqu'ils étaient appliqués sur la peau (Gildenberg, 2006; Kane et Taub, 1975). Le premier stimulateur électrique à batterie est apparu plusieurs siècles suivant ces premiers traitements d'électrothérapie naturels, soit en 1902. Selon les concepteurs de l'« Electreat », celui-ci permettait non seulement de traiter les douleurs, mais était aussi renommé pour guérir plusieurs autres maladies (Gildenberg, 2006). Plus d'une soixantaine d'années plus tard, les chercheurs Ronald Melzack et Patrick Wall ont émis une hypothèse qui expliquait l'utilisation de l'électricité comme modalité analgésique. En se basant sur la théorie du portillon, la perception de la douleur dépendrait de l'équilibre entre les afférences nociceptives et non nociceptives. Ainsi, la stimulation des fibres sensorielles A β (par un courant électrique, par exemple) contrebalance les informations

provenant des fibres nociceptives A δ et C, diminuant du coup la perception de la douleur (Melzack et Wall, 1965).

Suivant l'élaboration de la théorie du portillon, l'évaluation du TENS fut réalisée pour une des premières fois deux ans plus tard. Patrick Wall et son collègue William Sweet ont stimulé, à l'aide d'un courant électrique, les nerfs sensoriels de huit participants pour traiter la douleur cutanée sévère. La stimulation de ces fibres crée une interférence avec la perception de la douleur, tout en créant une sensation d'engourdissement (Wall et Sweet, 1967). Grâce aux diverses avancées technologiques, le TENS est, de nos jours, une des modalités non pharmacologiques fréquemment utilisées en réadaptation pour soulager la douleur (O'Sullivan *et al.*, 2007).

Le TENS est un traitement non invasif, sans effets secondaires, sécuritaire et facile d'utilisation (Wright, 2012; Bélanger, 2010; Sluka et Walsh, 2003). En utilisant un courant électrique induit par des électrodes en surface de la peau, il est possible de dépolariser les fibres nerveuses A β , A δ et C pour créer une électroanalgésie (Bélanger, 2010; Sluka et Walsh, 2003). Auprès des adultes, le TENS est un très bon traitement complémentaire aux approches pharmacologiques (Elvir-Lazo et White, 2010; Bjordal *et al.*, 2003; Benedetti *et al.*, 1997).

Lors du traitement d'un patient, il est important de choisir une approche optimale pour celui-ci. Malgré que les analgésiques pharmacologiques sont encore sous-utilisés chez les aînés souffrant de douleur chronique (Weiner et Ernst, 2004; Sutton *et al.*, 2003; Moulin *et al.*, 2002), les professionnels de la santé devraient aussi utiliser des options non pharmacologiques chez ces patients (Park et Hughes, 2012). Cette recommandation est notamment supportée par l'Association de Gériatrie Américaine qui spécifie que le traitement de la douleur chez les aînés devrait combiner différentes approches analgésiques, pharmacologiques et non pharmacologiques (American Geriatrics Society, 2009). Dans la population générale, l'ajout du traitement TENS, spécifiquement, à un traitement pharmacologique a plusieurs avantages. Il permet par exemple de réduire davantage la douleur (Elvir-Lazo et White, 2010; Johnson et Martinson, 2007; AGS Panel on Persistent

Pain in Older Persons, 2002; Benedetti et al., 1997), de maximiser la fonction physique (Chabal et al., 1998; Fishbain et al., 1996), de diminuer la prise d'analgésiques et la survenue d'effets indésirables associés (Elvir-Lazo et White, 2010; Bjordal et al., 2003; Benedetti et al., 1997), de diminuer le coût des soins de santé (Elvir-Lazo et White, 2010; Chabal et al., 1998), d'augmenter la satisfaction au traitement et la qualité de vie du patient (Chabal et al., 1998; Fishbain et al., 1996)

3.2.2 Les différents types de TENS

En clinique, deux grands types de stimulations TENS sont utilisés, le TENS conventionnel et le TENS acupuncture (Marchand, 2009). Ces deux types de neurostimulations reposent sur des mécanismes d'électroanalgésie bien différents.

Le TENS conventionnel stimule préférentiellement les nerfs sensoriels non nociceptifs (fibres A β) (Bélanger, 2010). Ceci permettra d'inhiber la douleur en diminuant les messages nociceptifs transmis par les fibres A δ et C (Marchand, 2009). Son mécanisme s'explique grâce à la théorie du portillon. Une analgésie segmentaire est créée au niveau de la moelle épinière (Sluka et Walsh, 2003; Hayes, 2000). En stimulant à haute fréquence (environ 100 Hz) et à basse intensité, une sensation d'engourdissement est obtenue, et ce, sans provoquer de douleur (Hayes, 2000). Le TENS conventionnel est connu pour être une stimulation confortable (Bélanger, 2010). L'analgésie débute très rapidement, mais est cependant de courte durée (Bélanger, 2010; Hayes, 2000). Elle est aussi dépendante de la région de stimulation (Marchand, 2009).

Depuis plusieurs années, il est bien connu que les vibrations activent les fibres afférentes non nociceptives (Blumenfeld, 2002). Ainsi, l'activité des neurones nociceptifs de la moelle épinière est diminuée grâce à la vibration, créant ainsi une analgésie (Salter et Henry, 1987). La réponse synaptique, au niveau de la moelle épinière, est notamment médiée par un composé neurochimique appelé l'adénosine (De Koninck et Henry, 1992;

Salter et Henry, 1987). Ce nucléoside joue un rôle important dans le processus de transmission et modulation de la douleur (Sawynok, 1998). Il est formé à partir de l'adénosine triphosphate (ATP) qui est relâchée par les fibres afférentes primaires (Marchand *et al.*, 1995). L'inhibition de la douleur induite par vibration peut être bloquée par la caféine, un antagoniste des récepteurs purinergiques (De Koninck et Henry, 1992). Inversement, l'inhibition de la douleur est potentialisée par le dipyridamole, un inhibiteur de la recapture de l'adénosine (De Koninck et Henry, 1992). Ces deux types d'interaction pharmacologique distincts prouvent d'autant plus l'implication de l'adénosine dans l'inhibition de la douleur par vibration. Il est donc logique de conclure que le TENS conventionnel, qui active aussi les fibres non nociceptives grâce à un courant électrique, aurait lui aussi une analgésie médiée par l'adénosine. Marchand *et al.* (1995) ont décidé d'approfondir les connaissances sur le mécanisme du TENS conventionnel en vérifiant si l'adénosine était bel et bien impliquée dans l'analgésie chez l'homme. Son équipe a observé qu'il était possible de bloquer complètement l'effet du TENS suite à l'administration de caféine chez l'homme. Ainsi, l'analgésie du TENS conventionnel est aussi liée à une libération d'adénosine (Marchand *et al.*, 1995).

Depuis de nombreuses années, la recherche sur les effets du TENS portait à croire que les deux types de TENS reposaient sur deux mécanismes complètement différents. Ainsi, l'analgésie du TENS conventionnel était créée grâce au portillon dans la moelle épinière et reposait sur un mécanisme non-opioïdérique. Pour le TENS acupuncture, l'analgésie avait plutôt lieu grâce à une relâche d'opioïdes endogènes agissant au niveau spinal suite à une activation de structure du tronc cérébral (Sluka *et al.*, 1999; Han *et al.*, 1991). Pour mieux comprendre l'implication du système opioïdérique, certains chercheurs ont décidé de vérifier, à l'aide des différents antagonistes des récepteurs opioïdes, l'efficacité analgésique du TENS. Sluka *et al.* (1999) ont étudié le rôle des récepteurs μ (mu), δ (delta) et κ (kappa) dans l'hypoalgésie produite par le TENS conventionnel et le TENS acupuncture. Pour ce faire, ils ont évalué l'effet d'antagonistes des récepteurs opioïdes sur l'analgésie induite par le TENS chez le rat. Ces chercheurs ont observé qu'une faible dose de naloxone, antagoniste des récepteurs μ , pouvait complètement bloquer l'effet analgésique du TENS acupuncture tandis qu'une haute dose

de naloxone, antagoniste des récepteurs μ , δ et κ , pouvait renverser l'effet du TENS conventionnel. Cependant, si les récepteurs opioïdes δ étaient bloqués au niveau spinal, l'effet du TENS conventionnel était complètement aboli. Cet effet n'était pas observé lors du blocage des récepteurs κ . Les résultats de l'étude de Sluka *et al.* (1999) ont ainsi permis de démontrer que contrairement à ce qui était longtemps postulé, le TENS conventionnel avait lui aussi une composante opioïdergique. Cherchant à pousser plus loin, Kalra *et al.* (2001) ont observé que le TENS conventionnel et le TENS acupuncture permettaient une hypoalgésie grâce à l'activation des récepteurs opioïdes δ et μ , respectivement. Ainsi, il est connu depuis plusieurs années que l'analgésie du TENS acupuncture est liée au système opioïde chez l'homme (Sjolund et Eriksson, 1979). Cependant, l'implication des récepteurs opioïdergiques dans le TENS conventionnel chez l'humain n'a été confirmée que récemment. Léonard *et al.* (2010) ont observé qu'il était possible de renverser l'analgésie du TENS conventionnel à l'aide d'une forte dose de naloxone, venant ici confirmer les résultats précliniques de Kalra *et al.* (2001), suggérant que le TENS conventionnel avait aussi une composante opioïdergique.

Le TENS acupuncture stimule de façon répétée les nerfs moteurs et les fibres A δ et C produisant ainsi une contraction visible des muscles ainsi qu'une sensation douloureuse (Francis et Johnson, 2011; Cameron, 2009). L'analgésie créée grâce au TENS acupuncture ne repose pas sur le même mécanisme que le TENS conventionnel. Ainsi, en créant une douleur à un site, il est possible d'inhiber la douleur d'un site distinct (Calvino et Grilo, 2006). Ceci est appelé le phénomène de contre irritation (Calvino et Grilo, 2006; Willer *et al.*, 1999). L'analgésie du TENS acupuncture repose donc sur l'activation des CIDN au niveau du tronc cérébral. En créant une stimulation nociceptive à l'aide du TENS, des afférences sont transmises vers le tronc cérébral pour permettre l'envoi d'efférence inhibitrice vers les différents segments spinaux (Marchand, 2010). Ces projections inhibitrices rejoignent l'ensemble des segments spinaux, produisant une analgésie généralisée (Marchand, 2009; Hayes, 2000). Le TENS acupuncture stimule les différentes fibres à basse fréquence (< 10 Hz) et à haute intensité, et ce pour créer une analgésie de longue durée (Marchand, 2009; Cameron, 2009). L'analgésie générée par le TENS acupuncture implique le système opioïdergique (Bélanger, 2010; Kalra *et al.*, 2001; Sluka

et al., 1999). Il permet d'augmenter la relâche de neurotransmetteurs inhibiteurs comme le GABA et la sérotonine. De plus, une libération d'endorphines et enképhalines (opioïdes endogènes) est aussi observée (Wright, 2012; Sluka et Walsh, 2003; Facchinetti *et al.*, 1984; Salar *et al.*, 1981; Shimizu *et al.*, 1981).

En résumé, l'analgésie du TENS conventionnel (haute fréquence et basse intensité) est expliquée grâce à la théorie du portillon et la relâche d'opioïde se liant aux récepteurs δ . Le TENS acupuncture (basse fréquence, haute intensité) est, pour sa part, plutôt expliqué par le phénomène de contre irritation. Ayant une grande composante reliée au système opioïdurgique, il active les récepteurs μ .

3.2.3 Utilisation du TENS

3.2.3.1 Efficacité clinique du traitement TENS

Le TENS, tel que mentionné précédemment, est une modalité physique analgésique fréquemment utilisée en réadaptation. Plusieurs études ont été réalisées au fil du temps pour démontrer l'efficacité de cette technique. Ces études ont montré que le TENS s'avère efficace pour différents types de douleurs aiguës ou chroniques tels que les douleurs musculo-squelettiques, la lombalgie, la douleur arthritique, la fibromyalgie et la douleur neuropathique (Vance *et al.*, 2012; Dailey *et al.*, 2011; Brosseau *et al.*, 2010; Cheing et Luk, 2005; Marchand *et al.*, 1993). Cependant, la littérature entourant l'utilisation du TENS reste souvent contradictoire en douleur chronique (Khadilkar *et al.*, 2013) et en douleur aiguë (Walsh *et al.*, 2009). En 2010, Nnoaham et Kumbang ont observé, lors d'une revue de la littérature, le manque d'évidence supportant l'utilisation du traitement TENS pour soulager la douleur chronique (Nnoaham et Kumbang, 2010). Brosseau *et al.* (2002) ont observé, lors d'une méta-analyse, une tendance de diminution de la douleur chronique avec le TENS lorsque comparé à un traitement placebo. Toutefois, les cinq études répondant aux

différents critères d'inclusion de leur méta-analyse n'ont pas permis de démontrer un effet supérieur du TENS au groupe contrôle placebo. De plus, en douleur aiguë, quelques équipes de recherche ont démontré lors de revues systématiques et de méta-analyses un effet bénéfique (diminution de la douleur) du TENS (Simpson *et al.*, 2014; Freynet et Falcoz, 2010). Cependant, selon une autre équipe de recherche, il est impossible de conclure sur l'efficacité du TENS pour le soulagement d'une douleur aiguë puisque les données disponibles sont insuffisantes (Walsh *et al.*, 2009).

Bien que les aînés représentent une population grandissante, le nombre d'études sur l'effet du TENS dans cette tranche d'âge est beaucoup plus restreint. Ainsi, une récente revue empirique des évidences (Park et Hughes, 2012) regroupant trois études (Breit et Van der Wall, 2004; Ng *et al.*, 2003; Grant *et al.*, 1999) a montré qu'il pourrait y avoir une diminution de la douleur avec un traitement TENS conventionnel et acupuncture. Ainsi, en fouillant la littérature, il est observé que certaines études ne démontrent pas de bénéfice d'utilisation (Breit et Van der Wall, 2004; Cheing *et al.*, 2002) tandis que d'autres démontrent que le traitement TENS conventionnel ou acupuncture permet de diminuer la douleur (Law et Cheing, 2004; Ng *et al.*, 2003; Cheing *et al.*, 2003; Grant *et al.*, 1999). Parmi les études ayant démontré un effet analgésique positif, Cheing *et al.* (2003) ont observé que le TENS conventionnel, appliqué pendant 40 minutes, diminue la douleur arthritique du genou chez 60 % des participants de 50 à 80 ans (moyenne de 66 ans). Pour un traitement placebo (installation des électrodes sans aucune stimulation électrique), ces auteurs observent une diminution de seulement 9 % de l'intensité de la douleur. Pour leur part, Law et Cheing (2004) ont comparé différents types de TENS pour le traitement de la douleur arthritique du genou chez des patients ayant 83 ans d'âge moyen. Ils ont observé que le TENS conventionnel et le TENS acupuncture diminuent significativement la douleur contrairement au placebo. Un résumé des différentes études ayant pour objectif d'étudier l'efficacité du TENS chez les aînés est présenté dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Résumé des études randomisées sur l'efficacité du TENS chez les aînés

	Description des participants	Groupe d'intervention	Lacunes de l'étude	Conclusion de l'étude	Effet
(Grant <i>et al.</i> , 1999)	<ul style="list-style-type: none"> • 60-90 ans (âge moyen : 74 ans) • n= 60 • Douleur chronique lombaire 	<ol style="list-style-type: none"> 1) TENS C 2) Acupuncture traditionnelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune condition placebo 	Le TENS C et l'acupuncture ont permis de diminuer la douleur.	Positif
(Cheing <i>et al.</i> , 2002)	<ul style="list-style-type: none"> • 50-75 ans (âge moyen : 65 ans) • n= 66 • Douleur ostéoarthritique du genou 	<ol style="list-style-type: none"> 1) TENS C 2) TENS C et exercice 3) TENS P 4) Exercice seul 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune mention d'un contrôle pour les facteurs confondants 	Le TENS C a diminué la douleur clinique sans se démarquer du TENS P.	Nul
(Cheing <i>et al.</i> , 2003)	<ul style="list-style-type: none"> • 50-80 ans (âge moyen : 66 ans) • n= 38 • Douleur ostéoarthritique du genou 	<ol style="list-style-type: none"> 1) TENS C (20 minutes) 2) TENS C (40 minutes) 3) TENS C (60 minutes) 4) TENS P (60 minutes) 	<ul style="list-style-type: none"> • Petite taille d'échantillon (environ 10 sujets par groupe) 	Le TENS C a diminué la douleur de façon supérieure au TENS P.	Positif
(Ng <i>et al.</i> , 2003)	<ul style="list-style-type: none"> • 75-96 ans (âge moyen : 85 ans) • n= 24 • Douleur ostéoarthritique du genou 	<ol style="list-style-type: none"> 1) TENS A 2) Électro-acupuncture 3) Éducation (groupe contrôle) 	<ul style="list-style-type: none"> • Petite taille d'échantillon (environ 8 sujets par groupe) • Aucune condition placebo 	Le TENS A et l'électro-acupuncture ont permis de diminuer la douleur.	Positif

	Description des participants	Groupe d'intervention	Lacunes de l'étude	Conclusion de l'étude	Effet
(Breit et Van der Wall, 2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Âge moyen : 72 ans • n= 69 • Douleur post-opératoire au genou 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Médication 2) Médication et TENS 3) Médication et TENS P 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervalle d'âge non mentionné • Type de TENS de mentionné • Absence d'un groupe de TENS seul 	Aucun bénéfice n'a été observé dans l'utilisation ou non du TENS.	Nul
(Law et Cheing, 2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Âge moyen : 80 ans • n= 34 • Douleur ostéoarthritique du genou 	<ol style="list-style-type: none"> 1) TENS C 2) TENS A 3) TENS à fréquence variable 4) TENS P 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervalle d'âge non mentionné 	Le TENS C, A et à fréquence variable ont diminué la douleur de façon supérieure au TENS P.	Positif

Abréviation : TENS C = TENS conventionnel, TENS A= TENS acupuncture, TENS P = TENS placebo

Les résultats divergents présents dans les études citées plus haut peuvent s'expliquer par un manque de puissance statistique. C'est pour combler cette lacune que Johnson et Martinson (2007) ont réalisé une nouvelle méta-analyse qui combinait tous les types de douleurs musculo-squelettiques dans la population générale. En augmentant ainsi le nombre d'études retenues dans la méta-analyse, ils ont pu montrer que le TENS conventionnel et acupuncture diminuent la douleur, et ce, de façon nettement supérieure à un traitement placebo. Cette étude a permis de montrer que le TENS était efficace pour diminuer la douleur musculo-squelettique. Cependant, en combinant différents types de douleurs, cette étude possède une très grande hétérogénéité dans les types de douleurs et dans la population étudiée (Johnson et Martinson, 2007). Il est alors impossible de constater si le TENS est plus efficace sur un type de douleur contrairement à un autre (exemple : douleur lombaire versus douleur au genou) ou si l'efficacité du TENS est affectée par l'âge des participants.

Malgré que l'efficacité clinique du TENS pour les douleurs musculo-squelettiques ait été suggérée pour la population générale, beaucoup d'ambiguïté demeure pour l'utilisation de cette intervention chez les aînés. De plus, le faible nombre d'études chez cette tranche de la population ne permet pas une comparaison entre les différents types de TENS. Puisque les deux types de TENS reposent sur des mécanismes distincts, la réponse au TENS conventionnel et au TENS acupuncture pourrait être différente chez les aînés. Sachant que l'efficacité de certains MECD diminue avec l'âge, il est d'autant plus pressant d'observer si le vieillissement a un impact sur l'efficacité des différents types de stimulation TENS. De plus, peu d'études chez les aînés incluent un traitement placebo, ne permettant pas de s'assurer que le traitement actif se démarque de l'effet placebo. Ainsi, pour pallier les différentes lacunes observées, une étude devait être menée pour identifier la réponse aux différents types de traitement TENS chez les aînés tout en la comparant à celle d'un traitement placebo.

3.2.3.2 Efficacité analgésique du TENS pour les douleurs expérimentales

Il est possible d'induire en laboratoire une douleur dite expérimentale en contrôlant la nature, la localisation, la durée ainsi que l'intensité d'un stimulus douloureux. L'expérimentateur est en mesure de venir quantifier les réponses psychophysique, comportementale et neurophysiologique lors de la création d'une douleur en laboratoire (Staaht et Drewes, 2004). Les paradigmes de douleurs expérimentales ont plusieurs avantages comparativement aux douleurs cliniques. Par exemple, ils permettent aux chercheurs de standardiser les niveaux de douleurs et de contrôler les types de douleurs (Foster *et al.*, 1996; Woolf, 1979). Ces paradigmes expérimentaux permettent aussi d'avoir un contrôle accru sur l'attention, l'anxiété et l'information donnée aux participants (Woolf, 1979). L'utilisation de la douleur expérimentale est devenue une technique couramment utilisée pour évaluer le potentiel analgésique d'un médicament ou d'une intervention thérapeutique (Walsh *et al.*, 1995).

Par l'intermédiaire de l'utilisation d'un paradigme de douleur expérimentale, l'efficacité du TENS a souvent été étudiée. Différents stimulus ont été utilisés pour provoquer une douleur expérimentale contrôlée en laboratoire et d'évaluer l'efficacité analgésique du TENS. L'effet du TENS a été étudié sur des douleurs thermiques froides (*cold pain pressor*) (Chen et Johnson, 2010a), des douleurs thermiques chaudes (*heat pain*) (Leonard *et al.*, 2010; Marchand *et al.*, 1991), des douleurs ischémiques (Seenan *et al.*, 2012; Walsh *et al.*, 1995), des douleurs mécaniques (Chen et Johnson, 2010b; Claydon *et al.*, 2008) et des douleurs causées par des stimulations électriques (Noling *et al.*, 1988). Plusieurs études ont permis d'observer l'effet hypoalgésique du TENS en utilisant une douleur expérimentale. Ainsi, Chersterton et ces collaborateurs (2002) ont étudié l'efficacité du TENS en vérifiant son impact sur le seuil de douleur lors d'une pression mécanique sur les muscles interosseux de la main chez de jeunes adultes. Le TENS conventionnel et le TENS acupuncture ont tous les deux permis d'augmenter le seuil de douleur (création d'une analgésie). De plus, aucune différence n'était observée entre les deux types de traitement TENS. Une revue systématique (Claydon *et al.*, 2011) a récemment été réalisée pour observer l'efficacité du TENS dans différents modèles de douleurs expérimentales comme par exemple la douleur thermique (chaud et froid), la douleur mécanique, la douleur ischémique et la douleur électrique. Ils ont observé que l'effet hypoalgésique du TENS était nettement lié au paramètre d'utilisation (tel la fréquence, l'intensité et le site de stimulation) ainsi que le paradigme de douleur expérimentale choisi. Les études sur l'efficacité du TENS lors d'une douleur expérimentale sont absentes chez les aînés. Il serait donc intéressant d'étudier la réponse analgésique du TENS lorsqu'une douleur expérimentale est provoquée. Ce type d'étude permet de s'assurer que chaque participant a une douleur comparable à chaque séance, et ce, entre chacun des participants de l'étude. L'utilisation de la douleur expérimentale permet aussi d'étudier plusieurs aspects de la douleur.

3.2.3.2 Les différents facteurs affectant l'efficacité du TENS

Plusieurs facteurs peuvent facilement influencer l'efficacité du traitement TENS (Sluka et al., 2013b; Sluka et al., 2013a; Bergeron-Vezina et Leonard, 2013). Les prochains paragraphes décriront différents facteurs tels les diverses interactions pharmacologiques, le positionnement des électrodes, l'intensité de la douleur avant le traitement TENS ainsi que les paramètres d'utilisation du TENS et son usage répété.

a) Interactions pharmacologiques

Il est bien établi que l'analgésie induite par le TENS est liée aux récepteurs opioïdes. Ainsi, le TENS acupuncture active les récepteurs μ tandis que le TENS conventionnel implique les récepteurs δ (Sluka et Walsh, 2003). Une panoplie de médicaments analgésiques disponibles sur le marché cible les récepteurs μ tels que la morphine, la codéine, le fentanyl, la méthadone, etc (Keith *et al.*, 1998). Léonard *et al.* (2011) ont vérifié si une consommation quotidienne de morphine depuis quatre mois et plus pouvait modifier l'efficacité du TENS conventionnel et acupuncture chez des patients ayant des douleurs chroniques. Ils ont montré que les patients traités avec des analgésiques opioïdiques (consommation régulière) avaient une diminution de la douleur beaucoup plus faible lors de l'utilisation du TENS acupuncture. Lors de la consommation d'opioïde de façon régulière, il est possible de développer une tolérance aux opioïdes causés, par exemple, par une accumulation de métabolites qui interfère avec le récepteur, une diminution de la sensibilité du récepteur ou une internalisation du récepteur (Dumas et Pollack, 2008). Ainsi, il est possible de développer une tolérance croisée si deux substances ou interventions agissent sur le même récepteur pharmacologique, ce qui semble être observé dans l'étude de Léonard et al. (2011) par une diminution de l'efficacité du TENS acupuncture. Cependant, la prise d'opioïde ou non n'influçait pas l'efficacité du TENS conventionnel qui agit sur un récepteur différent de celui de la morphine.

Enfin, Marchand et al. (1995) ont démontré qu'une petite dose de caféine (200 mg) pouvait bloquer l'effet analgésique du TENS conventionnel. Il est bien connu que la caféine est un antagoniste des récepteurs de l'adénosine (Ribeiro et Sebastiao, 2010). Il est donc possible que la prise de caféine interfère avec l'effet analgésique du TENS qui lié à une libération d'adénosine. (voir section 3.2.2 pour une explication détaillée de l'implication de l'adénosine dans le TENS conventionnel). Une dose de 200 mg représente seulement 2 à 3 cafés (Marchand, 2009). Pour assurer un traitement optimal, il serait préférable de séparer la prise de caféine et l'utilisation du TENS de 6 heures en fonction de la demi-vie ($T^{1/2}$) de la caféine qui est de 4 à 6 heures (Benowitz, 1990).

Ainsi, comprendre le mécanisme d'action d'une intervention est primordial pour produire le meilleur soulagement possible pour le patient (Sluka et Chandran, 2002). Tel que mentionné précédemment, certains médicaments, tels la morphine et ses analogues, peuvent diminuer l'efficacité du TENS par un phénomène de tolérance croisé (Dumas et Pollack, 2008). Inversement, certains médicaments peuvent avoir un effet synergique avec le TENS et venir bonifier l'effet analgésique. Par exemple, la clonidine, un agoniste des récepteurs α_2 -adrénergiques, utilisée en combinaison avec le TENS, augmente l'effet anti-hyperalgésique du TENS (Sluka et Chandran, 2002).

b) Positionnement des électrodes

Pour maximiser l'analgésie créée par le TENS, les électrodes doivent être positionnées de façon optimale (Buonocore *et al.*, 2013; Marchand, 2009). L'utilisation d'un même site de stimulations pour différents patients ayant des conditions similaires n'est pas toujours indiquée (Mannheimer, 1978). Dans la littérature, le positionnement de celles-ci varie beaucoup. Elles peuvent être placées au site de la douleur du patient, près du dermatome, en proximité du site douloureux, près des nerfs périphériques ou à d'autres points spécifiques d'acupuncture (Cheing et Chan, 2009; Sluka et Walsh, 2003;

Mannheimer, 1978). Il a aussi été observé que la distance entre les électrodes joue un rôle crucial (Gomez-Tames *et al.*, 2012). En résumé, le choix du site de stimulation devrait être fait selon l'étiologie, l'emplacement et les caractéristiques de la douleur, et ce pour chaque patient individuellement afin d'optimiser l'effet analgésique du traitement (Sluka et Walsh, 2003; Hayes, 2000; Chen *et al.*, 1998; Mannheimer, 1978).

c) Intensité de la douleur

En 1997, Benedetti *et al.* ont étudié l'efficacité du TENS chez 342 patients ayant eu recours à différentes chirurgies thoraciques (intensité de douleur liée à la chirurgie variable) (Benedetti *et al.*, 1997). Leurs résultats montrent que l'intensité de la douleur clinique affecte grandement l'efficacité de cette modalité analgésique. En particulier, les chercheurs ont montré qu'une douleur sévère est moins bien soulagée avec le TENS qu'une douleur dite légère ou modérée. Ainsi, selon Benedetti et al. (Benedetti et al., 1997), un patient ayant des douleurs légères à modérées bénéficiera davantage du traitement lorsque comparé à patient avec des douleurs sévères.

d) Paramètres de la stimulation et usage répété

Lors de l'utilisation du TENS, les paramètres de stimulation tels que la fréquence, l'intensité ainsi que le site de stimulation doivent être choisis pour permettre d'avoir un effet hypoalgésique optimal (Claydon *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2008; Chesterton *et al.*, 2003; Chesterton *et al.*, 2002). L'intensité de la stimulation joue un rôle primordial. Moran *et al.* (2011) ont observé une relation dose-réponse pour l'intensité de la stimulation; plus l'intensité est forte, plus les effets analgésiques sont grands. Pour le TENS conventionnel, une stimulation forte, mais confortable (au-dessus du seuil sensoriel) produit une meilleure hypoalgésie qu'une faible intensité sous le seuil sensoriel ou un placebo. L'intensité doit

être ajustée pendant l'utilisation du TENS. Celle-ci doit être augmentée tout au long de l'application pour promouvoir l'effet hypoalgésique (Pantaleao *et al.*, 2011). Une augmentation continue de l'intensité pourrait permettre d'augmenter non seulement la dose du traitement TENS, mais pourrait aussi permettre de retarder le développement de la tolérance analgésique au TENS (Liebano *et al.*, 2011). En clinique, le TENS conventionnel devrait avoir une stimulation suffisamment intense pour ressentir un engourdissement sans produire de la douleur. Le TENS acupuncture, pour sa part, devrait être administré à haute intensité en ayant une stimulation au seuil de tolérance du patient (Marchand, 2009). L'intensité devrait toujours être ajustée pour contrer l'habituation (Sluka *et al.*, 2013b; Vance *et al.*, 2012) et retarder la tolérance analgésique (Liebano *et al.*, 2011).

3.3 En résumé

La douleur est une pathologie omniprésente touchant des millions de personnes au Canada. Ce phénomène biologique est une suite d'événements neurophysiologiques complexes qui permet au corps de percevoir cette sensation désagréable. Un influx nerveux est transmis des fibres nerveuses en périphérie jusqu'au cortex, et ce en transitant dans la moelle épinière et le tronc cérébral. Ainsi, différents niveaux de modulation de la douleur sont présents dans ces différents relais pour contrôler la douleur ressentie. Le portillon se trouve au niveau de la moelle épinière et permet de moduler les informations obtenues des fibres nerveuses périphériques. De plus, les contrôles inhibiteurs diffus nociceptifs sont un exemple de modulation présent au niveau du tronc cérébral. Les centres supérieurs jouent aussi un rôle très important lors du contrôle de la douleur (ex : l'effet placebo).

Il est bien connu que le vieillissement a un impact majeur sur les niveaux de douleurs. Ainsi, plusieurs changements sont observés avec l'âge non seulement au niveau musculaire, mais aussi au niveau neurologique. La prévalence de douleur chez les aînés augmente considérablement, affectant plus d'un aîné sur deux. La douleur a un très grand impact sur la qualité de vie et entraîne de nombreuses conséquences. Malgré l'ampleur des

évidences des effets néfastes de la douleur chez les aînés, celle-ci reste souvent sous-diagnostiquée et sous-traitée. Il est recommandé de prendre en charge la douleur en incluant des options pharmacologiques et des options non pharmacologiques. Ainsi, le TENS est un traitement très intéressant chez les aînés puisqu'il est non invasif, sans effets secondaires et sécuritaire. Deux grands types de stimulations TENS sont utilisés en clinique, soit le TENS conventionnel et le TENS acupuncture. Ces deux types de TENS reposent sur des mécanismes complètement distincts. Plusieurs études ont été faites au fil du temps pour valider l'utilisation et l'efficacité du TENS. À ce jour, un faible nombre d'études ont été réalisées chez les aînés. De plus, ces études ne permettaient pas une comparaison optimale entre les différents types de TENS et face à un traitement placebo. Sachant que plusieurs changements neurologiques sont présents avec l'âge, il devient donc impératif d'évaluer l'efficacité des deux types de TENS utilisés dans cette tranche d'âge, tout en respectant différents facteurs confondants qui pourraient altérer l'efficacité du TENS.

CHAPITRE IV

4.1 Objectifs

Le présent projet avait pour objectif d'évaluer l'efficacité de la neurostimulation périphérique chez les aînés. Plus spécifiquement, cette étude visait à (1) comparer l'efficacité analgésique des deux principaux types de stimulations TENS chez les aînés, soit le TENS conventionnel (haute fréquence, basse intensité) et le TENS acupuncture (basse fréquence, haute intensité) à l'aide de mesure de l'intensité de la douleur et du seuil de perception la douleur, (2) déterminer si la réponse analgésique, suite au TENS, observée chez les aînés est différente de celle des jeunes adultes et (3) d'observer si l'effet analgésique du TENS se démarque de l'effet placebo chez les aînés et les jeunes adultes. Pour ce faire, l'analgésie était mesurée de 2 façons soit en mesurant l'effet du TENS sur l'intensité de la douleur (CoVAS) et en mesurant l'effet du TENS sur les seuils de douleur.

À la lumière des études précédentes stipulant que l'efficacité des mécanismes endogènes diminue avec l'âge (Lariviere *et al.*, 2007; Edwards *et al.*, 2003), les hypothèses suivantes étaient émises : (1) le TENS acupuncture sera moins efficaces que le TENS conventionnel chez les aînés, (2) les aînés répondront moins bien au TENS acupuncture et au TENS conventionnel comparativement aux jeunes adultes. Aucune hypothèse n'a cependant été émise pour l'objectif 3.

4.2 Pertinence du projet de recherche

La présente étude va permettre de mieux outiller les cliniciens travaillant avec les aînés. Ceux-ci pourront offrir une approche plus personnalisée du traitement de la douleur grâce à une connaissance plus approfondie de la stimulation TENS à travers les âges. Ainsi,

il sera possible pour les cliniciens de choisir l'approche analgésique la plus appropriée pour leurs patients, et ce en fonction de leur âge grâce à la présente étude qui évaluera si le TENS est une avenue de traitement efficace dans cette tranche de la population.

En plus de ces retombées cliniques importantes, ce projet de recherche va permettre d'approfondir les connaissances sur les différents mécanismes d'action du TENS soit les mécanismes spinaux (TENS conventionnel) et les mécanismes supra-spinaux (TENS acupuncture). Il sera aussi possible de déterminer l'impact du vieillissement sur les MECD situés au niveau de la moelle épinière (mécanismes spinaux) et du tronc cérébral (mécanismes supra spinaux).

CHAPITRE V : ARTICLE SCIENTIFIQUE**Reduced analgesic efficacy of high and low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in elderly individuals**

Auteurs de l'article: Kayla Bergeron-Vézina, Marylie Martel, Marie-Philippe Harvey, Hélène Corriveau et Guillaume Léonard

Statut de l'article: Soumis dans la revue scientifique *PAIN* (novembre 2014)

Avant-propos: La collecte des données ainsi que la rédaction de l'article scientifique ont été réalisées par Kayla Bergeron-Vézina (premier auteur). Les différents coauteurs ont lu et apporté leurs commentaires sur le présent article pour bonifier son contenu scientifique. Les corrections et améliorations de l'article ont été apportées par la première auteure avec l'aide des directeurs de recherche et ce, pour obtenir une version finale satisfaisante pour tous les auteurs tout en respectant les standards et exigences de la revue scientifique *PAIN*. Les références du présent papier sont présentées selon les exigences de la revue scientifique. Une autorisation a été reçue par tous les co-auteurs de l'article pour permettre la publication de celui-ci dans le présent mémoire.

Résumé de l'article

Introduction: La douleur chronique est une pathologie omniprésente dans notre société touchant de nombreux aînés. La neurostimulation périphérique (TENS) est une modalité de traitement couramment utilisée en réadaptation pour soulager la douleur. Cependant, à ce jour, l'efficacité analgésique du TENS reste peu documentée chez les aînés.

Objectif: Le but de la présente étude est d'évaluer l'efficacité analgésique du TENS conventionnel et acupuncture chez les aînés et d'observer si la réponse analgésique au TENS est semblable entre des aînés et des jeunes adultes.

Méthodologie: Quinze aînés et quinze jeunes adultes ont participé à cet essai croisé randomisé (double insu). Les volontaires ont reçu trois interventions de neurostimulation dans un ordre aléatoire: une session de TENS conventionnel, une session de TENS acupuncture et une session de TENS placebo (traitement simulé). Une douleur expérimentale a été créée à l'aide d'une thermode de type Peltier dans la région lombaire. Les participants devaient mesurer l'intensité d'une douleur thermique tonique (120 secondes) grâce à une échelle visuelle analogue reliée à un ordinateur. Les mesures de douleur étaient prises avant, pendant et après l'application d'un traitement TENS de 25 minutes.

Résultats: Chez les jeunes adultes, une diminution cliniquement significative de la douleur a été observée avec un traitement de TENS conventionnel et de TENS acupuncture. De plus, ces deux derniers se distinguaient du traitement placebo. Inversement, chez les aînés, le TENS conventionnel et le TENS acupuncture n'a pas diminué la douleur d'un point de vue à la fois statistique et clinique.

Conclusion: Les présents résultats suggèrent que les aînés ne répondent pas aussi bien à un traitement TENS que les jeunes adultes. Des travaux futurs sont nécessaires afin de trouver des approches pour bonifier l'effet du TENS lors de son utilisation chez les aînés.

Reduced analgesic efficacy of high and low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in elderly individuals

Kayla Bergeron-Vézina ^{1,2}, Hélène Corriveau ^{1,2}, Marylie Martel ^{1,2}, Marie-Philippe Harvey ^{1,2} and Guillaume Léonard ^{1,2}

¹ Université de Sherbrooke, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Sherbrooke, Quebec, Canada, J1H 5N4.

² Research Center on Aging, CSSS-IUGS, Sherbrooke, Qc, Canada, J1H 4C4

Keywords: Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS); pain; analgesia; aging; elderly; rehabilitation; physical therapy; physiotherapy; pain threshold; conditioned pain modulation; segmental analgesia

Pages: 27

Tables: 3

Figures: 2

Corresponding author: Guillaume Léonard, P.T., Ph.D.
Centre de recherche sur le vieillissement
CSSS-IUGS
1036, rue Belvédère Sud
Sherbrooke (Québec) J1H 4C4
Telephone: 819-820-6868 ext. 45246
Fax: 819-820-6864
Email: guillaume.leonard2@usherbrooke.ca

Abstract

Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) is a non-pharmacological modality that is commonly used to relieve pain. To date, the analgesic efficacy of TENS remains poorly documented in elderly individuals. The objectives of this study were to compare the analgesic efficacy of high-frequency (HF-TENS), low-frequency (LF-TENS) and placebo TENS (P-TENS) in a group of elderly adults, and to determine if the analgesic response obtained in the elderly is different from the one observed in young adults. Fifteen elderly individuals (mean age 67 ± 5 years old) and fifteen young adults (26 ± 5 years old) took part in this randomized, double blind, crossover study. Participants came to the laboratory on three separate occasions to receive, in random order, HF, LF and P-TENS. Experimental pain was evoked with a 10 cm^2 thermode applied on the lumbar spinal area for two minutes, during which subjects were asked to evaluate their pain intensity with a computerized visual analogue scale. For the young group, there was a significant decrease in pain during and after HF and LF-TENS when compared to baseline, with both HF and LF-TENS being superior to P-TENS. In the older group, HF and LF-TENS did not reduce pain when compared to baseline, and no difference was observed between the two active TENS sessions and P-TENS. Our results suggest that HF and LF-TENS are effective in young, but not in older individuals. Future studies should be conducted to identify strategies that could enhance TENS analgesia in the elderly.

1. Introduction

Chronic pain is a prevalent healthcare condition, affecting approximately 100 million adults in the United States [15]. The prevalence of chronic pain significantly increases with age, with more than 50% of elderly people reporting persistent pain [24,45,54]. According to the American Geriatrics Society, seniors suffering from persistent pain should receive both pharmacological and non-pharmacological treatment options [1]. However, the analgesic efficacy of many non-pharmacological approaches used today in older individuals has yet to be confirmed [44].

Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) is a non-pharmacological modality that is commonly used in rehabilitation to reduce pain [50]. The most common TENS stimulation parameters used are high frequency, low intensity stimulations (> 10 Hz, comfortable intensity; HF-TENS) and low frequency, high intensity stimulations (< 10 Hz, strong intensity; LF-TENS) [14,25]. HF-TENS stimulations allow the depolarization of A β fibers, producing segmental analgesia via gate-control mechanisms [20,39]. On the other hand, the strong stimulations induced by LF-TENS depolarize A δ and C fibers and decrease pain via activation of descending pain modulating mechanisms originating from the brainstem [21,26,34,55]. Both HF and LF-TENS produce their analgesia via the release of endogenous opioids, with δ opioid receptors mediating the analgesia of HF-TENS and μ opioid receptor mediating the analgesia of LF-TENS [28,30,49,52].

Past studies have shown that TENS can help reduce pain [7,25], analgesic consumption and the medication related side-effects [8,19]. These advantages are of particular interest for clinicians working with the elderly, a portion of the population who are often heavily medicated and prone to pharmacological side-effects [3,47]. Unfortunately, studies looking into the clinical efficacy of TENS are mainly performed on young adults or on age-heterogeneous populations, and the clinical efficacy of TENS in the elderly population remains poorly documented. To our knowledge, very few studies have specifically evaluated the analgesic effect of TENS in elderly participants (see for instance

[10,23,42]). Although interesting, these studies have important limitations (absence of placebo condition, incomplete description of the study's population or of the TENS treatments), hence precluding any final conclusion that can be made regarding the efficacy of TENS in elderly people. The aim of the present study was to fill this knowledge gap and determine if TENS is an effective treatment option for older individuals. More specifically, the objectives were to (1) compare the analgesic efficacy of HF-TENS, LF-TENS and placebo (P) TENS in a group of elderly individuals and (2) determine if the pattern of analgesic response obtained in the elderly following TENS application is similar to the one obtained in young adults.

2. Methods

2.1 Participants

Fifteen young adults aged between 21-39 years (mean age 26 ± 5 years; 6 men) and fifteen older adults aged between 58-74 years (mean age 67 ± 5 years; 6 men) were included in the study. Participants were excluded if they were pregnant and/or had a pacemaker (TENS contraindications), used opioids in the last 6 months [29,51] or if they had an existing neurological or pain condition affecting the lumbar region. Every participant was asked to refrain from consuming caffeine [37] and short-term analgesics six hours before testing and tobacco products two hours before testing. The experiment took place at the Research Center on Aging of the Health and Social Services Centre - University Institute of Geriatrics of Sherbrooke (Sherbrooke, Quebec, Canada). Subjects were recruited through local ads and were all French-speaking community-dwelling individuals. The study was approved by the local institutional ethics committee and each participant provided informed written consent before participating in the study.

2.2 Experimental design

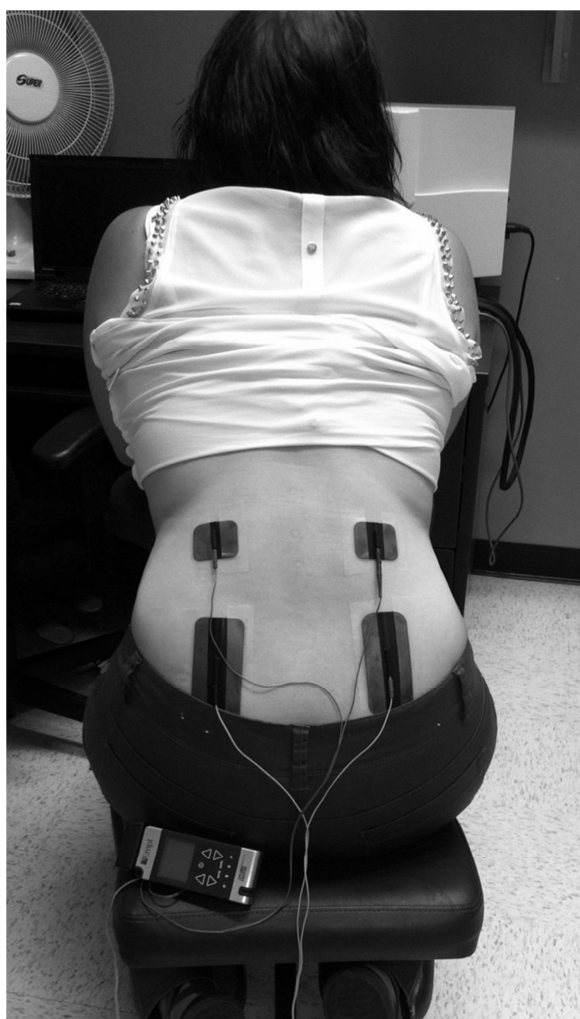
A double-blind placebo-controlled crossover design was used. Volunteers received three interventions, during three separate sessions (1 week interval), in random order: (1) HF-TENS, (2) LF-TENS and (3) placebo TENS (P-TENS). Randomization was performed using a random numbers table, controlling for presentation order. Controlling for presentation order ensured that an equal number of participants were randomized to each possible permutation level. Each time, the tonic heat pain test was performed on four occasions: (1) at baseline (T0), (2) during TENS (after 15 minutes of TENS stimulation; T1), (3) immediately after TENS (T2) and (4) 30 minutes after TENS application (T3). Heat pain thresholds (HPT) were also measured at baseline, during TENS (after 15 minutes of TENS stimulation) and immediately after TENS.

2.3 Tonic heat pain model

Participants were seated comfortably in a massage chair (see Figure 1). A pre-testing session was first carried out in order to familiarize participants with the computerized visual analogue scale (CoVAS; Medoc, Advanced Medical Systems, Minneapolis) and to determine the temperature that would be used during the two-minute tonic heat pain test. This pre-test was performed with a 10 cm² Peltier-type thermode (Medoc, Advanced Medical Systems, Minneapolis) applied to the thoracic region. Participants were advised that the thermode temperature would gradually rise from 32 °C to 51 °C (rising rate = 0.3 °C/s). During the first pre-test, subjects verbally reported their pain perception threshold and pain tolerance threshold. On the second pre-test, subjects were given the CoVAS and advised that they would have to start moving the cursor towards the right (towards the “100” mark) when they would start to feel pain (pain perception threshold) and that the cursor would need to be at the extreme right (at the “100” mark) when pain was intolerable (pain tolerance threshold). This procedure was repeated until the

subject's pain reports were consistent between trials. The temperature used during the following experimental heat pain test was determined by selecting the temperature for which the subject had rated the pain intensity at 50/100 (moderate pain) with the CoVAS (see Leonard et al. [30] for a similar approach). The decision to use a test stimulus that would produce moderate levels of pain was based on the observations of Benedetti et al. [6] who reported that TENS is effective for mild or moderate pain, but not for severe pain.

Figure 1 : TENS application



Following the pre-test, participants were given a 10 min rest period before the experimental test began. The tonic pain test was performed with the application of the thermode at a constant temperature applied on the lumbar region for 2 minutes. Subjects were told that the thermode temperature could rise, remain stable or decrease and that they would need to evaluate their pain with the CoVAS throughout the 2 minutes of the test. In fact, after a constant rise (1 °C/s) from baseline (32 °C) to the individually predetermined temperature, the thermode's temperature remained constant throughout the times of the test.

2.4 Heat pain threshold (HPT)

HPT were evaluated in the lumbar region with the Peltier-type thermode. The threshold was determined using the method of limits [40,56]. Participants were advised that the temperature of the thermode would gradually increase and that they would need to report their first pain sensation by clicking on the left button of a computer mouse (baseline = 32 °C; rising rate = 1 °C/sec). A total of three HPT values were taken at each time measure. The three values of the same time measure were then averaged to obtain a single HPT value.

2.5 TENS stimulation protocol

For each visit, TENS stimulations were delivered using two pairs of rubber silicone electrodes connected to a digital Eclipse Plus apparatus (Empi®, St-Paul, Minnesota). Electrodes were placed on the lower thoracic and lumbar region (see Figure 1). For HF-TENS, the frequency was set at 100 Hz, the pulse duration at 60 µs and the intensity was adjusted to produce strong and comfortable (innocuous) tingling sensations [5,34]. For the LF-TENS, the frequency was set at 3 Hz, the pulse duration at 400 µs and the intensity was adjusted to produce strong and painful sensations [5,34]. For the P-TENS, the frequency

was set at 100 Hz, the pulse duration at 60 μ s. However, the TENS apparatus was turned “OFF” using a hidden device which disabled the electrodes without changing the display on the equipment (electric stimulation applied to built-in resistors). The participants were led to believe that there was an electric current (indication of stimulation on the TENS device) but in reality, electric current was dissipated as heat in the resistors (no electrical stimulation given to the participants). For all TENS conditions, the stimulation was applied for 25 minutes and the intensity was raised for HF and LF-TENS, if needed, at minutes 10 and 20 of stimulation, based on the participant’s sensation, to account for nerve habituation [32,43].

2.6 Data analysis

To facilitate comparisons, pain intensity ratings obtained during the two-minute tonic heat pain test were averaged and the mean was used in subsequent analyses. The study was designed to detect a difference of 20 points on the CoVAS (clinically important difference [22]). To detect this difference, with 80% power and a 5% significance level, we calculated that 15 participants per group (30 participants in total) had to be enrolled in the study (estimated standard deviation of 14, based on preliminary results). Sample size was calculated using nQuery Advisor® (version 4.0., Statistical Solutions, Cork, Ireland). Because of the small number of subjects and since visual inspection of the histograms did not allow us to assume that the data were normally distributed, non-parametric tests were used. Differences were considered to be significant if $p < 0.05$ was obtained. Bonferroni corrections were applied to all post-hoc multiples analyses to prevent for type I errors. All tests were performed using SPSS® (version 17.0 for Windows®, Chicago, IL, USA).

3. Results

3.1 Participants characteristics and stimulation parameters

The characteristics of the participants and stimulation parameters are presented in Table 1. Each group was composed of 9 women and 6 men. Of the 30 participants, 6 (3 in the young group and 3 in the older group) identified the presence of a placebo treatment (success rate for blinding of 80%).

Table 1 : Groups characteristics.

		Young (n=15)	Older (n=15)	p values
Age [years] §		26 ± 5	67 ± 5	0.00 *
Sex (F/M) ‡		9 / 6	9 / 6	1.00
Thermode temperature [°C] §	HF-TENS	45.5 ± 2,1	46.4 ± 2.3	0.09
	LF-TENS	45.6 ± 2.1	46.1 ± 2.5	0.41
	Placebo	45.5 ± 2.2	46.3 ± 2.2	0.24
Intensity of TENS stimulation after 20 minutes of stimulation [mA] §	HF-TENS	33.7 ± 6.8	36.0 ± 8.7	0.63
	LF-TENS	27.4 ± 11.3	31.5 ± 8.8	0.14

§Mann-Whitney test

‡Chi² test

*Statistically significant

3.2 Baseline pain measures

The mean pain intensity ratings obtained at baseline (T0) showed that every participant experienced pain before TENS application (all pain intensity scores > 7). The mean thermode pain scores obtained before TENS application are presented in Table 2. As can be seen from the table, baseline pain scores were comparable for the three TENS conditions and between the two age groups. There was a slight difference between the two age groups for the HF-TENS condition. The difference did not however reach statistical ($p = 0.05$) or clinical significance [22].

Table 2 : Baseline intensity pain score before HF-TENS, LF-TENS or placebo treatment.

	HF-TENS §	LF-TENS §	Placebo §	p
Young (n=15) †	41.2 ± 14.6	41.5 ± 12.9	36.1 ± 12.6	0.61
Older (n=15) †	32.4 ± 11.4	34.7 ± 14.1	34.0 ± 16.5	0.59
p	0.05	0.15	0.51	

§Mann-Whitney test

†Friedman test

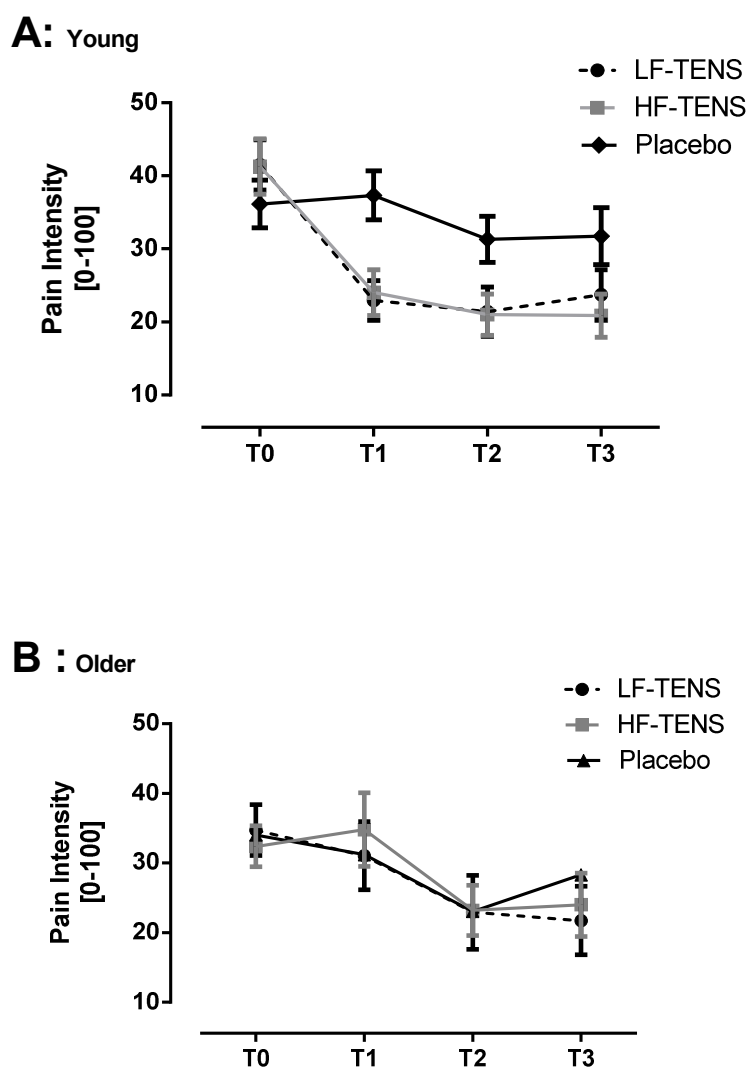
3.3 Pain intensity

The average pain intensity scores obtained before, during and after the different TENS conditions in young individuals are presented in Figure 2A. Pain intensity decreased with both HF and LF-TENS. Friedman tests and post-hoc Wilcoxon signed-rank tests confirmed that there was a significant reduction in pain during (T1) and after TENS application (T2 and T3) in young individuals when compared to baseline for both HF and LF-TENS (all p values < 0.01). The reduction in pain was both statistically and clinically significant (pain reduction > 20 points [22]). No change was observed following P-TENS (p = 0.28). A significant difference was observed at T1 between HF-TENS and P-TENS, and between LF-TENS and P-TENS (all p-values \leq 0.05). No difference was observed between HF-TENS and LF-TENS at T1 (p = 1.0) and between the three TENS conditions at T2 and T3 (all p-values > 0.29).

The average pain intensity scores obtained before, during and after the different TENS conditions in older individuals are shown in Figure 2B. When compared to baseline, there was no change in pain during and after TENS application (all p-values \geq 0.07). No significant difference was observed between the three TENS conditions at T1, T2 and T3 (all p-values \geq 0.20).

Figure 2 : Pain intensity before (T0), during (T1), immediately after (T2) and 30 minutes after TENS application (T3) in young (A) and older (B) participants.

When compared to baseline, there was a significant reduction in pain during and after HF and LF-TENS in young (all p values ≤ 0.01) but not in older individuals (all p-values ≥ 0.1). For the young group, a significant difference was observed at T1 between HF-TENS and P-TENS, and between LF-TENS and P-TENS (all p-values ≤ 0.05). No significant difference was observed between the three TENS conditions in the older group (all p-values > 0.20).



3.4 Heat pain threshold (HPT)

The HPT values obtained before, during and after TENS are presented in Table 3. In the young group, the Friedman tests showed that HF, LF and P-TENS all modified HPT. Post hoc Wilcoxon signed-rank tests revealed that HPT increased during and after HF-TENS when compared to baseline (all p-values < 0.01). For LF-TENS, HPT increased after (p < 0.05), but not during (p = 0.69) TENS application. For P-TENS, HPT increased during (p < 0.05), but not after (p = 0.19) TENS application. In the older group, the Friedman tests showed that LF-TENS, but not HF and P-TENS, altered HPT. Post-hoc Wilcoxon signed-rank tests revealed that HPT increased during and after LF-TENS when compared to baseline (all p-values < 0.05).

Table 3 : Variation of heat pain threshold after HF-TENS, LF-TENS or placebo treatment.

	Type of TENS	HPT baseline	HPT during TENS	HPT post-TENS	p values
Young (n= 15)	HF-TENS	41.9 ± 2.8	43.0 ± 2.8	43.0 ± 2.8	0.01 *
	LF-TENS	42.9 ± 2.5	43.2 ± 2.8	43.8 ± 2.6	0.03 *
	Placebo	42.2 ± 2.4	42.9 ± 2.7	42.8 ± 2.9	0.03 *
Older (n = 15)	HF-TENS	42.6 ± 2.3	43.7 ± 2.1	43.7 ± 1.8	0.05
	LF-TENS	43.1 ± 2.5	44.2 ± 1.9	44.5 ± 1.5	0.01 *
	Placebo	42.4 ± 2.6	42.6 ± 2.8	42.7 ± 3.1	0.53

*Statistically significant

3.5 Conditioning effect

Because previous studies have observed that the conditioning effects provided by the experience of placebos can influence the results of clinical trials [2,30,31], we performed between-subject analyses to determine if the pattern of analgesic response observed following HF and LF-TENS applications was influenced by the order of presentation. To do this, delta pain scores, representing pain reductions experienced after HF and LF-TENS applications (delta pain score = pain at baseline – pain after TENS), were calculated and compared between participants who received P-TENS during their first session and those who received HF and LF-TENS during their first session. The analyses revealed that the order of presentation did not influence the pattern of results (i.e., similar analgesia following HF and LF-TENS for participants who received P-TENS during their first visit and participants who received HF or LF-TENS during their first visit; $p > 0.53$).

4. Discussion

The aim of the present study was to evaluate the analgesic effect of HF and LF-TENS in elderly individuals and to determine if the analgesic response induced by HF and LF-TENS is comparable in older and in young individuals. The analyses of pain ratings obtained during the experimental heat pain paradigm revealed a strong and significant decrease in pain for HF and LF-TENS in young individuals. The important analgesic response noted in young adults contrasts with the absence of analgesia noted in older participants. In this latter group, there was no change in pain for both HF and LF-TENS, indicating that neither one of these TENS stimulation paradigms is effective for reducing pain in elderly individuals.

4.1 TENS analgesia in young individuals

Many of the previous studies looking into the analgesic effect of TENS were done with young or age-heterogeneous populations. For example, in their study, Chesterton et al. [13], evaluated the effect of HF and LF-TENS on mechanical pain thresholds in a group of 240 healthy young subjects (mean age = 30 ± 7 years old). The authors reported that HF and LF-TENS similarly increased pain thresholds, suggesting that these two TENS stimulation protocols are effective for reducing pain in young adults. These results somewhat contrast with the results of Chen & Johnson [12], who noted a greater effect on mechanical pain thresholds for HF-TENS compared to LF-TENS. In opposition to Chesterton et al. [13] (who applied LF-TENS at a strong/to tolerance intensity level) Chen & Johnson [12] applied LF-TENS at a low/non-painful intensity level. We believe that LF-TENS should be applied at strong/painful stimulation intensities. This is coherent with the idea that the effect induced by LF-TENS on pain is attributable to mechanisms related to counter-irritation analgesia [35,55][55].

The analgesic effect of TENS has also been studied directly in pain populations, with some studies showing positive [33,36] and other studies showing negative [16] results. In 2007, Johnson & Martinson [25] performed a large meta-analysis – regrouping 38 studies with various musculoskeletal pain populations – to determine if the analgesic effect of TENS is superior to that of placebo. The meta-analysis showed that TENS is more effective than placebo for reducing musculoskeletal pain, with the authors suggesting that the equivocal results reported in previous studies may have been due to insufficient statistical power. Our results in young participants are consistent with those obtained by Chesterton et al. [13] and Johnson and Martinson [25].

4.2 TENS analgesia in old individuals

To our knowledge, very few studies have specifically looked into the analgesic effect of TENS in elderly individuals (see for instance [23,42]). In their studies, Grant et al. [23] and Ng et al. [42] both reported positive effects of TENS on pain in older patients. Yet, it is important to note that the studies of Grant et al. [23] and Ng et al. [42] did not include a placebo condition. It is therefore impossible to determine if the effect observed following TENS application by these authors is attributable to an active treatment component [4].

The present results – in particular the ones regarding the absence of analgesic effect of LF-TENS in older individuals – are in line with the results of Edwards & Fillingim [17] and of Lariviere et al. [27] who observed reduced efficacy of descending pain inhibition in older individuals compared to young individuals. Indeed, it should be kept in mind that the analgesic effect of LF-TENS depends on the activation of descending pain modulating mechanisms originating from the brainstem [21,26,34,55]. The results of the present study confirm and extend the results of Edwards et al.[18] and Larivière et al.[27] by showing that the efficacy of descending *and* segmental pain mechanisms are affected in older individuals.

The absence of analgesia observed following TENS application in elderly individuals is certainly disappointing given the benefits that older patients could get from this non-pharmacological treatment option. Indeed, the high prevalence of chronic pain combined with the need of minimizing polypharmacy in older patients makes TENS a particularly interesting treatment option for this segment of the population. Without completely discarding the clinical utility of TENS, the present results suggest that TENS might not be the best treatment option for older individuals suffering from pain, at least when used alone. Perhaps combining TENS with other treatment modalities could help reverse, at least in part, the blunted response observed in the elderly. This could be done, for example, by combining TENS with transcranial direct current stimulation (tDCS), a

modality that was shown to potentiate the analgesic effect of TENS in certain individuals [48].

4.3 Effect of TENS on heat pain thresholds

Previous reports have shown that HF and LF-TENS can increase HPT [9,11,13,53]. In this study, we observed an increase in HPT with HF, LF, and P-TENS in young participants and an increase in HPT with LF-TENS (but not with HF and P-TENS) in older participants. Although our observations are somewhat in line with the observations of Chesterton et al. [13] (who observed increased pain thresholds in young individuals following HF and LF-TENS), it remains difficult to explain why the results obtained with HPT differ from those obtained with the tonic heat pain test. These discrepancies can probably be explained by the different mechanisms involved. For instance, detection of HPT is believed to rely on the activity of A-delta fibers, while the pain experienced during tonic nociceptive stimuli mostly depends on C-fibers activation [35]. The results obtained from a study by Naert et al.[41], who observed that tonic heat pain ratings only moderately correlated with HPT, support such an interpretation. We believe that tonic pain paradigms mimic clinical pain more closely than paradigms based on pain threshold evaluation [41,46].

4.4 Limitations

One potential limitation that could be addressed to the present study is the use of an experimental pain paradigm rather than a clinical pain paradigm. Indeed, previous studies looking into the analgesic effect of TENS in elderly individuals employed clinical pain paradigms and some could wonder if the results of this study (based on pain ratings obtained in healthy volunteers during prolonged heat stimulation) would also have been

obtained in clinical pain patients. Without refuting the fact that experimental pain paradigms have less external validity than clinical pain paradigms, the former has, on the counterpart, the advantage of increasing internal validity. For example, in the present study, using an experimental pain paradigm allowed us to evaluate the analgesic effect of TENS in young and older individuals who experienced comparable pain (i.e., nociceptive/thermal pain, moderate intensity level). We believe that recruiting young and older participants with similar pain conditions and profiles would have been a very difficult, if not impossible task. Having two groups of participants with different pain profiles would certainly have reduced our ability to make clear assertions regarding the similarities/differences of young and older individuals.

Another important limitation concerns the relatively low statistical power observed for the older group. Indeed, contrarily to the analyses for the young group ($73\% < 1 - \beta < 100\%$), the analyses made in the older group reached a statistical power situated between 10 and 65%. This situation can be explained by the high variability of pain responses measured in older participants, a situation which has also been reported for other types of measures [38,57]. The lower statistical power observed in the older group increases the chances of the occurrence of a type II error. However, one has to remember that the analgesic response measured in older participants was not clinically significant (reduction in pain scores < 20 points). Therefore, even if statistically significant, the reduction in pain observed in elderly individuals following HF and LF-TENS would have been of little clinical importance.

5. Conclusion

In the present study, we demonstrated that elderly individuals do not respond to TENS as well as young adults. In particular, we observed that, although effective for reducing pain in young adults, both HF and LF-TENS did not significantly reduce pain ratings in the elderly. These results suggest that TENS might not be the best treatment

option to reduce pain in older individuals, at least when used in monotherapy. Our observations can also offer possible explanations for the contradictory results that are sometimes observed in the literature concerning TENS effectiveness. Clearly, more studies should be conducted to confirm the present results in pain populations and to identify strategies that could enhance TENS analgesia in the elderly.

6. Conflict of interest

We have no conflict of interest to report.

7. Acknowledgments

The authors wish to thank Ms. Marie-Claude Girard and Mr. Mathieu Hamel for their help with data collection. They would also like to thank all the subjects who participated in this project. Part of this work served as a M.Sc. degree fulfillment by Kayla Bergeron-Vézina. Guillaume Léonard and Hélène Corriveau are research scholars supported by FRQ-S (Quebec). Guillaume Léonard is supported by NSERC (Canada). Hélène Corriveau is supported by CIHR (Canada).

8. References

- [1] American Geriatrics Society. Pharmacological management of persistent pain in older persons. *Pain Med* 2009;10:1062-1083.
- [2] Andre-Obadia N, Magnin M, Garcia-Larrea L. On the importance of placebo timing in rTMS studies for pain relief. *Pain* 2011;152:1233-1237.
- [3] Ballentine NH. Polypharmacy in the elderly: maximizing benefit, minimizing harm. *Crit Care Nurs Q* 2008;31:40-45.
- [4] Beaulieu P, Lussier D, Porreca F, Dickenson AH. *Pharmacology of Pain*. Seattle: IASP Press, 2010.
- [5] Bélanger AY. *Therapeutic Electrophysical Agents : Evidence Behind Practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- [6] Benedetti F, Amanzio M, Casadio C, Cavallo A, Cianci R, Giobbe R, Mancuso M, Ruffini E, Maggi G. Control of postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic operations. *Ann Thorac Surg* 1997;63:773-776.
- [7] Bjordal JM, Johnson MI, Ljunggreen AE. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *Eur J Pain* 2003;7:181-188.
- [8] Chabal C, Fishbain DA, Weaver M, Heine LW. Long-term transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) use: impact on medication utilization and physical therapy costs. *Clin J Pain* 1998;14:66-73.
- [9] Cheing GL, Hui-Chan CW. Analgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and interferential currents on heat pain in healthy subjects. *J Rehabil Med* 2003;35:15-19.

- [10] Cheing GL, Hui-Chan CW, Chan KM. Does four weeks of TENS and/or isometric exercise produce cumulative reduction of osteoarthritic knee pain? *Clin Rehabil* 2002;16:749-760.
- [11] Chen CC, Johnson MI. A comparison of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) at 3 and 80 pulses per second on cold-pressor pain in healthy human participants. *Clin Physiol Funct Imaging* 2010;30:260-268.
- [12] Chen CC, Johnson MI. An investigation into the hypoalgesic effects of high- and low-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimentally-induced blunt pressure pain in healthy human participants. *The Journal of Pain* 2010;11:53-61.
- [13] Chesterton LS, Barlas P, Foster NE, Lundeborg T, Wright CC, Baxter GD. Sensory stimulation (TENS): effects of parameter manipulation on mechanical pain thresholds in healthy human subjects. *Pain* 2002;99:253-262.
- [14] Claydon LS, Chesterton LS, Barlas P, Sim J. Dose-specific effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimental pain: a systematic review. *Clin J Pain* 2011;27:635-647.
- [15] Deyo RA, Dworkin SF, Amtmann D, Andersson G, Borenstein D, Carragee E, Carrino J, Chou R, Cook K, DeLitto A, Goertz C, Khalsa P, Loeser J, Mackey S, Panagis J, Rainville J, Tosteson T, Turk D, Von Korff M, Weiner DK. Report of the National Institutes of Health Task Force on Research Standards for Chronic Low Back Pain. *J Manipulative Physiol Ther* 2014.
- [16] Deyo RA, Walsh NE, Martin DC, Schoenfeld LS, Ramamurthy S. A controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and exercise for chronic low back pain. *N Engl J Med* 1990;322:1627-1634.
- [17] Edwards RR, Fillingim RB. Age-associated differences in responses to noxious stimuli. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001;56:M180-5.

- [18] Edwards RR, Fillingim RB, Ness TJ. Age-related differences in endogenous pain modulation: a comparison of diffuse noxious inhibitory controls in healthy older and younger adults. *Pain* 2003;101:155-165.
- [19] Elvir-Lazo OL, White PF. The role of multimodal analgesia in pain management after ambulatory surgery. *Curr Opin Anaesthesiol* 2010;23:697-703.
- [20] Ersek RA. Transcutaneous electrical neurostimulation: a new therapeutic modality for controlling pain. *Clin Orthop Relat Res* 1977;(128):314-324.
- [21] Facchinetti F, Sandrini G, Petraglia F, Alfonsi E, Nappi G, Genazzani AR. Concomitant increase in nociceptive flexion reflex threshold and plasma opioids following transcutaneous nerve stimulation. *Pain* 1984;19:295-303.
- [22] Farrar JT, Portenoy RK, Berlin JA, Kinman JL, Strom BL. Defining the clinically important difference in pain outcome measures. *Pain* 2000;88:287-294.
- [23] Grant DJ, Bishop-Miller J, Winchester DM, Anderson M, Faulkner S. A randomized comparative trial of acupuncture versus transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic back pain in the elderly. *Pain* 1999;82:9-13.
- [24] Helme RD, Gibson SJ. The epidemiology of pain in elderly people. *Clin Geriatr Med* 2001;17:417-31.
- [25] Johnson M, Martinson M. Efficacy of electrical nerve stimulation for chronic musculoskeletal pain: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain* 2007;130:157-165.
- [26] Kalra A, Urban MO, Sluka KA. Blockade of opioid receptors in rostral ventral medulla prevents antihyperalgesia produced by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *J Pharmacol Exp Ther* 2001;298:257-263.

- [27] Lariviere M, Goffaux P, Marchand S, Julien N. Changes in pain perception and descending inhibitory controls start at middle age in healthy adults. *Clin J Pain* 2007;23:506-510.
- [28] Le Bars D, Dickenson AH, Besson JM. Diffuse noxious inhibitory controls (DNIC). I. Effects on dorsal horn convergent neurones in the rat. *Pain* 1979;6:283-304.
- [29] Leonard G, Cloutier C, Marchand S. Reduced analgesic effect of acupuncture-like TENS but not conventional TENS in opioid-treated patients. *J Pain* 2011;12:213-221.
- [30] Leonard G, Goffaux P, Marchand S. Deciphering the role of endogenous opioids in high-frequency TENS using low and high doses of naloxone. *Pain* 2010;151:215-219.
- [31] Leonard G, Lafrenaye S, Goffaux P. Randomized placebo-controlled cross-over designs in clinical trials: a gold standard to be reassessed. *Curr Med Res Opin* 2012;28:245-248.
- [32] Liebano RE, Rakel B, Vance CG, Walsh DM, Sluka KA. An investigation of the development of analgesic tolerance to TENS in humans. *Pain* 2011;152:335-342.
- [33] Mannheimer C, Carlsson CA. The analgesic effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in patients with rheumatoid arthritis. A comparative study of different pulse patterns. *Pain* 1979;6:329-334.
- [34] Marchand S. *Le phénomène de la douleur*. Montréal: Les Éditions de la Chenelière inc, 2009.
- [35] Marchand S. Applied pain neurophysiology. In: Beaulieu P, Lussier D, Porreca F, Dickenson AH. *Pharmacology of Pain*. Seattle: IASP Press, 2010. pp. 3-26.
- [36] Marchand S, Charest J, Li J, Chenard JR, Lavignolle B, Laurencelle L. Is TENS purely a placebo effect? A controlled study on chronic low back pain. *Pain* 1993;54:99-106.

- [37] Marchand S, Li J, Charest J. Effects of caffeine on analgesia from transcutaneous electrical nerve stimulation. *N Engl J Med* 1995;333:325-326.
- [38] McLachlan AJ, Hilmer SN, Le Couteur DG. Variability in response to medicines in older people: phenotypic and genotypic factors. *Clin Pharmacol Ther* 2009;85:431-433.
- [39] Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science* 1965;150:971-979.
- [40] Moloney NA, Hall TM, O'Sullivan TC, Doody CM. Reliability of thermal quantitative sensory testing of the hand in a cohort of young, healthy adults. *Muscle Nerve* 2011;44:547-552.
- [41] Naert AL, Kehlet H, Kupers R. Characterization of a novel model of tonic heat pain stimulation in healthy volunteers. *Pain* 2008;138:163-171.
- [42] Ng MM, Leung MC, Poon DM. The effects of electro-acupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation on patients with painful osteoarthritic knees: a randomized controlled trial with follow-up evaluation. *J Altern Complement Med* 2003;9:641-649.
- [43] Pantaleao MA, Laurino MF, Gallego NL, Cabral CM, Rakel B, Vance C, Sluka KA, Walsh DM, Liebano RE. Adjusting Pulse Amplitude During TENS Application Produces Greater Hypoalgesia. *J Pain* 2011.
- [44] Park J, Hughes AK. Nonpharmacological approaches to the management of chronic pain in community-dwelling older adults: a review of empirical evidence. *J Am Geriatr Soc* 2012;60:555-568.
- [45] Patel KV, Guralnik JM, Dansie EJ, Turk DC. Prevalence and impact of pain among older adults in the United States: findings from the 2011 National Health and Aging Trends Study. *Pain* 2013;154:2649-2657.
- [46] Rainville P, Feine JS, Bushnell MC, Duncan GH. A psychophysical comparison of sensory and affective responses to four modalities of experimental pain. *Somatosens Mot Res* 1992;9:265-277.

- [47] Ramage-Morin PL. Medication use among senior Canadians. *Health Rep* 2009;20:37-44.
- [48] Schabrun SM, Jones E, Elgueta Cancino EL, Hodges PW. Targeting chronic recurrent low back pain from the top-down and the bottom-up: a combined transcranial direct current stimulation and peripheral electrical stimulation intervention. *Brain Stimul* 2014;7:451-459.
- [49] Sjolund BH, Eriksson MB. The influence of naloxone on analgesia produced by peripheral conditioning stimulation. *Brain Res* 1979;173:295-301.
- [50] Sluka KA, Bjordal JM, Marchand S, Rakel BA. What Makes Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Work? Making Sense of the Mixed Results in the Clinical Literature. *Phys Ther* 2013;93:1397-1402.
- [51] Sluka KA, Judge MA, McColley MM, Reveiz PM, Taylor BM. Low frequency TENS is less effective than high frequency TENS at reducing inflammation-induced hyperalgesia in morphine-tolerant rats. *Eur J Pain* 2000;4:185-193.
- [52] Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *The Journal of Pain* 2003;4:109-121.
- [53] Tong KC, Lo SK, Cheing GL. Alternating frequencies of transcutaneous electric nerve stimulation: does it produce greater analgesic effects on mechanical and thermal pain thresholds? *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:1344-1349.
- [54] Urwin M, Symmons D, Allison T, Brammah T, Busby H, Roxby M, Simmons A, Williams G. Estimating the burden of musculoskeletal disorders in the community: the comparative prevalence of symptoms at different anatomical sites, and the relation to social deprivation. *Ann Rheum Dis* 1998;57:649-655.
- [55] Willer JC, Bouhassira D, Le BD. [Neurophysiological bases of the counterirritation phenomenon: diffuse control inhibitors induced by nociceptive stimulation]. *Neurophysiol Clin* 1999;29:379-400.

[56] Yarnitsky D, Sprecher E, Zaslansky R, Hemli JA. Heat pain thresholds: normative data and repeatability. *Pain* 1995;60:329-332.

[57] Zakoscielna KM, Parmelee PA. Pain variability and its predictors in older adults: depression, cognition, functional status, health, and pain. *J Aging Health* 2013;25:1329-1339.

CHAPITRE VI : DISCUSSION

Le présent projet de recherche avait comme objectif de déterminer l'efficacité du TENS conventionnel et du TENS acupuncture chez les aînés, mais aussi d'examiner les similitudes entre les réponses analgésiques obtenues chez les aînés à celles de jeunes adultes. Plus spécifiquement, le projet visait à identifier si les deux tranches de la population répondent de façon différente au traitement TENS. Dans la présente étude, il a été observé que le TENS conventionnel et le TENS acupuncture permettent de diminuer significativement la douleur chez les jeunes adultes. De plus, la réponse aux traitements actifs se démarque nettement du traitement placebo. Cependant, le TENS conventionnel et le TENS acupuncture n'ont pas permis de diminuer la douleur de façon significative chez les aînés. Non seulement la diminution de douleur observée n'était pas statistiquement significative, mais elle était aussi non cliniquement significative. En effet, les présents résultats suggèrent que le TENS ne serait pas la meilleure option de traitement de la douleur lorsque donné comme seule modalité thérapeutique aux aînés.

6.1 Analgésie du TENS chez les jeunes adultes

Dans la présente étude, il a été observé que le TENS conventionnel et le TENS acupuncture permettaient de diminuer la douleur de façon cliniquement significative chez les jeunes adultes. Cette interprétation des résultats est en accord avec les résultats obtenus par Farrar et ses collaborateurs qui avaient observé qu'une diminution d'au moins 20 points sur une échelle de 0 à 100 était une diminution ayant un impact cliniquement significatif (Farrar *et al.*, 2003; Farrar *et al.*, 2001; Farrar *et al.*, 2000). Les deux types de TENS se démarquent de l'effet placebo. Ainsi, nos résultats sont cohérents avec les conclusions de la méta-analyse de Jonhson et Martinson (2007) montrant que le TENS était une option thérapeutique efficace pour diminuer la douleur musculo-squelettique, du moins, dans un échantillon d'âge hétérogène. L'analgésie du TENS actif était aussi supérieure à celle du

TENS placebo. Malgré les résultats obtenus par Johnson et Martinson (2007), quelques méta-analyses n'arrivaient toujours pas à conclure sur l'efficacité du TENS en clinique (Nnoaham et Kumbang, 2010; Walsh *et al.*, 2009; Brosseau *et al.*, 2002). Ces différentes équipes de recherche pressent les scientifiques d'accomplir davantage d'études sur le TENS ayant une méthodologie plus rigoureuse. Ainsi, la disparité entre les résultats de Johnson & Martinson (2007) et des diverses méta-analyses pourrait s'expliquer par le fait que la puissance de l'étude de Johnson et Martinson était beaucoup plus élevée. En combinant tous les types de douleur musculo-squelettique, l'échantillon étudié par cette méta-analyse a été augmenté de façon considérable, permettant ainsi de mieux étudier l'effet du TENS.

De façon plus générale, les différences observées entre ces diverses études portant sur l'effet analgésique du TENS pourraient être expliquées par un manque de contrôle des facteurs confondants (Sluka *et al.*, 2013b; Sluka *et al.*, 2013a; Bergeron-Vezina et Leonard, 2013). Par exemple, il a été montré que la consommation d'opioïde ou de caféine diminuait significativement l'effet analgésique du TENS (Leonard *et al.*, 2011; Marchand *et al.*, 1995). De plus, il a été observé que la réponse au TENS varie selon l'intensité de la douleur, le TENS étant moins efficace pour des douleurs plus sévères (Benedetti *et al.*, 1997). L'ajustement de l'intensité du traitement TENS s'avère tout aussi important pour obtenir un effet analgésique optimal (Moran *et al.*, 2011; Liebano *et al.*, 2011).

Dans la présente étude, les participants devaient s'abstenir de consommer de la caféine et nicotine (absence de consommation 6 heures et 4 heures avant la visite, respectivement) et les participants prenant des opioïdes ont été exclus. L'intensité de la douleur était ajustée pour obtenir une douleur d'intensité moyenne. Lors du traitement TENS, les électrodes étaient positionnées au site de la douleur expérimentale et l'intensité a été ajustée tout au long du traitement pour créer une analgésie optimale. Ainsi, plusieurs choix méthodologiques du présent projet ont été faits dans l'optique de supprimer ces facteurs confondants qui pourraient nettement affecter la réponse au TENS. Il a été observé, dans la présente étude, que lorsque le TENS est utilisé en respectant les différentes contraintes mentionnées précédemment, le TENS est bel et bien efficace pour diminuer la douleur chez les jeunes adultes.

De plus, dans la présente étude, aucune différence n'a été observée entre les différentes réponses analgésiques du TENS conventionnel et du TENS acupuncture. Les deux types de TENS permettaient tous deux de diminuer la douleur de façon cliniquement significative, et ce à un niveau équivalent. Ces présents résultats concordent avec des résultats obtenus précédemment dans la littérature (Nnoaham et Kumbang, 2010; Chen *et al.*, 2008; Chesterton *et al.*, 2002). Chesterton *et al.* (2002) ont observé que les deux types de TENS (conventionnel et acupuncture) permettaient de diminuer le seuil de douleur mécanique chez les jeunes adultes. Ils ont aussi observé qu'il n'y avait pas de différence entre les deux types de TENS entre eux. Chen *et al.* (2008) ont montré, lors d'une revue systématique, qu'il n'y avait pas de différence entre le TENS de haute fréquence (conventionnel) ou de basse fréquence (acupuncture) sur une douleur expérimentale dans la population générale. Des conclusions similaires ont été obtenues par Nnoaham et Kumbang (2010) pour ce qui est des douleurs cliniques. Lors de leur méta-analyse, ils ont trouvé neuf études faisant une comparaison directe entre les différents types de TENS. De ces neuf études, sept études n'ont observé aucune différence entre les types de TENS pour le soulagement d'une douleur clinique.

6.2 Analgésie du TENS chez les aînés

Dans la présente étude, le TENS conventionnel et le TENS acupuncture n'ont pas permis de diminuer la douleur chez les aînés. Une réponse analgésique distincte suite au TENS est observée comparativement aux jeunes adultes. À ce jour, peu d'études ont été effectuées chez les aînés en ce qui trait à l'utilisation du TENS. Plusieurs d'entre elles possèdent des failles méthodologiques importantes, comme l'absence d'une condition placebo ou des lacunes lors du recrutement de la population étudiée (aucun intervalle pour l'âge des participants) ou de la méthodologie du projet (identification du type de TENS).. Comme il peut être observé dans le tableau 1 de la recension des écrits (voir section 3.2.3.1 Efficacité clinique du traitement TENS), quelques études suggèrent un effet positif du

TENS (Law et Cheing, 2004; Ng *et al.*, 2003; Cheing *et al.*, 2003; Grant *et al.*, 1999) tandis que d'autres montrent un effet nul du TENS chez les aînés (Breit et Van der Wall, 2004; Cheing *et al.*, 2002). Les diverses lacunes méthodologiques pourraient expliquer la grande différence entre les résultats dans différentes études. Toutefois, une étude (Cheing *et al.*, 2002) se démarque particulièrement des autres par sa robustesse méthodologique. Ces auteurs ont observé que le TENS conventionnel diminuait la douleur chez les aînés sans toutefois se démarquer de l'effet placebo. Ces résultats sont cohérents avec ceux de la présente étude qui observaient aussi une petite diminution de la douleur avec le TENS conventionnel sans toutefois se démarquer de l'effet placebo. Il aurait été intéressant, cependant, que Cheing *et al.* (2002) mentionnent si les différents facteurs confondants (ex. : consommation d'analgésique ou de la caféine) ont été contrôlés lors de l'étude.

Comme il a pu être observé, les données disponibles sur l'utilisation du TENS en gériatrie sont pour le moins contradictoires. Quoique les études précédentes aient apporté beaucoup d'informations bénéfiques sur l'utilisation du TENS, les quelques problèmes méthodologiques présents apportent un besoin pour des études futures plus rigoureuses. Ainsi, il était important de faire une étude ayant des niveaux de douleurs contrôlés, une comparaison placebo, une bonne définition de la population étudiée ainsi qu'une comparaison entre les différents types de TENS. Les présents résultats supportent ceux obtenus par Breit et Van der Wall (2004) et Cheing *et al.* (2002) tout en entrant en contradiction avec d'autres (Law et Cheing, 2004; Ng *et al.*, 2003; Cheing *et al.*, 2003; Grant *et al.*, 1999). Le patron des résultats obtenus dans la présente étude pourrait être expliqué par l'utilisation de paramètres statistiques plus rigoureux comme la correction de Bonferroni. L'utilisation de la correction de Bonferroni diminue le risque de commettre une erreur de type I (affirmer la présence d'une différence lorsqu'il n'y a pas de différence), mais augmente le risque de commettre une erreur statistique de type II (rejeter la présence d'une différence lorsque, en réalité, celle-ci est présente) (Winer *et al.*, 1991). Cependant, il importe de rappeler que ni le TENS conventionnel ni le TENS acupuncture n'ont diminué significativement la douleur (variation des niveaux de douleurs située entre une augmentation de 3 points de la douleur ou une diminution de 13 points sur une échelle de 0 à 100). Ainsi, l'utilisation de paramètres statistiques plus rigoureux n'aurait pas

véritablement changé les conclusions de l'étude puisque les changements observés au niveau de la douleur ne sont pas cliniquement significatifs.

Cependant, il est possible de se demander si l'inclusion de participant ayant des douleurs chroniques (autre qu'au niveau du dos) aurait pu affecter l'interprétation de nos résultats. Lors de la prise de données, un score de douleur avait été collecté à l'aide du système de cotation et diagramme de la douleur de Margolis pour permettre d'obtenir le nombre de sites douloureux chez nos participants. Aucune corrélation n'a été observée entre le nombre de sites douloureux au score de Margolis et l'efficacité analgésique du TENS chez les jeunes adultes (TENS conventionnel : $r = -0,36$, $p = 0,19$ et TENS acupuncture : $r = 0,1$, $p = 0,97$). Chez les aînés, aucune corrélation n'a été observée pour le TENS acupuncture ($r = 0,02$, $p = 0,96$). Une corrélation modérée a cependant été observée entre le score de Margolis et l'efficacité du TENS conventionnel ($r = -0,53$, $p = 0,04$). Ce résultat suggère que plus le nombre de sites douloureux est important chez les aînés, plus l'efficacité du TENS conventionnel diminue. Il importe ici cependant de rappeler que les aînés qui consultent pour des traitements de réadaptation souffrent généralement de douleurs à un site ou plus. Selon Urwin *et al.* (1998), 64 % des femmes de 65-74 ans présentent des douleurs à un site et plus (comparativement à 52 % pour les hommes dans la même tranche d'âge). De plus, 18 % des femmes et 8 % des hommes dans la même tranche d'âge ont 4 sites de douleurs et plus. Le fait que les patients puissent avoir des douleurs à différents endroits représente ainsi plus une situation clinique bien réelle. En restant conservateur dans la collecte de données, les douleurs au niveau du dos ont été exclues pour ne pas influencer l'analgésie locale du TENS conventionnel. Cependant, nous sommes d'avis que le fait d'exclure les patients qui ont des douleurs ailleurs qu'au niveau de la colonne lombaire aurait compromis inutilement la validité externe de l'étude et la généralisation des résultats en milieu clinique.

Sans remettre en question l'utilité du TENS en clinique chez les jeunes adultes, les présents résultats démontrent que le TENS n'est pas la meilleure option de traitement chez les aînés, du moins lorsqu'il est utilisé seul. Cependant, il pourrait fort bien être utilisé en combinaison avec d'autre modalité thérapeutique, pharmacologique ou non, pour optimiser

le traitement. Ainsi, l'utilisation d'une approche multimodale est, en effet, fortement recommandée par différentes équipes de recherche (Sivrikaya, 2012; Elvir-Lazo et White, 2010; Cawley et Bennett, 2009; White, 2002). L'approche multimodale permet de combiner différents analgésiques ayant des mécanismes d'action et des cibles neurologiques différentes. Ceci permet de créer un effet soit additif ou synergique sur l'analgésie (Sivrikaya, 2012; Elvir-Lazo et White, 2010). L'ajout d'un traitement non pharmacologique au traitement de la douleur semble essentiel, d'autant plus si la pharmacothérapie n'a pas offert un traitement optimal pour le patient (Cawley et Bennett, 2009). Il est nécessaire d'optimiser le soulagement de la douleur pour maximiser les bénéfices pour le patient et diminuer la prévalence des effets indésirables (Cawley et Bennett, 2009; White, 2002). L'ajout du traitement TENS au traitement contre la douleur pourrait permettre de diminuer la douleur, la prise d'analgésiques pharmacologiques tout en augmentant la satisfaction du patient face au traitement et sa qualité de vie (Elvir-Lazo et White, 2010; Bjordal *et al.*, 2003; Chabal *et al.*, 1998). Cependant, il est important de prendre note que les résultats du présent projet de recherche ont été obtenus suite à l'utilisation d'une douleur expérimentale. Ainsi, les résultats auraient pu être différents dans un contexte de soulagement d'une douleur clinique, où les patients prennent souvent des analgésiques pour leur pathologie. Il devient donc primordial d'approfondir les recherches pour observer si les résultats obtenus seraient différents lors de la présence d'une douleur clinique.

En ayant en tête que l'utilisation d'une technique de soulagement de la douleur multimodale serait plus bénéfique pour le patient qu'un traitement en monothérapie, il serait important de trouver une combinaison qui permettrait d'optimiser l'effet du TENS chez les aînés. Ceci pourrait être accompli en utilisant le TENS en association avec une autre modalité de traitement pharmacologique ou non pharmacologique. Ainsi, plusieurs équipes de recherche ont étudié différentes façons d'optimiser l'effet du TENS. Il pourrait ainsi être possible de combiner le TENS avec des options pharmacologiques. Par exemple, la clonidine, un agoniste des récepteurs adrénergiques α -2 bien connus pour ses effets antihypertenseurs, possède un grand pouvoir analgésique (Neil, 2011; Giovannoni *et al.*, 2009). De façon intéressante, Sluka et Chandran (2002) ont montré que la combinaison du

TENS et de la clonidine chez le rat permettrait d'augmenter l'effet analgésique du TENS en créant un effet synergique. Cependant, puisque ces résultats ont été obtenus lors d'études précliniques, il est nécessaire de confirmer ces résultats chez l'humain. Une autre option pourrait être d'ajouter, au traitement TENS, un traitement pharmacologique visant l'inhibition de la recapture de sérotonine. De fait, il est bien connu que le TENS acupuncture est associé à une augmentation de la relâche de sérotonine dans la moelle épinière (Sluka *et al.*, 2006). De plus amples études sont nécessaires afin de confirmer si la combinaison du TENS et des inhibiteurs de la recapture de la sérotonine pourrait être une option thérapeutique intéressante chez les aînés.

Il pourrait aussi être possible de combiner le TENS avec d'autres modalités analgésiques non-pharmacologiques. Par exemple, des études récentes (Schabrun *et al.*, 2014; Boggio *et al.*, 2009) ont permis de montrer que la combinaison du TENS et de la stimulation transcrânienne par courant direct (tDCS) est efficace pour diminuer la douleur. De plus, Schabrun *et al.* (2014) ont observé que la combinaison d'un traitement TENS et un traitement de tDCS s'avère plus efficace que la tDCS seule, le TENS seul et un traitement placebo. Le TENS a aussi été combiné avec un traitement de stimulation électrique neuromusculaire (SENM) pour soulager la douleur au dos. Il a été observé que la combinaison de la SENM et du TENS était efficace pour diminuer la douleur. Cette combinaison était plus efficace que la SENM seule, le TENS seul et un traitement placebo (Moore et Shurman, 1997). Somme toute, pour optimiser le traitement TENS, il est primordial de comprendre le mécanisme d'action des différents traitements pour être en mesure de choisir la meilleure combinaison qui permettrait un effet synergique ou additif (Sluka *et al.*, 2013a).

6.3 Le vieillissement et les mécanismes endogènes de contrôle de la douleur

Tel que mentionné lors de la recension des écrits, plusieurs chercheurs ont montré que l'efficacité de certains MECD diminuait avec l'âge (Lariviere *et al.*, 2007; Edwards *et*

al., 2003; Washington *et al.*, 2000). Ces auteurs ont observé une diminution des mécanismes inhibiteurs descendants (plus particulièrement des CIDN) avec l'âge. Il serait logique de croire qu'un traitement dont l'efficacité repose sur les mécanismes inhibiteurs descendants, comme le TENS acupuncture, serait aussi affecté. À notre connaissance, aucune étude n'avait encore évalué l'efficacité des mécanismes segmentaires sur lequel repose le TENS conventionnel. Rappelons ainsi que le mécanisme du TENS conventionnel repose sur les mécanismes spinaux tandis que le TENS acupuncture est médié par les mécanismes supra-spinaux (mécanismes inhibiteurs descendants). Il est donc possible, en observant la réponse au traitement TENS, de vérifier par le fait même l'efficacité des mécanismes sur lequel il repose.

Les présents résultats confirment et bonifient ceux obtenus par différentes équipes de recherche (Lariviere *et al.*, 2007; Edwards *et al.*, 2003; Washington *et al.*, 2000) en suggérant que non seulement une perte d'efficacité des mécanismes supra spinaux est présente, mais aussi au niveau des mécanismes spinaux lors du vieillissement. Une diminution de l'efficacité du TENS acupuncture (mécanismes supra-spinaux) et du TENS conventionnel (mécanismes spinaux) a été observée. Le niveau d'analgésie obtenue avec les deux types de TENS était similaire. Les présents résultats confirment l'hypothèse initiale de recherche, à savoir que les deux types de TENS sont moins efficaces, mais diverge en ce qui trait à une réponse plus élevé du TENS conventionnel comparativement au TENS acupuncture chez les aînés.

À notre connaissance, aucune étude n'a documenté jusqu'à maintenant l'efficacité des mécanismes spinaux avec l'âge. Les présents résultats suggèrent une diminution d'efficacité des deux MEDC, soit les mécanismes spinaux et supraspinaux. Quelques hypothèses peuvent être émises pour expliquer ce phénomène. Ainsi, il est bien connu qu'avec l'âge, un changement structurel et fonctionnel important des fibres nociceptives est présent (Verdu *et al.*, 2000). Une perte considérable de la densité des fibres nerveuses (O'Sullivan et Swallow, 1968) ainsi qu'une dégénération des fibres myélinisées et non myélinisées est observée pendant le vieillissement (Gibson et Farrell, 2004). Une diminution de la vitesse de conduction est aussi aperçue dans les nerfs périphériques (O'Sullivan et

Schmitz, 2000). Il est possible de croire que ces différentes altérations des fibres nerveuses lors du vieillissement normal pourraient affecter le portillon (mécanisme spinal). Des données amassées lors du projet pourraient permettre de tester cette hypothèse. Ainsi, il pourrait être possible de comparer la réponse des participants âgés au TENS conventionnel avec celle obtenue lors des tests des monos filaments de Von Frey (petits filaments de nylon), permettant alors d'observer la sensibilité des fibres nerveuses A β (Lundy-Ekman, 2007; O'Sullivan et Schmitz, 2000). Ainsi, une tendance a été observée chez les aînés qui semblaient avoir un seuil plus élevé que les jeunes adultes au Von Frey, mais cette différence n'était cependant pas significative ($p = 0,08$). De plus, il a été observé que la réponse au TENS conventionnel et acupuncture (pourcentage d'analgésie induit par le TENS) chez les aînés n'était pas corrélée à la réponse aux monos filaments de Von Fey ($r = 0,02$, $p = 0,93$ et $r = -0,26$, $p = 0,36$, respectivement), réfutant ainsi l'hypothèse énoncée précédemment.

6.4 Les seuils de douleur avant l'application du TENS

Lors de la présente étude, aucune différence statistique n'a été observée entre les seuils de douleur initiaux chez les jeunes adultes et chez les aînés. Ces résultats supportent différentes études antérieures qui suggéraient que le seuil de douleur thermique ne varie pas avec l'âge (Lautenbacher *et al.*, 2005; Pickering *et al.*, 2002; Edwards et Fillingim, 2001). Une contradiction importante est présente dans les différentes études disant que les seuils de perception de douleur expérimentaux peuvent augmenter ou non avec l'âge (Pickering *et al.*, 2002). Afin d'éclaircir cette contradiction, Gibson et Helme (2001) ont effectué une revue systématique. Ils ont observé la présence d'une relation entre l'âge et l'augmentation du seuil de douleur. Cependant, depuis la publication de cette revue, plusieurs auteurs ont montré que le seuil de perception de douleur thermique n'était pas modifié avec l'âge (Lautenbacher *et al.*, 2005; Pickering *et al.*, 2002; Edwards et Fillingim, 2001). Ces auteurs ont, par ailleurs, observé que le type de stimulation expérimentale jouait un rôle important dans l'interaction des seuils de douleur avec l'âge. Ainsi, les douleurs ischémiques

(Edwards et Fillingim, 2001) et les douleurs mécaniques (Lautenbacher *et al.*, 2005) sont davantage affectées par l'âge comparativement au seuil de douleur thermique. Différentes hypothèses ont été émises pour expliquer ce phénomène. Ainsi, Lautenbacher *et al.* (2005) suggère que le tissu superficiel de la peau (stimulé lors des seuils thermiques) serait moins affecté par le vieillissement que les tissus profonds (stimulé lors des seuils mécaniques). Ils ont aussi suggéré que les changements dans l'élasticité et la conductivité de la peau et des muscles produisent des effets différents sur la sensibilité thermique et la sensibilité mécanique. Pour leur part, Edwards et Fillingim (2001) ont proposé que les différentes réponses observées suite à l'utilisation de différents types de stimulation pourraient être causées par l'activation des différentes fibres nociceptives (A δ et C) qui sont aussi affectées par le vieillissement. Ainsi, selon le type de stimulation utilisée, les résultats de la présente étude de recherche confirment ceux de plusieurs équipes de recherche qui ont observé que le seuil de perception de douleur thermique n'était pas modifié avec l'âge (Lautenbacher *et al.*, 2005; Pickering *et al.*, 2002; Edwards et Fillingim, 2001).

6.5 Effet du TENS sur les seuils de douleur thermique

Dans la présente étude, une augmentation significative du seuil de perception de la douleur thermique a été observée lors de l'utilisation du TENS conventionnel et du TENS acupuncture chez les jeunes. Chez les aînés, seulement le TENS acupuncture a élevé le seuil de perception de la douleur thermique. Peu d'études dans la littérature ont évalué l'impact d'un traitement TENS sur le seuil de perception de douleur thermique. Trois équipes de recherche ont observé qu'un traitement de TENS conventionnel permet d'augmenter le seuil de perception de la douleur thermique (Cheing et Hui-Chan, 2003; Wang et Hui-Chan, 2003; Marchand *et al.*, 1991). Cependant, une seule équipe de recherche a étudié l'effet du TENS acupuncture sur les seuils de perception thermique. Ainsi, Tong *et al.* (2007) ont observé que le TENS acupuncture et le TENS conventionnel permettaient d'augmenter le seuil de perception de douleur thermique de 1,1 °C et de 1,9 °C, respectivement. Cette tendance n'était toutefois pas statistiquement significative.

Ces résultats pourraient être expliqués par un manque de puissance (petite taille d'échantillon, variabilité des données plus grandes) d'autant plus que les études précédentes (Cheing et Hui-Chan, 2003; Wang et Hui-Chan, 2003; Marchand *et al.*, 1991) observaient des changements statistiquement significatifs pour un même changement de la douleur (augmentation d'environ 1 °C du seuil de perception de douleur). Ainsi, les présents résultats confirment ceux obtenus par différentes équipes de recherche (Liebano *et al.*, 2013; Tong *et al.*, 2007; Cheing et Hui-Chan, 2003; Wang et Hui-Chan, 2003; Marchand *et al.*, 1991), à savoir que le TENS conventionnel élève le seuil de douleur thermique chez les jeunes adultes. De plus, les présents résultats ont aussi permis d'observer une augmentation du seuil de perception de la douleur thermique lorsque le TENS acupuncture est utilisé chez les jeunes adultes. Par ailleurs, une augmentation du seuil a aussi été observée chez les aînés avec le TENS acupuncture, un phénomène qui n'avait pas été documenté à ce jour.

Une variation de 1 °C du seuil de perception de la douleur peut sembler minime. Cette variation de douleur expérimentale pourrait cependant avoir un impact important. Ainsi, un changement de 1 °C du seuil de douleur peut produire des changements importants sur la douleur ressentie (Chalaye *et al.*, 2009; Marchand *et al.*, 1991). Par exemple, pour induire une augmentation significative du seuil de perception de la douleur thermique avec de la morphine, une dose élevée (0,1 mg/kg) est nécessaire pour y arriver (Kern *et al.*, 2008) démontrant qu'il est difficile de modifier un seuil de douleur. Un changement de seuil de la douleur de 1 °C représente donc un changement cliniquement important.

6.6 La réponse à un traitement placebo

Lors de la présente étude, il a aussi été noté que les aînés avaient tendance à répondre de façon plus importante au traitement placebo que les jeunes adultes lors des tests de douleur thermique tonique (120 secondes de stimulation constante). Pour mieux

visualiser la réponse au traitement placebo, un pourcentage d'analgésie a été calculé. Pour ce faire la présente formule a été utilisée : $\text{Pourcentage d'analgésie} = [(\text{Douleur avant le TENS} - \text{Douleur après le TENS}) / \text{Douleur avant le TENS}] * 100$. Ainsi, lors de notre expérimentation, un traitement placebo permettait de diminuer la douleur de 5 % chez les jeunes adultes comparativement à 18 % chez les aînés. Cette différence n'était toutefois pas statistiquement significative ($p = 0,2$) [Voir figure 3]. Cependant, puisque l'objectif principal du projet de recherche n'était pas d'étudier la réponse face à un traitement placebo à travers les âges, la taille d'échantillon et le dispositif n'étaient pas adéquats pour répondre à cette question. La puissance calculée rattachée à cette analyse était très basse, soit de seulement 8%. Par conséquent, d'autres études s'imposent sur ce sujet de recherche étant une avenue de recherche future fort intéressante.

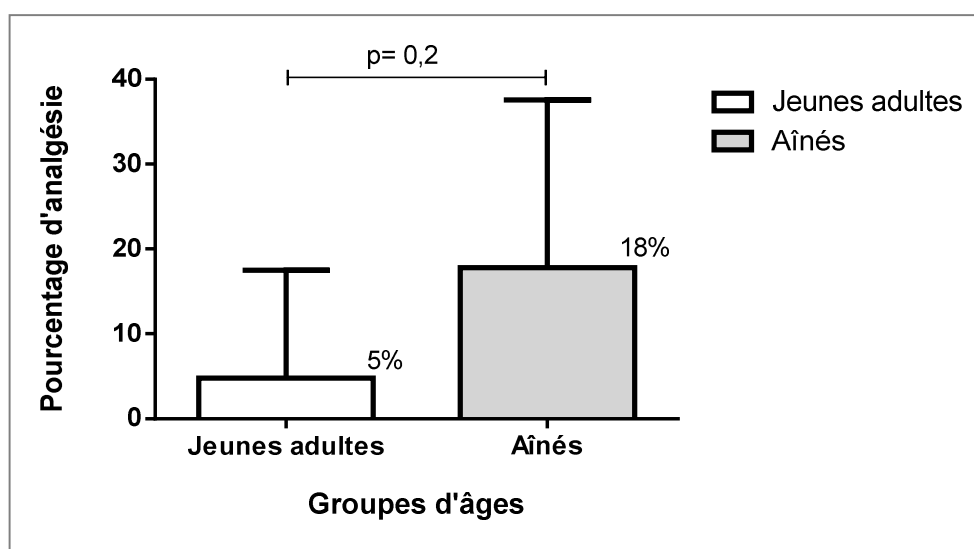


Figure 3 : Comparaison du pourcentage d'analgésie à la suite d'un traitement placebo chez les jeunes adultes et les aînés

À notre connaissance, aucune étude n'a encore documenté l'effet de l'âge sur l'effet placebo. Cependant, certains auteurs ont émis l'hypothèse qu'il était possible que la réponse à un placebo pouvait varier lors du vieillissement (Franconi *et al.*, 2012; Bingel *et al.*, 2011). Il est bien connu que l'effet placebo dépend de plusieurs facteurs comme le conditionnement, les attentes et la relation patient-thérapeute (Benedetti, 2013; Benedetti, 2012; Koshi et Short, 2007). Il est possible de croire que les attentes d'analgésie étaient différentes entre les groupes et selon le type de TENS reçu. Cependant, lors de la collecte des données, les participants devaient mentionner à l'évaluateur s'ils croyaient que le traitement allait augmenter ou diminuer leur douleur, et ce, à quelle envergure (pourcentage de changement de la douleur). Les données recueillies montrent que les attentes face aux trois types de traitements TENS (conventionnel, acupuncture, placebo) étaient les mêmes dans les deux groupes d'âge (toutes les valeurs de $p > 0,1$). De plus, il a été observé que la relation entre un patient et son thérapeute pouvait être influencée en fonction de l'âge du patient (Peck, 2011). Ainsi, l'âge d'un patient engendrerait des changements dans la relation patient-thérapeute dû à une culture différente et un respect accru pour les professionnels de la santé chez la population vieillissante (Peck, 2011). De plus, l'effet placebo peut aussi varier selon la confiance présente dans la relation patient-thérapeute (Benedetti, 2013). Il serait possible de croire que les aînés auraient une relation de confiance plus élevée envers leur thérapeute touchant ainsi l'efficacité analgésique d'un traitement. Malgré que la tendance d'un effet placebo plus élevé chez les aînés puisse paraître anodine, l'impact d'un tel résultat pourrait être majeur sur les études cliniques en cours. Si, par exemple, une étude est mise en place pour comparer l'efficacité d'un traitement analgésique entre différents groupes qui ne sont pas équivalents pour l'âge, il est possible que leur réponse au traitement soit distincte seulement en fonction de l'effet placebo engendré.

Par ailleurs, il est intéressant d'observer que le traitement placebo chez les aînés a un impact plus important sur les mesures d'intensité de la douleur (score de l'échelle visuelle analogue) que sur les mesures de seuil de douleur. En effet, chez les aînés, le traitement placebo n'a pas significativement augmenté le seuil de douleur. Il a été observé, par différentes équipes de recherche, qu'un traitement TENS placebo n'affectait pas le seuil

de perception de douleur thermique (Tong *et al.*, 2007; Wang et Hui-Chan, 2003; Cheing et Hui-Chan, 2003). Chez les jeunes adultes, cependant, le traitement de TENS placebo a significativement augmenté le seuil de douleur dans la présente étude. Par contre, une augmentation de seulement 0,6 °C a été observée (voir tableau 3 de l'article scientifique au chapitre 5) lors de l'utilisation d'un traitement placebo chez ce groupe. Comme mentionnée précédemment, une modification cliniquement significative d'un seuil de perception de douleur thermique semblerait être d'au moins 1 °C selon certains auteurs (Chalaye *et al.*, 2009; Marchand *et al.*, 1991). Ainsi, les résultats obtenus chez les jeunes adultes pour le TENS placebo ne semblent pas être cliniquement significatifs.

Quelques hypothèses pourraient expliquer ce phénomène. Lors de la recherche d'un seuil de douleur, les fibres A δ seront recrutées. Cependant, lors d'un test plus long, comme celui d'une douleur tonique de deux minutes, les fibres C seront plutôt recrutées (Naert *et al.*, 2008; Staahl et Drewes, 2004; Plaghki et Mouraux, 2001). Ainsi, il est possible que la réponse soit différente selon les bases physiologiques du test. De plus, il est connu que les traits de personnalité du sujet peuvent affecter l'expérience douloureuse (Granot *et al.*, 2006; Tang et Gibson, 2005; James et Hardardottir, 2002). Ainsi, Granot *et al.* (2006) ont observé que les niveaux d'anxiété et de dramatisation de la douleur avaient un impact important sur une douleur tonique. Puisque le test de douleur tonique est plus long qu'un simple test de détection des seuils, il est possible que les participants répondent différemment selon leurs implications psychologiques face à la douleur. Cependant, il est important de prendre note que le seuil n'est pas pour autant exempt de biais psychologique (Plaghki et Masquellier, 2008; Plaghki et Mouraux, 2001). Ainsi, il est possible de croire que la réponse au traitement placebo varie selon le type de stimulation (bases physiologiques différentes), mais aussi selon les traits psychologiques des participants.

6.7 Forces et limites du projet de recherche

Chaque étude possède des forces et des limites. Ainsi, l'utilisation d'un paradigme de douleur expérimentale s'avère notre principale faiblesse. Il est bien connu qu'utiliser une douleur expérimentale diffère beaucoup d'une douleur clinique (Palmer *et al.*, 2004; Foster *et al.*, 1996; Woolf, 1979). L'utilisation de ce type de paradigme diminue la validité externe de l'étude, rendant ainsi plus difficile la généralisation des résultats aux personnes souffrant de douleurs cliniques. Cependant, il importe de souligner que l'utilisation d'une douleur clinique apporte elle aussi certaines limites. La douleur clinique pourrait ne pas être constante entre les différents sujets et encore moins entre les différentes séances (Leonard *et al.*, 2010). De plus, il aurait été très ardu de recruter des participants ayant des conditions douloureuses similaires dans les deux différentes tranches d'âge étudiées. Selon Choinière *et al.* (2010), les aînés sont deux fois plus à risque de reporter des douleurs d'intensité sévère ($\geq 7/10$) comparativement aux jeunes adultes. Il aurait donc été plus difficile de se prononcer sur la relation de cause à effet entre l'âge et l'effet analgésique du TENS. De plus, Benedetti *et al.* (1997) ont observé que le TENS était inefficace lors d'une douleur sévère. Si les jeunes adultes avaient eu des douleurs moins intenses que les aînés, il aurait été complexe de comparer l'efficacité du TENS dans les deux différentes tranches d'âges puisque la réponse au TENS varie selon l'intensité de la douleur.

Une autre limite importante de la présente étude est la faible puissance statistique observée dans le groupe des aînés. Ainsi, contrairement aux diverses analyses effectuées chez les jeunes adultes (puissance située entre 73 et 100 %), les analyses effectuées chez les aînés avaient une puissance statistique moins élevée (entre 10 et 65 %). Il est possible d'expliquer ce phénomène par l'observation dans la présente étude d'une variabilité plus grande de la réponse analgésique observée chez les aînés que celle observée chez les jeunes adultes (voir les barres d'erreur dans les figures 2 et 3 de l'article). Par ailleurs, une plus grande variabilité a aussi été observée dans la littérature en ce qui trait au niveau de douleur des aînés et leur réponse à différents traitements reçus en clinique (Zakoscielna et Parmelee, 2013; McLachlan *et al.*, 2009). Cependant, malgré le fait que la faible puissance

statistique observée chez les aînés augmente le risque de commettre une erreur de type II, il est important de se rappeler que la diminution de la douleur ressentie n'était pas cliniquement significative. Ainsi, les statistiques utilisées n'auraient pas altéré notre conclusion, à savoir que le TENS n'est peut-être pas la meilleure option de traitement chez les aînés, du moins lorsqu'il est utilisé seul.

Par ailleurs, il aurait été intéressant d'évaluer l'aspect désagréable de la douleur. Il est bien connu que la douleur a deux composantes, soit la composante sensori-discriminative et la composante motivo-affective (Marchand, 2009). Dans le présent projet de recherche, la composante sensori-discriminative (intensité de la douleur sur la CoVAS) a été mesurée. Des contraintes méthodologiques ont fait en sorte qu'il était impossible pour le participant d'évaluer la composante motivo-affective (aspect désagréable de la douleur) au même moment que la composante sensori-discriminative (intensité de la douleur). Les scores de douleur étant pris de façon constante tout au long des deux minutes du test de douleur tonique ne permettaient pas la collecte de cette mesure additionnelle. Cependant, il aurait été intéressant d'avoir aussi l'information sur la composante motivo-affective puisqu'un traitement n'agit pas seulement sur la composante sensori-discriminative, mais plutôt sur les deux composantes de la douleur. Ainsi, il est possible qu'un traitement affecte plus une composante de la douleur que l'autre (Marchand, 2009). Il est impossible d'observer ce phénomène dans la présente étude.

Malgré les limites mentionnées, l'étude réalisée contient plusieurs forces importantes. Il est vrai que l'utilisation d'un paradigme de douleur expérimentale est une faiblesse (plus difficile à généraliser à une population clinique). Cependant, ce choix méthodologique s'avère aussi une grande force en permettant notamment d'augmenter la validité interne de l'étude (Leonard *et al.*, 2010). Ainsi, il est possible de contrôler les niveaux de douleur en laboratoire ce qui permet de mieux comparer chaque participant entre eux et entre les différentes séances. De plus, cette standardisation des niveaux de douleur est impossible lorsqu'une douleur clinique est utilisée (Foster *et al.*, 1996; Woolf, 1979). En utilisant une douleur expérimentale, il était possible de standardiser la localisation de la douleur et le type de celle-ci. Ainsi, une stimulation au niveau lombaire a

été choisie puisque les douleurs au dos sont l'emplacement douloureux le plus prévalent chez les aînés (Patel et al., 2013). En ayant choisi une grande surface, il était aussi possible d'empêcher une sur-stimulation des fibres nerveuses, au niveau du dos, au test de douleur thermique induite avec la thermode.

Une deuxième force de notre étude est l'utilisation d'une condition placebo. Il est très important dans une étude d'ajouter un traitement placebo puisqu'il est bien connu que l'effet de la vaste majorité des interventions thérapeutiques est attribuable, à la fois, à la composante active du traitement et à l'effet placebo qu'il engendre (Beaulieu *et al.*, 2010). Malheureusement, plusieurs études sur le TENS ne contiennent pas de condition placebo. Par exemple, lorsque Johnson et Martinson (2007) ont effectué leur méta-analyse sur l'efficacité du TENS, plus de 20 % des études recensées ont dû être exclues de leur analyse puisqu'elles ne contenaient pas de comparateur placebo. Ainsi, dans notre étude, non seulement une condition placebo était présente, mais celle-ci réalisée à double insu. Ni les participants ni l'évaluateur n'étaient en courant du type de traitement que le participant recevait. Ceci permettait de diminuer un biais d'évaluation pour l'évaluateur ainsi que pour les participants de savoir s'ils recevaient un traitement actif ou non (ce qui pourrait avoir un impact majeur sur l'efficacité du traitement). L'insu a bel et bien été maintenu : seulement six participants sur 30 (trois par groupes) ont identifié le traitement placebo.

Une autre force de l'étude est qu'elle permet non seulement d'étudier l'efficacité du TENS, mais elle permet aussi d'observer l'efficacité des mécanismes physiologiques sur lesquels repose l'analgésie du TENS. Il est donc possible, lors de la vérification de la réponse analgésique, de présumer si le mécanisme physiologique sur lequel repose l'effet du TENS fonctionne bien ou pas. Ainsi, une diminution de l'efficacité des mécanismes segmentaires et supra-spinaux a été observée lors du vieillissement, et ce, par le biais de la réponse au traitement TENS. Puisque le TENS n'a pas diminué la douleur chez les aînés et que le traitement était identique à celui des jeunes adultes, il est possible de suggérer que les mécanismes physiologiques sont affectés dans cette tranche d'âge. Il est concevable de supposer que ces conclusions pourraient également s'appliquer à différentes approches physiques reposant sur l'activation des mécanismes segmentaires (ex. : massage) et

descendants (ex. : acupuncture traditionnelle). Cependant, de plus amples recherches sont nécessaires pour confirmer cette supposition.

Enfin, une force importante du présent projet de recherche est l'évaluation des deux types de TENS actifs entre eux. À notre connaissance, une seule autre étude (Law et Cheing, 2004) avait comparé l'efficacité analgésique des différents types de TENS (conventionnel et acupuncture) entre eux chez les aînés. Aucune différence entre le TENS conventionnel et le TENS acupuncture n'a été observée par Law et Cheing (2004). Cependant, il était impossible de déterminer si l'étude avait été effectuée seulement chez des aînés (aucun intervalle d'âge mentionné). Ainsi, la présente étude a permis d'étudier l'effet analgésique des deux modalités du TENS, soit le TENS conventionnel et le TENS acupuncture, et ce dans deux différentes tranches d'âge. Ce type de devis permettait d'observer si les jeunes adultes et les aînés avaient une meilleure réponse analgésique selon un type de traitement TENS (conventionnel versus acupuncture). De plus, l'étude permet aussi d'approfondir les connaissances sur la réponse analgésique obtenue selon les différentes tranches d'âges. Ceci permet d'observer si l'âge d'un patient affecte la réponse au traitement TENS.

6.8 Perspectives futures du présent projet de recherche

Le présent projet de recherche ouvre plusieurs pistes de recherche. Il serait, par exemple, important de confirmer les présents résultats en utilisant un paradigme de douleur clinique, et ce, afin de voir si les résultats obtenus pour une douleur expérimentale s'appliquent aussi pour des douleurs cliniques. De plus, il serait intéressant d'approfondir les recherches sur les mécanismes spinaux des MECD. Tel que mentionné lors de la recension des écrits, plusieurs études ont évalué l'efficacité des mécanismes supra-spinaux. Cependant, aucune étude, à ce jour, n'a étudié l'impact du vieillissement sur les mécanismes spinaux. Ainsi, les résultats du présent projet suggèrent que non seulement les mécanismes inhibiteurs descendants sont affectés par le vieillissement, mais les

mécanismes segmentaires le seraient aussi. Cette observation pourrait affecter d'autres traitements que le TENS tels les massages ou les vibrations. De plus, cette perte d'efficacité des mécanismes spinaux pourrait être en lien avec les douleurs ressenties chez les aînés. Ainsi, il serait intéressant d'approfondir les bases neurophysiologiques expliquant cette perte d'efficacité avec l'âge. Il serait aussi nécessaire de venir approfondir les connaissances sur les différentes approches pharmacologiques ou non pharmacologiques qui permettraient de bonifier l'effet du TENS en créant un effet analgésique synergique ou additif. Une combinaison de modalités thérapeutiques devrait être identifiée pour venir optimiser le soulagement de la douleur chez les aînés tout en diminuant les effets secondaires reliés au traitement contre la douleur. Finalement, il faudrait examiner le lien entre l'effet placebo et le vieillissement puisque ceci pourrait avoir un impact sur la réalisation des études cliniques auprès des aînés.

CHAPITRE VII : CONCLUSION

Les résultats du présent projet de recherche démontrent que l'utilisation du TENS chez les aînés est moins efficace que chez les jeunes. Malgré que le TENS conventionnel et le TENS acupuncture soient efficaces chez les jeunes adultes, les deux types de TENS n'ont pas permis de diminuer significativement la douleur chez les aînés. Le présent projet a permis de déterminer l'efficacité des différents types de TENS, et ce à travers deux différentes tranches d'âge. De plus, puisque le TENS conventionnel et le TENS acupuncture reposent sur des mécanismes différents, il a été possible d'observer l'efficacité des mécanismes spinaux et supra-spinaux et ce, par le biais de la réponse au traitement. Ainsi, les résultats de l'étude suggèrent que les mécanismes endogènes de contrôle de la douleur spinaux et supra-spinaux ont tous deux touché avec l'âge. Les résultats suggèrent que le TENS ne serait pas la meilleure option de traitement lorsqu'utilisé seul (monothérapie) chez les aînés. Ainsi, les cliniciens devraient essayer d'optimiser le traitement TENS en le combinant à d'autres modalités de traitement reconnues efficaces pour maximiser le soulagement. Nos résultats doivent cependant être confirmés par de plus amples recherches en douleur clinique.

La douleur chronique est une pathologie omniprésente dans notre société. De plus, avec le vieillissement de la population, le nombre de personnes nécessitant un traitement pour diminuer leur douleur ne fait qu'augmenter. Malheureusement, les écrits scientifiques se penchent majoritairement sur les jeunes adultes sans se concentrer directement sur les aînés. Cette situation est déplorable compte tenu du fait que les aînés pourraient répondre à un traitement contre leur douleur différemment des jeunes adultes comme le démontrent les résultats de notre étude. Un besoin urgent est présent afin d'orienter les efforts de recherche des cliniciens et chercheurs auprès de la population vieillissante.

REMERCIEMENTS

J'aimerais prendre ces quelques lignes pour remercier mes directeurs de recherche. Un grand merci au Pr Guillaume Léonard. Pour sa présence, son aide et ses encouragements, je veux exprimer ma gratitude d'avoir été ton étudiante au cours de ma maîtrise. Je voudrais aussi remercier le Pre Hélène Corriveau. Vos judicieux conseils et votre écoute m'ont permis de grandir dans mon cheminement aux études supérieures. Vous avez tous les deux été des mentors hors pair et je garderai avec moi les connaissances que vous m'avez léguées tout au long de ma carrière future. Je vous remercie du fond du cœur.

De plus, je voudrais remercier le Pre. Mélanie Morin et le Pre. Kadija Perrault pour votre temps et les commentaires portés à ce mémoire. J'aimerais remercier l'Université de Sherbrooke et le programme de Sciences cliniques pour l'excellente formation reçue. De plus, merci au Centre de Recherche sur le Vieillissement pour le soutien logistique pour accomplir le projet de recherche.

Un merci tout spécial à Mme Marie-Claude Girard pour son aide précieuse lors de la collecte de données. Ton soutien a rendu possible chacune des visites des participants. De plus, je veux remercier tous les participants ayant pris part au présent projet de recherche. Sans vous, la recherche n'avancerait pas. Merci à tous mes collègues du laboratoire de douleur.

Enfin, je voudrais remercier tous les membres de ma famille, Lyne, Jean et Alexandre, qui m'ont supportée et encouragée pendant tout mon parcours à la maîtrise. Vous m'avez donné la force et l'inspiration pour me rendre jusqu'au bout. Merci pour votre confiance absolue.

RÉFÉRENCES

- Adams, C.B. (1989). Microvascular compression: an alternative view and hypothesis. *Journal of neurosurgery*, vol. 70, n° 0022-3085; 1, p. 1-12.
- AGS Panel on Persistent Pain in Older Persons (2002). The management of persistent pain in older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 50, n° 6 Suppl, p. S205-24.
- American Geriatrics Society (2009). Pharmacological management of persistent pain in older persons. *Pain medicine (Malden, Mass.)*, vol. 10, n° 6, p. 1062-1083.
- Basbaum, A.I. et Jessell, T.M. (2000). The perception of pain. In Kandel, E., Schwartz, J. et Jessell, T., *Principles of Neural Science* (p. 472-491). Montreal, McGraw-Hill.
- Beaulieu, P., Lussier, D., Porreca, F. et Dickenson, A.H. (2010). *Pharmacology of Pain*. Seattle, IASP Press, 3 p. (Collection Pharmacology of Pain).
- Bedson, J. et Croft, P.R. (2008). The discordance between clinical and radiographic knee osteoarthritis: a systematic search and summary of the literature. *BMC musculoskeletal disorders*, vol. 9, p. 116-2474-9-116.
- Bélanger, A.Y. (2010). *Therapeutic Electrophysical Agents : Evidence Behind Practice*. 2 édition, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 504 p. (2009002847; (OCOLC)ocn473534514).
- Benedetti, F. (2012). Placebo-induced improvements: how therapeutic rituals affect the patient's brain. *Journal of acupuncture and meridian studies*, vol. 5, n° 3, p. 97-103.
- Benedetti, F. (2013). Placebo and the new physiology of the doctor-patient relationship. *Physiological reviews*, vol. 93, n° 3, p. 1207-1246.
- Benedetti, F., Amanzio, M., Casadio, C., Cavallo, A., Cianci, R., Giobbe, R., Mancuso, M., Ruffini, E. et Maggi, G. (1997). Control of postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic operations. *The annals of thoracic surgery*, vol. 63, n° 0003-4975; 0003-4975; 3, p. 773-776.
- Benowitz, N.L. (1990). Clinical pharmacology of caffeine. *Annual Review of Medicine*, vol. 41, p. 277-288.
- Bergeron-Vezina, K. et Leonard, G. (2013). On "what makes transcutaneous electrical nerve stimulation work?..." Sluka KA, Bjordal JM, Marchand S, Rakel BA. *Phys Ther*. 2013;93:1397-1402. *Physical therapy*, vol. 93, n° 10, p. 1426-1427.

- Bernhofer, E. et Sorrell, J. (2012). Chronic Pain in older adults. *Journal of psychosocial nursing*, vol. 50, n° No.1, p. 19-23.
- Bingel, U., Colloca, L. et Vase, L. (2011). Mechanisms and clinical implications of the placebo effect: is there a potential for the elderly? A mini-review. *Gerontology*, vol. 57, n° 4, p. 354-363.
- Bjordal, J.M., Johnson, M.I. et Ljunggreen, A.E. (2003). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *European journal of pain (London, England)*, vol. 7, n° 2, p. 181-188.
- Blumenfeld, H. (2002). *Neuroanatomy through Clinical Cases*. Sunderland, Sinauer Associates,
- Boggio, P.S., Amancio, E.J., Correa, C.F., Cecilio, S., Valasek, C., Bajwa, Z., Freedman, S.D., Pascual-Leone, A., Edwards, D.J. et Fregni, F. (2009). Transcranial DC stimulation coupled with TENS for the treatment of chronic pain: a preliminary study. *The Clinical journal of pain*, vol. 25, n° 8, p. 691-695.
- Bouhassira, D., Villanueva, L., Bing, Z. et le Bars, D. (1992). Involvement of the subnucleus reticularis dorsalis in diffuse noxious inhibitory controls in the rat. *Brain research*, vol. 595, n° 2, p. 353-357.
- Bourreau, F. (1999). *Modèles théoriques cognitifs et comportementaux de la douleur chronique*. 265-272 p. 12. (Collection - Douleur et Analgésie).
- Breit, R. et Van der Wall, H. (2004). Transcutaneous electrical nerve stimulation for postoperative pain relief after total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*, vol. 19, n° 1, p. 45-48.
- Brookoff, D. (2000). Chronic pain: 1. A new disease? *Hospital practice (1995)*, vol. 35, n° 7, p. 45-52, 59.
- Brosseau, L., Milne, S., Robinson, V., Marchand, S., Shea, B., Wells, G. et Tugwell, P. (2002). Efficacy of the transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of chronic low back pain: a meta-analysis. *Spine*, vol. 27, n° 1528-1159; 6, p. 596-603.
- Brosseau, L., Yonge, K.A., Welch, V., Marchand, S., Judd, M., Wells, G.A. et Tugwell, P. (2010). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for the treatment of rheumatoid arthritis in the hand. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 7,
- Buonocore, M., Camuzzini, N., Cecini, M. et Dalla Toffola, E. (2013). High-frequency transcutaneous peripheral nerve stimulation induces a higher increase of heat pain threshold in the cutaneous area of the stimulated nerve when confronted to the neighbouring areas. *BioMed research international*, vol. 2013, p. 464207.

- Calvino, B. et Grilo, R.M. (2006). Central pain control. *Joint, bone, spine : revue du rhumatisme*, vol. 73, n° 1, p. 10-16.
- Cameron, M.H. (2009). *Physical agents in rehabilitation : from research to practice*. 3 édition, St. Louis, MO, Saunders Elsevier, 457 p. ((OCoLC)225440590).
- Cawley, D. et Bennett, M.I. (2009). Management of pain. *British Journal Of Hospital Medicine (London, England: 2005)*, vol. 70, n° 4, p. 197-201.
- Chabal, C., Fishbain, D.A., Weaver, M. et Heine, L.W. (1998). Long-term transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) use: impact on medication utilization and physical therapy costs. *The Clinical journal of pain*, vol. 14, n° 0749-8047; 1, p. 66-73.
- Chalaye, P., Goffaux, P., Lafrenaye, S. et Marchand, S. (2009). Respiratory effects on experimental heat pain and cardiac activity. *Pain Medicine*, vol. 10, n° 1526-4637; 1526-2375; 8, p. 1334-1340.
- Charron, J., Rainville, P. et Marchand, S. (2006). Direct comparison of placebo effects on clinical and experimental pain. *The Clinical journal of pain*, vol. 22, n° 0749-8047; 2, p. 204-211.
- Cheing, G.L. et Chan, W.W. (2009). Influence of choice of electrical stimulation site on peripheral neurophysiological and hypoalgesic effects. *Journal of rehabilitation medicine : official journal of the UEMS European Board of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 41, n° 6, p. 412-417.
- Cheing, G.L. et Hui-Chan, C.W. (2003). Analgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and interferential currents on heat pain in healthy subjects. *Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 35, n° 1, p. 15-19.
- Cheing, G.L., Hui-Chan, C.W. et Chan, K.M. (2002). Does four weeks of TENS and/or isometric exercise produce cumulative reduction of osteoarthritic knee pain? *Clinical rehabilitation*, vol. 16, n° 7, p. 749-760.
- Cheing, G.L. et Luk, M.L. (2005). Transcutaneous electrical nerve stimulation for neuropathic pain. *Journal of hand surgery (Edinburgh, Scotland)*, vol. 30, n° 1, p. 50-55.
- Cheing, G.L., Tsui, A.Y., Lo, S.K. et Hui-Chan, C.W. (2003). Optimal stimulation duration of tens in the management of osteoarthritic knee pain. *Journal of rehabilitation medicine : official journal of the UEMS European Board of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 35, n° 2, p. 62-68.
- Chen, C.C. et Johnson, M.I. (2010a). A comparison of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) at 3 and 80 pulses per second on cold-pressor pain in healthy

- human participants. *Clinical physiology and functional imaging*, vol. 30, n° 4, p. 260-268.
- Chen, C.C. et Johnson, M.I. (2010b). An investigation into the hypoalgesic effects of high- and low-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimentally-induced blunt pressure pain in healthy human participants. *The Journal of Pain*, vol. 11, n° 1528-8447; 1, p. 53-61.
- Chen, C., Tabasam, G. et Johnson, M.I. (2008). Does the pulse frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) influence hypoalgesia?: A systematic review of studies using experimental pain and healthy human participants. *Physiotherapy*, vol. 94, n° 1, p. 11-20.
- Chen, R., Corwell, B., Yaseen, Z., Hallett, M. et Cohen, L.G. (1998). Mechanisms of cortical reorganization in lower-limb amputees. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, vol. 18, n° 0270-6474; 0270-6474; 9, p. 3443-3450.
- Chesterton, L.S., Barlas, P., Foster, N.E., Lundeberg, T., Wright, C.C. et Baxter, G.D. (2002). Sensory stimulation (TENS): effects of parameter manipulation on mechanical pain thresholds in healthy human subjects. *Pain*, vol. 99, n° 0304-3959; 0304-3959; 1-2, p. 253-262.
- Chesterton, L.S., Foster, N.E., Wright, C.C., Baxter, G.D. et Barlas, P. (2003). Effects of TENS frequency, intensity and stimulation site parameter manipulation on pressure pain thresholds in healthy human subjects. *Pain*, vol. 106, n° 1-2, p. 73-80.
- Choiniere, M., Dion, D., Peng, P., Banner, R., Barton, P.M., Boulanger, A., Clark, A.J., Gordon, A.S., Guerriere, D.N., Guertin, M.C., Intrater, H.M., Lefort, S.M., Lynch, M.E., Moulin, D.E., Ong-Lam, M., Racine, M., Rashiq, S., Shir, Y., Taenzer, P. et Ware, M. (2010). The Canadian STOP-PAIN project - Part 1: Who are the patients on the waitlists of multidisciplinary pain treatment facilities? *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthesie*, vol. 57, n° 6, p. 539-548.
- Choinière, R. (2010). *Vieillesse de la population, état fonctionnel des personnes âgées et besoins futurs en soins de longue durée au Québec*. Institut national de la santé publique du Québec,
- Chou, R. et Shekelle, P. (2010). Will this patient develop persistent disabling low back pain? *JAMA : the journal of the American Medical Association*, vol. 303, n° 1538-3598; 0098-7484; 13, p. 1295-1302.
- Claydon, L.S., Chesterton, L.S., Barlas, P. et Sim, J. (2008). Effects of simultaneous dual-site TENS stimulation on experimental pain. *European journal of pain (London, England)*, vol. 12, n° 6, p. 696-704.

- Claydon, L.S., Chesterton, L.S., Barlas, P. et Sim, J. (2011). Dose-specific effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimental pain: a systematic review. *The Clinical journal of pain*, vol. 27, n° 7, p. 635-647.
- Cuellar, N.G. (2005). Hypnosis for pain management in the older adult. *Pain management nursing : official journal of the American Society of Pain Management Nurses*, vol. 6, n° 3, p. 105-111.
- Cunningham, N.R. et Kashikar-Zuck, S. (2013). Nonpharmacological treatment of pain in rheumatic diseases and other musculoskeletal pain conditions. *Current rheumatology reports*, vol. 15, n° 2, p. 306-012-0306-y.
- Dailey, D., Rakel, B., Vance, C., Lee, J., Liebano, R., Anand, A. et Sluka, K. (2011). Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) reduces pain and improves function in people with Fibromyalgia. *The Journal of Pain*, vol. 12, n° 4, Supplement, p. P23.
- De Koninck, Y. et Henry, J.L. (1992). Peripheral vibration causes an adenosine-mediated postsynaptic inhibitory potential in dorsal horn neurons of the cat spinal cord. *Neuroscience*, vol. 50, n° 2, p. 435-443.
- Deyo, R.A., Dworkin, S.F., Amtmann, D., Andersson, G., Borenstein, D., Carragee, E., Carrino, J., Chou, R., Cook, K., DeLitto, A., Goertz, C., Khalsa, P., Loeser, J., Mackey, S., Panagis, J., Rainville, J., Tosteson, T., Turk, D., Von Korff, M. et Weiner, D.K. (2014). Report of the National Institutes of Health Task Force on Research Standards for Chronic Low Back Pain. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*,
- Dobrila-Dintinjana, R. et Nacinovic-Duletic, A. (2011). Placebo in the treatment of pain. *Collegium antropologicum*, vol. 35 Suppl 2, p. 319-323.
- Dumas, E.O. et Pollack, G.M. (2008). Opioid tolerance development: a pharmacokinetic/pharmacodynamic perspective. *The AAPS journal*, vol. 10, n° 4, p. 537-551.
- Duong, B.D., Kerns, R.D., Towle, V. et Reid, M.C. (2005). Identifying the activities affected by chronic nonmalignant pain in older veterans receiving primary care. *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 53, n° 4, p. 687-694.
- Edwards, R.R. et Fillingim, R.B. (2001). Age-associated differences in responses to noxious stimuli. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, vol. 56, n° 3, p. M180-5.
- Edwards, R.R., Fillingim, R.B. et Ness, T.J. (2003). Age-related differences in endogenous pain modulation: a comparison of diffuse noxious inhibitory controls in healthy older and younger adults. *Pain*, vol. 101, n° 1-2, p. 155-165.

- Elliott, A.M., Smith, B.H., Penny, K.I., Smith, W.C. et Chambers, W.A. (1999). The epidemiology of chronic pain in the community. *Lancet*, vol. 354, n° 9186, p. 1248-1252.
- Elvir-Lazo, O.L. et White, P.F. (2010). The role of multimodal analgesia in pain management after ambulatory surgery. *Current opinion in anaesthesiology*, vol. 23, n° 6, p. 697-703.
- Facchinetti, F., Sandrini, G., Petraglia, F., Alfonsi, E., Nappi, G. et Genazzani, A.R. (1984). Concomitant increase in nociceptive flexion reflex threshold and plasma opioids following transcutaneous nerve stimulation. *Pain*, vol. 19, n° 0304-3959; 3, p. 295-303.
- Farrar, J.T., Berlin, J.A. et Strom, B.L. (2003). Clinically important changes in acute pain outcome measures: a validation study. *Journal of pain and symptom management*, vol. 25, n° 5, p. 406-411.
- Farrar, J.T., Portenoy, R.K., Berlin, J.A., Kinman, J.L. et Strom, B.L. (2000). Defining the clinically important difference in pain outcome measures. *Pain*, vol. 88, n° 3, p. 287-294.
- Farrar, J.T., Young, J.P., Jr, LaMoreaux, L., Werth, J.L. et Poole, R.M. (2001). Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain*, vol. 94, n° 2, p. 149-158.
- Farrell, M.J. (2012). Age-related changes in the structure and function of brain regions involved in pain processing. *Pain medicine (Malden, Mass.)*, vol. 13 Suppl 2, p. S37-43.
- Fields, H., Basbaum, A. et Heinricher, M.M. (2006). Central nervous system mechanisms of pain modulation. In McMahon, S.B. et Koltzenburg, M., *Wall and Melzack's Textbook of Pain* (p. 125-142). China, Elsevier Churchill Livingstone.
- Fields, H.L. et Basbaum, A.I. (1978). Brainstem control of spinal pain-transmission neurons. *Annual Review of Physiology*, vol. 40, p. 217-248.
- Fishbain, D.A., Chabal, C., Abbott, A., Heine, L.W. et Cutler, R. (1996). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) treatment outcome in long-term users. *The Clinical journal of pain*, vol. 12, n° 0749-8047; 3, p. 201-214.
- Foster, N.E., Baxter, F., Walsh, D.M., Baxter, G.D. et Allen, J.M. (1996). Manipulation of transcutaneous electrical nerve stimulation variables has no effect on two models of experimental pain in humans. *The Clinical journal of pain*, vol. 12, n° 4, p. 301-310.

- Francis, R.P. et Johnson, M.I. (2011). The characteristics of acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation (acupuncture-like TENS): a literature review. *Acupuncture & Electro-Therapeutics Research*, vol. 36, n° 3-4, p. 231-258.
- Franconi, F., Campesi, I., Occhioni, S., Antonini, P. et Murphy, M.F. (2012). Sex and gender in adverse drug events, addiction, and placebo. *Handbook of Experimental Pharmacology*, vol. (214):107-26. doi, n° 214, p. 107-126.
- Freyenet, A. et Falcoz, P.E. (2010). Is transcutaneous electrical nerve stimulation effective in relieving postoperative pain after thoracotomy? *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*, vol. 10, n° 2, p. 283-288.
- Gibson, S.J. et Farrell, M. (2004). A review of age differences in the neurophysiology of nociception and the perceptual experience of pain. *The Clinical journal of pain*, vol. 20, n° 4, p. 227-239.
- Gibson, S.J. et Helme, R.D. (2001). Age-related differences in pain perception and report. *Clinics in geriatric medicine*, vol. 17, n° 3, p. 433-56, v-vi.
- Gibson, S.J. et Lussier, D. (2012). Prevalence and relevance of pain in older persons. *Pain medicine (Malden, Mass.)*, vol. 13 Suppl 2, p. S23-6.
- Gildenberg, P.L. (2006). History of electrical neuromodulation for chronic pain. *Pain Medicine*, vol. 7 Suppl 1, n° 1526-2375, p. S7-S13.
- Giovannoni, M.P., Ghelardini, C., Vergelli, C. et Dal Piaz, V. (2009). Alpha2-agonists as analgesic agents. *Medicinal research reviews*, vol. 29, n° 2, p. 339-368.
- Girard, C., St-Amour, M., Payeur, F.F., Lachance, J. et André, D. (2012). *Le bilan démographique du Québec*. Édition 2012 édition, Institut de la statistique du Québec,
- Goffaux, P., de Souza, J.B., Potvin, S. et Marchand, S. (2009a). Pain relief through expectation supersedes descending inhibitory deficits in fibromyalgia patients. *Pain*, vol. 145, n° 1-2, p. 18-23.
- Goffaux, P., Leonard, G. et Marchand, S. (2009b). Neuroanatomie fonctionnelle de l'effet placebo. In Bouhassira, D. et Calvino, B., *Douleurs : physiologie, physiopathologie et pharmacologie* (p. 317-331). Paris, Arnette.
- Goffaux, P., Redmond, W.J., Rainville, P. et Marchand, S. (2007). Descending analgesia--when the spine echoes what the brain expects. *Pain*, vol. 130, n° 1872-6623; 1-2, p. 137-143.
- Gomez-Tames, J.D., Gonzalez, J. et Yu, W. (2012). A simulation study: effect of the inter-electrode distance, electrode size and shape in transcutaneous electrical stimulation. *Conference proceedings : ...Annual International Conference of the IEEE Engineering*

in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference, vol. 2012, p. 3576-3579.

- Granot, M., Granovsky, Y., Sprecher, E., Nir, R.R. et Yarnitsky, D. (2006). Contact heat-evoked temporal summation: tonic versus repetitive-phasic stimulation. *Pain*, vol. 122, n° 3, p. 295-305.
- Grant, D.J., Bishop-Miller, J., Winchester, D.M., Anderson, M. et Faulkner, S. (1999). A randomized comparative trial of acupuncture versus transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic back pain in the elderly. *Pain*, vol. 82, n° 1, p. 9-13.
- Gureje, O., Von Korff, M., Simon, G.E. et Gater, R. (1998). Persistent pain and well-being: a World Health Organization Study in Primary Care. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, vol. 280, n° 2, p. 147-151.
- Han, J.S., Chen, X.H., Sun, S.L., Xu, X.J., Yuan, Y., Yan, S.C., Hao, J.X. et Terenius, L. (1991). Effect of low- and high-frequency TENS on Met-enkephalin-Arg-Phe and dynorphin A immunoreactivity in human lumbar CSF. *Pain*, vol. 47, n° 0304-3959; 3, p. 295-298.
- Hannan, M.T., Felson, D.T. et Pincus, T. (2000). Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. *The Journal of rheumatology*, vol. 27, n° 6, p. 1513-1517.
- Hassett, A.L. et Williams, D.A. (2011). Non-pharmacological treatment of chronic widespread musculoskeletal pain. *Best practice & research. Clinical rheumatology*, vol. 25, n° 2, p. 299-309.
- Hayes, K.W. (2000). *Manual for physical agents*. New Jersey, Prentice Hall Health, 5th.
- Helme, R.D. et Gibson, S.J. (2001). The epidemiology of pain in elderly people. *Clinics in geriatric medicine*, vol. 17, n° 3, p. 417-31.
- Hilmer, S.N., McLachlan, A.J. et Le Couteur, D.G. (2007). Clinical pharmacology in the geriatric patient. *Fundamental & clinical pharmacology*, vol. 21, n° 3, p. 217-230.
- International Association for the Study of Pain (2012). IASP Taxonomy. In http://www.iasp-pain.org/AM/Template.cfm?Section=Pain_Defi...isplay.cfm&ContentID=1728 (Page consultée le 09/09 2013).
- International Association for the Study of Pain Task Force on Taxonomy (1994). *Classification of chronic pain : descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms*. 2 édition, Seattle, International Association for the Study of Pain Press,

- James, J.E. et Hardardottir, D. (2002). Influence of attention focus and trait anxiety on tolerance of acute pain. *British journal of health psychology*, vol. 7, n° Pt 2, p. 149-162.
- Jarvik, J.G. et Deyo, R.A. (2002). Diagnostic evaluation of low back pain with emphasis on imaging. *Annals of Internal Medicine*, vol. 137, n° 7, p. 586-597.
- Jensen, M. et Patterson, D.R. (2006). Hypnotic treatment of chronic pain. *Journal of behavioral medicine*, vol. 29, n° 0160-7715; 1, p. 95-124.
- Jensen, M.P. (2009). Hypnosis for chronic pain management: a new hope. *Pain*, vol. 146, n° 3, p. 235-237.
- Jensen, M.P., Day, M.A. et Miro, J. (2014). Neuromodulatory treatments for chronic pain: efficacy and mechanisms. *Nature reviews.Neurology*, vol. 10, n° 3, p. 167-178.
- Johnson, M. et Martinson, M. (2007). Efficacy of electrical nerve stimulation for chronic musculoskeletal pain: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain*, vol. 130, n° 1872-6623; 1-2, p. 157-165.
- Kalra, A., Urban, M.O. et Sluka, K.A. (2001). Blockade of opioid receptors in rostral ventral medulla prevents antihyperalgesia produced by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Journal of pharmacology and experimental therapeutics*, vol. 298, n° 0022-3565; 1, p. 257-263.
- Kandel, E.R., Schwartz, J.H.(H., 1932 et Jessell, T.M. (2013). *Principles of neural science*. Fifth edition édition, New York, McGraw-Hill, Health Professions Division,
- Kane, K. et Taub, A. (1975). A history of local electrical analgesia. *Pain*, vol. 1, n° 2, p. 125-138.
- Keith, D.E., Anton, B., Murray, S.R., Zaki, P.A., Chu, P.C., Lissin, D.V., Montelilet-Agius, G., Stewart, P.L., Evans, C.J. et von, Z.M. (1998). mu-Opioid receptor internalization: opiate drugs have differential effects on a conserved endocytic mechanism in vitro and in the mammalian brain. *Molecular pharmacology*, vol. 53, n° 0026-895; 3, p. 377-384.
- Kern, D., Plantevin, F. et Bouhassira, D. (2008). Effects of morphine on the experimental illusion of pain produced by a thermal grill. *Pain*, vol. 139, n° 3, p. 653-659.
- Khadilkar, A., Odebiyi, O.D., Brosseau, L. et Wells, G.A. (2013). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) versus placebo for chronic low-back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 5,

- Koshi, E.B. et Short, C.A. (2007). Placebo theory and its implications for research and clinical practice: a review of the recent literature. *Pain practice : the official journal of World Institute of Pain*, vol. 7, n° 1, p. 4-20.
- Lariviere, M., Goffaux, P., Marchand, S. et Julien, N. (2007). Changes in pain perception and descending inhibitory controls start at middle age in healthy adults. *The Clinical journal of pain*, vol. 23, n° 0749-8047; 6, p. 506-510.
- Lautenbacher, S., Kunz, M., Strate, P., Nielsen, J. et Arendt-Nielsen, L. (2005). Age effects on pain thresholds, temporal summation and spatial summation of heat and pressure pain. *Pain*, vol. 115, n° 3, p. 410-418.
- Law, P.P. et Cheing, G.L. (2004). Optimal stimulation frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on people with knee osteoarthritis. *Journal of rehabilitation medicine : official journal of the UEMS European Board of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 36, n° 5, p. 220-225.
- Le Bars, D. (2002). The whole body receptive field of dorsal horn multireceptive neurones. *Brain Research Reviews*, vol. 40, n° 1-3, p. 29-44.
- Le Bars, D., Dickenson, A.H. et Besson, J.M. (1979). Diffuse noxious inhibitory controls (DNIC). I. Effects on dorsal horn convergent neurones in the rat. *Pain*, vol. 6, n° 0304-3959; 3, p. 283-304.
- Leonard, G., Cloutier, C. et Marchand, S. (2011). Reduced analgesic effect of acupuncture-like TENS but not conventional TENS in opioid-treated patients. *The journal of pain : official journal of the American Pain Society*, vol. 12, n° 2, p. 213-221.
- Leonard, G., Goffaux, P. et Marchand, S. (2010). Deciphering the role of endogenous opioids in high-frequency TENS using low and high doses of naloxone. *Pain*, vol. 151, n° 1, p. 215-219.
- Liebano, R.E., Rakel, B., Vance, C.G., Walsh, D.M. et Sluka, K.A. (2011). An investigation of the development of analgesic tolerance to TENS in humans. *Pain*, vol. 152, n° 2, p. 335-342.
- Liebano, R.E., Vance, C.G., Rakel, B.A., Lee, J.E., Cooper, N.A., Marchand, S., Walsh, D.M. et Sluka, K.A. (2013). Transcutaneous electrical nerve stimulation and conditioned pain modulation influence the perception of pain in humans. *European journal of pain (London, England)*, vol. 17, n° 10, p. 1539-1546.
- Lips, P. et Ooms, M.E. (2000). Non-pharmacological interventions. *Bailliere's best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism*, vol. 14, n° 2, p. 265-277.
- Loeser, J.D. (2006). Chapter 2 Pain as a disease. *Handbook of clinical neurology*, vol. 81, p. 11-20.

- Lundy-Ekman, L. (2007). *Neuroscience: Fundamentals for Rehabilitation*. Toronto, W.B. Saunders Company, 3rd.
- Mannheimer, J.S. (1978). Electrode placements for transcutaneous electrical nerve stimulation. *Physical therapy*, vol. 58, n° 12, p. 1455-1462.
- Marchand, S. (2009). *Le phénomène de la douleur*. Montréal, Les Éditions de la Chenelière inc, 2e.
- Marchand, S. (2010). Applied pain neurophysiology. In Beaulieu, P., Lussier, D., Porreca, F. et Dickenson, A.H., *Pharmacology of Pain* (p. 3-26). Seattle, IASP Press.
- Marchand, S., Bushnell, M.C. et Duncan, G.H. (1991). Modulation of heat pain perception by high frequency transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *The Clinical journal of pain*, vol. 7, n° 0749-8047; 2, p. 122-129.
- Marchand, S., Charest, J., Li, J., Chenard, J.R., Lavignolle, B. et Laurencelle, L. (1993). Is TENS purely a placebo effect? A controlled study on chronic low back pain. *Pain*, vol. 54, n° 0304-3959; 1, p. 99-106.
- Marchand, S., Li, J. et Charest, J. (1995). Effects of caffeine on analgesia from transcutaneous electrical nerve stimulation. *The New England journal of medicine*, vol. 333, n° 0028-4793; 5, p. 325-326.
- Maxwell, C.J., Dalby, D.M., Slater, M., Patten, S.B., Hogan, D.B., Eliasziw, M. et Hirdes, J.P. (2008). The prevalence and management of current daily pain among older home care clients. *Pain*, vol. 138, n° 1, p. 208-216.
- McCarberg, B.H., Stanos, S. et Williams, D.A. (2012). Comprehensive chronic pain management: improving physical and psychological function (CME multimedia activity). *The American Journal of Medicine*, vol. 125, n° 6, p. S1.
- McLachlan, A.J., Hilmer, S.N. et Le Couteur, D.G. (2009). Variability in response to medicines in older people: phenotypic and genotypic factors. *Clinical pharmacology and therapeutics*, vol. 85, n° 4, p. 431-433.
- McLean, A.J. et Le Couteur, D.G. (2004). Aging biology and geriatric clinical pharmacology. *Pharmacological reviews*, vol. 56, n° 2, p. 163-184.
- Melzack, R. et Wall, P.D. (1965). Pain mechanisms: a new theory. *Science*, vol. 150, n° 699, p. 971-979.
- Mifflin, K.A. et Kerr, B.J. (2014). The transition from acute to chronic pain: understanding how different biological systems interact. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie*, vol. 61, n° 2, p. 112-122.

- Moore, S.R. et Shurman, J. (1997). Combined neuromuscular electrical stimulation and transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of chronic back pain: a double-blind, repeated measures comparison. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 78, n° 0003-9993; 1, p. 55-60.
- Moran, F., Leonard, T., Hawthorne, S., Hughes, C.M., McCrum-Gardner, E., Johnson, M.I., Rakel, B.A., Sluka, K.A. et Walsh, D.M. (2011). Hypoalgesia in response to transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) depends on stimulation intensity. *The journal of pain : official journal of the American Pain Society*, vol. 12, n° 8, p. 929-935.
- Moulin, D.E., Clark, A.J., Speechley, M. et Morley-Forster, P.K. (2002). Chronic pain in Canada--prevalence, treatment, impact and the role of opioid analgesia. *Pain research & management : the journal of the Canadian Pain Society = journal de la societe canadienne pour le traitement de la douleur*, vol. 7, n° 4, p. 179-184.
- Naert, A.L., Kehlet, H. et Kupers, R. (2008). Characterization of a novel model of tonic heat pain stimulation in healthy volunteers. *Pain*, vol. 138, n° 1, p. 163-171.
- National Health Institutes (2011). Chronic Pain: Symptoms, Diagnosis, & Treatment. *NIH MedlinePlus the Magazine*, vol. 6, n° 1, p. 5-6.
- Neil, M.J. (2011). Clonidine: clinical pharmacology and therapeutic use in pain management. *Current clinical pharmacology*, vol. 6, n° 4, p. 280-287.
- Neville, A., Peleg, R., Singer, Y., Sherf, M. et Shvartzman, P. (2008). Chronic pain: a population-based study. *The Israel Medical Association journal : IMAJ*, vol. 10, n° 10, p. 676-680.
- Ng, M.M., Leung, M.C. et Poon, D.M. (2003). The effects of electro-acupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation on patients with painful osteoarthritic knees: a randomized controlled trial with follow-up evaluation. *Journal of alternative and complementary medicine (New York, N.Y.)*, vol. 9, n° 5, p. 641-649.
- Nnoaham, K.E. et Kumbang, J. (2010). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 1,
- Noling, L.B., Clelland, J.A., Jackson, J.R. et Knowles, C.J. (1988). Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation at auricular points on experimental cutaneous pain threshold. *Physical therapy*, vol. 68, n° 3, p. 328-332.
- O'Sullivan, D.J. et Swallow, M. (1968). The fibre size and content of the radial and sural nerves. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, vol. 31, n° 5, p. 464-470.
- O'Sullivan, S.B. et Schmitz, T.J. (2000). *Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment*. Philadelphia, F. A. Davis Company,

- O'Sullivan, S.B., Schmitz, T.J., Behrman, A.L. et O'Sullivan, S.B. (2007). *Physical rehabilitation*. 5th édition, Philadelphia, F.A. Davis, 1383 p. (2006019334; (CaOEAGC)58844135).
- Palmer, S.T., Martin, D.J., Steedman, W.M. et Ravey, J. (2004). Effects of electric stimulation on C and A delta fiber-mediated thermal perception thresholds. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 85, n° 1, p. 119-128.
- Pantaleao, M.A., Laurino, M.F., Gallego, N.L., Cabral, C.M., Rakel, B., Vance, C., Sluka, K.A., Walsh, D.M. et Liebano, R.E. (2011). Adjusting Pulse Amplitude During TENS Application Produces Greater Hypoalgesia. *The journal of pain : official journal of the American Pain Society*,
- Park, J. et Hughes, A.K. (2012). Nonpharmacological approaches to the management of chronic pain in community-dwelling older adults: a review of empirical evidence. *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 60, n° 3, p. 555-568.
- Patel, K.V., Guralnik, J.M., Dansie, E.J. et Turk, D.C. (2013). Prevalence and impact of pain among older adults in the United States: findings from the 2011 National Health and Aging Trends Study. *Pain*, vol. 154, n° 12, p. 2649-2657.
- Peck, B.M. (2011). Age-related differences in doctor-patient interaction and patient satisfaction. *Current gerontology and geriatrics research*, vol. 2011, p. 137492.
- Peters, A. (2002). The effects of normal aging on myelin and nerve fibers: a review. *Journal of neurocytology*, vol. 31, n° 8-9, p. 581-593.
- Pickering, G., Jourdan, D., Eschaliér, A. et Dubray, C. (2002). Impact of age, gender and cognitive functioning on pain perception. *Gerontology*, vol. 48, n° 2, p. 112-118.
- Plaghki, L. et Masquellier, E. (2008). Un seuil de la douleur, est-ce que cela existe? *Douleur et Analgésie*, vol. 21, n° 2, p. 67-73.
- Plaghki, L. et Mouraux, A. (2001). Fonctions psychométriques et méthodes psychophysiques adaptatives pour l'étude de la douleur. *Douleur et Analgésie*, vol. 14, n° 1, p. 73-77.
- Raftery, M.N., Sarma, K., Murphy, A.W., De la Harpe, D., Normand, C. et McGuire, B.E. (2011). Chronic pain in the Republic of Ireland--community prevalence, psychosocial profile and predictors of pain-related disability: results from the Prevalence, Impact and Cost of Chronic Pain (PRIME) study, part 1. *Pain*, vol. 152, n° 5, p. 1096-1103.
- Rainville, P., Charron, J. et Marchand, S. (2005). L'analgésie placebo. In Beaulieu, P., *Pharmacologie de la douleur* (p. 353-380). Montréal, Les Presses de l'Université de Montréal.

- Rainville, P., Hofbauer, R.K., Bushnell, M.C., Duncan, G.H. et Price, D.D. (2002). Hypnosis modulates activity in brain structures involved in the regulation of consciousness. *Journal of cognitive neuroscience*, vol. 14, n° 6, p. 887-901.
- Ramage-Morin, P.L. (2008). Chronic pain in Canadian seniors. *Health reports / Statistics Canada, Canadian Centre for Health Information = Rapports sur la sante / Statistique Canada, Centre canadien d'information sur la sante*, vol. 19, n° 1, p. 37-52.
- Reitsma, M., Tranmer, J.E., Buchanan, D.M. et VanDenKerkhof, E.G. (2012). The epidemiology of chronic pain in Canadian men and women between 1994 and 2007: longitudinal results of the National Population Health Survey. *Pain research & management : the journal of the Canadian Pain Society = journal de la societe canadienne pour le traitement de la douleur*, vol. 17, n° 3, p. 166-172.
- Reitsma, M.L., Tranmer, J.E., Buchanan, D.M. et Vandenberg, E.G. (2011). The prevalence of chronic pain and pain-related interference in the Canadian population from 1994 to 2008. *Chronic diseases and injuries in Canada*, vol. 31, n° 4, p. 157-164.
- Reyes-Gibby, C.C., Aday, L. et Cleeland, C. (2002). Impact of pain on self-rated health in the community-dwelling older adults. *Pain*, vol. 95, n° 1-2, p. 75-82.
- Reynolds, D.V. (1969). Surgery in the rat during electrical analgesia induced by focal brain stimulation. *Science*, vol. 164, n° 0036-8075; 878, p. 444-445.
- Ribeiro, J.A. et Sebastiao, A.M. (2010). Caffeine and adenosine. *Journal of Alzheimer's disease : JAD*, vol. 20 Suppl 1, p. S3-15.
- Riley, J.L., 3rd, King, C.D., Wong, F., Fillingim, R.B. et Mauderli, A.P. (2010). Lack of endogenous modulation and reduced decay of prolonged heat pain in older adults. *Pain*, vol. 150, n° 1, p. 153-160.
- Saab, C. (2013). Visualizing the complex brain dynamics of chronic pain. *Journal of neuroimmune pharmacology : the official journal of the Society on NeuroImmune Pharmacology*, vol. 8, n° 3, p. 510-517.
- Saab, C.Y. (2012). Pain-related changes in the brain: diagnostic and therapeutic potentials. *Trends in neurosciences*, vol. 35, n° 10, p. 629-637.
- Salar, G., Job, I., Mingrino, S., Bosio, A. et Trabucchi, M. (1981). Effect of transcutaneous electrotherapy on CSF beta-endorphin content in patients without pain problems. *Pain*, vol. 10, n° 2, p. 169-172.
- Salter, M.W. et Henry, J.L. (1987). Evidence that adenosine mediates the depression of spinal dorsal horn neurons induced by peripheral vibration in the cat. *Neuroscience*, vol. 22, n° 0306-4522; 2, p. 631-650.

- Sawynok, J. (1998). Adenosine receptor activation and nociception. *European journal of pharmacology*, vol. 347, n° 1, p. 1-11.
- Schabrun, S.M., Jones, E., Elgueta Cancino, E.L. et Hodges, P.W. (2014). Targeting chronic recurrent low back pain from the top-down and the bottom-up: a combined transcranial direct current stimulation and peripheral electrical stimulation intervention. *Brain stimulation*, vol. 7, n° 3, p. 451-459.
- Seenan, C., Roche, P.A., Tan, C.W. et Mercer, T. (2012). Modification of experimental, lower limb ischemic pain with transcutaneous electrical nerve stimulation. *The Clinical journal of pain*, vol. 28, n° 8, p. 693-699.
- Shimizu, T., Koja, T., Fujisaki, T. et Fukuda, T. (1981). Effects of methysergide and naloxone on analgesia induced by the peripheral electric stimulation in mice. *Brain research*, vol. 208, n° 2, p. 463-467.
- Simpson, P.M., Fouche, P.F., Thomas, R.E. et Bendall, J.C. (2014). Transcutaneous electrical nerve stimulation for relieving acute pain in the prehospital setting: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *European journal of emergency medicine : official journal of the European Society for Emergency Medicine*, vol. 21, n° 1, p. 10-17.
- Sivrikaya, G.U. (2012). Multimodal Analgesia for Postoperative Pain Management. In Racz, G., *Pain Management - Current Issues and Opinions* (p. 177-210). InTech.
- Sjolund, B.H. et Eriksson, M.B. (1979). The influence of naloxone on analgesia produced by peripheral conditioning stimulation. *Brain research*, vol. 173, n° 2, p. 295-301.
- Sluka, K.A., Bjordal, J.M., Marchand, S. et Rakel, B.A. (2013a). Author response. *Physical therapy*, vol. 93, n° 10, p. 1427-1428.
- Sluka, K.A., Bjordal, J.M., Marchand, S. et Rakel, B.A. (2013b). What Makes Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Work? Making Sense of the Mixed Results in the Clinical Literature. *Physical therapy*, vol. 93, n° 10, p. 1397-1402.
- Sluka, K.A. et Chandran, P. (2002). Enhanced reduction in hyperalgesia by combined administration of clonidine and TENS. *Pain*, vol. 100, n° 1-2, p. 183-190.
- Sluka, K.A., Deacon, M., Stibal, A., Strissel, S. et Terpstra, A. (1999). Spinal blockade of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats. *J.Pharmacol.Exp.Ther.*, vol. 289, n° 2, p. 840-846.
- Sluka, K.A., Lisi, T.L. et Westlund, K.N. (2006). Increased release of serotonin in the spinal cord during low, but not high, frequency transcutaneous electric nerve stimulation in rats with joint inflammation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 87, n° 8, p. 1137-1140.

- Sluka, K.A. et Walsh, D. (2003). Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *The Journal of Pain*, vol. 4, n° 3, p. 109-121.
- Stahl, C. et Drewes, A.M. (2004). Experimental human pain models: a review of standardised methods for preclinical testing of analgesics. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, vol. 95, n° 3, p. 97-111.
- Stewart, C., Leveille, S.G., Shmerling, R.H., Samelson, E.J., Bean, J.F. et Schofield, P. (2012). Management of persistent pain in older adults: the MOBILIZE Boston Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 60, n° 11, p. 2081-2086.
- Sutton, L.M., Demark-Wahnefried, W. et Clipp, E.C. (2003). Management of terminal cancer in elderly patients. *The lancet oncology*, vol. 4, n° 3, p. 149-157.
- Tang, J. et Gibson, S.J. (2005). A psychophysical evaluation of the relationship between trait anxiety, pain perception, and induced state anxiety. *J Pain*, vol. 6, n° 1526-5900; 9, p. 612-619.
- Tong, K.C., Lo, S.K. et Cheing, G.L. (2007). Alternating frequencies of transcutaneous electric nerve stimulation: does it produce greater analgesic effects on mechanical and thermal pain thresholds? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 88, n° 0003-9993; 10, p. 1344-1349.
- Urwin, M., Symmons, D., Allison, T., Brammah, T., Busby, H., Roxby, M., Simmons, A. et Williams, G. (1998). Estimating the burden of musculoskeletal disorders in the community: the comparative prevalence of symptoms at different anatomical sites, and the relation to social deprivation. *Annals of the Rheumatic Diseases*, vol. 57, n° 11, p. 649-655.
- van Tulder, M.W., Assendelft, W.J., Koes, B.W. et Bouter, L.M. (1997). Spinal radiographic findings and nonspecific low back pain. A systematic review of observational studies. *Spine*, vol. 22, n° 4, p. 427-434.
- van Wijk, G. et Veldhuijzen, D.S. (2010). Perspective on diffuse noxious inhibitory controls as a model of endogenous pain modulation in clinical pain syndromes. *The journal of pain : official journal of the American Pain Society*, vol. 11, n° 5, p. 408-419.
- Vance, C.G., Rakel, B.A., Blodgett, N.P., DeSantana, J.M., Amendola, A., Zimmerman, M.B., Walsh, D.M. et Sluka, K.A. (2012). Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain, pain sensitivity, and function in people with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Physical therapy*, vol. 92, n° 7, p. 898-910.
- Verdu, E., Ceballos, D., Vilches, J.J. et Navarro, X. (2000). Influence of aging on peripheral nerve function and regeneration. *Journal of the peripheral nervous system : JPNS*, vol. 5, n° 4, p. 191-208.

- Wall, P.D. et Sweet, W.H. (1967). Temporary abolition of pain in man. *Science*, vol. 155, n° 0036-8075; 758, p. 108-109.
- Walsh, D.M., Howe, T.E., Johnson, M.I. et Sluka, K.A. (2009). Transcutaneous electrical nerve stimulation for acute pain. *The Cochrane database of systematic reviews*, vol. (2):CD006142. doi, n° 2, p. CD006142.
- Walsh, D.M., Liggett, C., Baxter, D. et Allen, J.M. (1995). A double-blind investigation of the hypoalgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation upon experimentally induced ischaemic pain. *Pain*, vol. 61, n° 1, p. 39-45.
- Wang, N. et Hui-Chan, C. (2003). Effects of acupoints TENS on heat pain threshold in normal subjects. *Chinese medical journal*, vol. 116, n° 12, p. 1864-1868.
- Washington, L.L., Gibson, S.J. et Helme, R.D. (2000). Age-related differences in the endogenous analgesic response to repeated cold water immersion in human volunteers. *Pain*, vol. 89, n° 1, p. 89-96.
- Weiner, D.K. et Ernst, E. (2004). Complementary and alternative approaches to the treatment of persistent musculoskeletal pain. *The Clinical journal of pain*, vol. 20, n° 4, p. 244-255.
- White, P.F.F.A.N.Z.C.A. (2002). The Role of Non-Opioid Analgesic Techniques in the Management of Pain After Ambulatory Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, vol. 94, n° 3, p. 577-585.
- Willer, J.C., Bouhassira, D. et Le, B.D. (1999). [Neurophysiological bases of the counterirritation phenomenon: diffuse control inhibitors induced by nociceptive stimulation]. *Neurophysiol. Clin*, vol. 29, n° 0987-7053; 5, p. 379-400.
- Winer, B.J., Brown, D.R. et Micheals, K.M. (1991). *Statistical Principles in Experimental Design*. 3 édition, McGraw-Hill, 1057 p.
- Woolf, C.J. (1979). Transcutaneous electrical nerve stimulation and the reaction to experimental pain in human subjects. *Pain*, vol. 7, n° 2, p. 115-127.
- Wright, A. (2012). Exploring the evidence for using TENS to relieve pain. *Nursing times*, vol. 108, n° 11, p. 20-23.
- Yaksh, T.L. et Hammond, D.L. (1982). Peripheral and central substrates involved in the rostral transmission of nociceptive information. *Pain*, vol. 13, n° 0304-3959; 1, p. 1-85.
- Zakoscielna, K.M. et Parmelee, P.A. (2013). Pain variability and its predictors in older adults: depression, cognition, functional status, health, and pain. *Journal of aging and health*, vol. 25, n° 8, p. 1329-1339.

ANNEXES

Annexe 1 - Approbation éthique du projet de recherche

Sherbrooke, le 24 octobre 2012

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE EN MATIÈRE DE RECHERCHE SUR DES HUMAINS

Le Comité d'éthique de la recherche du Centre de santé et de services sociaux - Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke (volet Institut) atteste :

1. Qu'il exerce ses activités de manière conforme aux *Bonnes pratiques cliniques*;
2. Qu'aucun des membres n'était en conflit d'intérêts lors de l'évaluation des documents soumis par le chercheur;
3. Qu'il a dûment évalué et approuvé les documents qui lui ont été soumis.

TITRE DU PROJET DE RECHERCHE

Impact du vieillissement sur l'efficacité analgésique de la neurostimulation périphérique (TENS)

LA PRESENTE APPROBATION A ETE DEMANDEE PAR :

Professeur Guillaume Léonard, pht, Ph.D.

Centre de recherche sur le vieillissement

CSSS-IUGS

L'approbation éthique pour ledit projet de recherche est valide jusqu'au **31 octobre 2013**.

⚡ Le numéro de dossier attribué au projet cité en rubrique par le CÉR est le **2012-26 / LEONARD**.

Monique Sullivan, Ph.D., LL. B.
Présidente

MS/sf

c. c. : Madame Julie Dubois, agente de gestion financière, Centre de recherche sur le vieillissement, CSSS-IUGS

Annexe 2 - Formulaire de consentement

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT A LA RECHERCHE DU PARTICIPANT

TITRE DU PROJET DE RECHERCHE

Impact du vieillissement sur l'efficacité analgésique de la neurostimulation périphérique

CHERCHEUR RESPONSABLE DU PROJET DE RECHERCHE ET CO-CHERCHEURS

Chercheur principal

Guillaume Léonard, pht, Ph.D.

Centre de recherche sur le vieillissement (CDRV), Université de Sherbrooke

Co-chercheurs

Philippe Goffaux, Ph.D., Université de Sherbrooke

Hélène Corriveau, pht, Ph.D., Université de Sherbrooke

Gina Bravo, Ph.D., Université de Sherbrooke

Marcel Arcand, M.D., M.Sc., Université de Sherbrooke

N° de dossier CER CSSS-IUGS : 2012-26

PRÉAMBULE

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à cette recherche, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et les inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin. Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable du projet ou aux autres membres du personnel affectés au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Si vous acceptez de participer à ce projet, vous devrez signer le consentement à la fin du présent document. Nous vous en remettons une copie pour vos dossiers.

NATURE ET OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

Le TENS (neurostimulation périphérique) est un courant électrique que l'on applique au niveau de la peau et qui vise à stimuler les nerfs afin de diminuer la douleur. Son utilisation est très répandue, particulièrement en réadaptation, pour traiter différentes conditions douloureuses (maux de dos, blessures sportives, arthrose, arthrite inflammatoire, etc.).

Le présent projet vise à déterminer si l'efficacité du TENS est affectée par le vieillissement. De façon plus spécifique, il vise à comparer l'efficacité de trois types de stimulation TENS, entre un groupe d'adultes âgés entre 20 et 35 ans, un groupe d'adultes

Initiales du participant : _____

Version #3 datée du 21 mars 2013

Page 1 de 7

âgés entre 40 et 55 ans et un groupe de personnes âgées entre 60 et 75 ans. Lors de l'application du TENS, un faible courant électrique sera utilisé afin de stimuler les nerfs de votre dos. La stimulation sera appliquée à l'aide d'électrodes qui seront placées sur votre peau; en aucun cas des aiguilles ne seront utilisées.

Plus spécifiquement, les chercheurs souhaitent :

- Mieux comprendre les mécanismes d'actions du TENS
- Déterminer l'impact qu'a le vieillissement sur la façon dont le message de douleur est transmis dans le système nerveux
- Permettre aux cliniciens travaillant avec des personnes âgées atteintes de douleur de choisir l'approche analgésique la plus appropriée

La durée totale du projet est de 1 an. Votre participation sera d'une durée de trois semaines. Nous prévoyons recruter environ 60 participants, tous dans la région de Sherbrooke.

DÉROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

- Vous serez suivi pendant approximativement 3 semaines à partir de la signature de ce formulaire de consentement.
- Au total, vous participerez à 3 évaluations d'une durée de 2 heures chacune afin d'évaluer l'effet analgésique de trois types de stimulation TENS.
- Toutes les évaluations auront lieu au Centre de recherche sur le vieillissement, situé au Centre de santé et de service sociaux – Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke (CSSS-IUGS) - pavillon d'Youville.

Les trois visites se dérouleront de la façon suivante :

1. Évaluation générale de l'état de santé (visite 1 seulement)

Avant même de débiter l'expérimentation, nous évaluerons brièvement votre état de santé en vous posant une série de questions. Cette évaluation permettra de confirmer votre admissibilité et d'avoir une vue d'ensemble sur votre état de santé.

2. Familiarisation avec les équipements

Un pré-test sera réalisé afin de vous permettre de vous familiariser avec la procédure et afin de déterminer la température d'une tige chauffante (thermode) qui sera utilisée lors du test de douleur et que l'on posera sur votre dos. On y appliquera, de façon graduelle, des températures non douloureuses (32°C à 45°C) et douloureuses (46°C à 52°C). Ces températures ne peuvent pas brûler votre peau.

3. Mesures initiales de la douleur

À partir des informations obtenues lors du pré-test, nous effectuerons le test de douleur avec la tige chauffante placée sur votre dos. Pendant le test, vous aurez à évaluer votre perception de la douleur de façon continue grâce à une échelle reliée à un ordinateur. Vous pourrez en tout temps retirer la tige chauffante si vous jugez la stimulation trop douloureuse.

4. Application du TENS

Le TENS sera appliqué sur votre dos à l'aide de quatre électrodes. La position exacte des électrodes sera déterminée avec votre aide afin d'obtenir une stimulation maximale. L'intensité sera ajustée pour obtenir des stimulations confortables ou inconfortables, selon le type de TENS utilisé. Dans tous les cas, la durée de la stimulation sera de 25 minutes. Pendant la stimulation (à la 15^e minute), le test de douleur avec la tige chauffante sera répété.

5. Mesures post-TENS

Le test de douleur avec la tige chauffante sera répété immédiatement, 15 minutes et 30 minutes après l'arrêt du TENS.

RISQUES ASSOCIÉS AU PROJET DE RECHERCHE

- Les tests de douleur avec la tige chauffante peuvent s'avérer désagréables, causer de la douleur et entraîner un rougissement de la peau pendant les minutes qui suivent les stimulations. Cette procédure n'entraîne pas de dommages permanents ou de brûlures. En tout temps, vous pouvez demander à la personne qui effectue le test de cesser l'expérimentation.
- Il n'y a aucun risque connu associé aux types de TENS utilisés.
- Si vous avez des raisons de croire que vous êtes enceinte, SVP en avertir immédiatement l'évaluateur. Dans ce cas, et par mesure de précaution, vous ne pourrez pas participer au projet. En effet, l'application du TENS au niveau du dos d'une femme enceinte est contre-indiquée pour la santé de l'embryon ou du fœtus.

INCONVÉNIENTS

- Il vous faudra réserver dans votre horaire, 3 périodes de 2 heures chacune, afin de réaliser les évaluations.
- Il faudra vous abstenir de consommer de la cigarette 2 heures ainsi que de la caféine et des substances analgésiques 6 heures avant la prise de données.

AVANTAGES

Il n'y a pas de bénéfices directs liés à votre participation à cette étude. Votre participation permettra peut-être de mieux comprendre et de mieux utiliser le TENS et ainsi d'améliorer la prise en charge des personnes souffrant de douleur.

PARTICIPATION VOLONTAIRE ET POSSIBILITÉ DE RETRAIT

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'un des membres du personnel affecté au projet.

Le chercheur responsable de l'étude et le Comité d'éthique de la recherche du Centre de santé et de services sociaux — Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke (CSSS-IUGS) peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Si vous vous retirez de l'étude ou en êtes retiré, l'information déjà obtenue dans le cadre de l'étude sera dénominalisée et conservée par le chercheur responsable de l'étude.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait affecter votre décision de continuer d'y participer vous sera communiquée sans délai verbalement ou par écrit.

CONFIDENTIALITÉ

Durant votre participation à ce projet, le chercheur responsable ainsi que son équipe de recherche recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche des renseignements qui vous concernent. Seuls ceux qui sont strictement nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques du projet seront recueillis et utilisés à des fins de recherche. Ces renseignements (données) comprendront les informations suivantes :

- Votre nom, votre adresse, votre téléphone, votre sexe et votre date de naissance
- Votre état de santé passé et présent
- Vos habitudes de vie
- Les résultats de tous les tests, de tous les examens et de toutes les procédures que vous aurez à faire durant ce projet

Toutes ces données demeureront strictement confidentielles, dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des renseignements recueillis, vous serez identifié(e) par un numéro de code. En aucun temps, il ne sera possible de vous identifier. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée exclusivement par le chercheur responsable.

À la fin du projet de recherche, vos données seront anonymisées, c'est-à-dire qu'il sera impossible de lier vos données à votre nom, prénom, coordonnées ou date de naissance. Ainsi, elles pourront :

- Être publiées dans des revues spécialisées
- Faire l'objet de discussions scientifiques

Concernant vos renseignements personnels (votre nom et/ou vos coordonnées), ils seront conservés pendant 5 ans après la fin du projet par le chercheur responsable et seront détruits selon les normes en vigueur au CSSS-IUGS par la suite. Entretemps, les personnes suivantes pourront consulter votre dossier de recherche :

- Vous-même, pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable ou le CSSS-IUGS détiennent ces informations

Initiales du participant : _____

Version #3 datée du 21 mars 2013

Page 4 de 7

- Une personne mandatée par le CÉR du CSSS-IUGS, le CSSS-IUGS ou par des organismes publics autorisés, et ce, à des fins de surveillance et de contrôle. Toutes ces personnes et tous ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

COMPENSATION

Vous recevrez 25\$ pour chacune des visites afin de couvrir les frais de stationnement et de déplacements.

INDEMNISATION EN CAS DE PRÉJUDICE ET DROITS DU PARTICIPANT

Si vous deviez subir quelque préjudice que ce soit dû à votre participation au projet de recherche, vous recevrez tous les soins et services requis par votre état de santé, sans frais de votre part.

En acceptant de participer à ce projet, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs ou l'établissement de leur responsabilité civile et professionnelle.

Vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable du projet ou l'établissement détiendront ces informations.

IDENTIFICATION DES PERSONNES-RESSOURCES

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relier à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le chercheur responsable du projet de recherche ou les membres de son équipe aux numéros suivants :

- Pr Guillaume Léonard (chercheur principal) : 819-780-2220, poste 45246
- Mme Marie-Claude Girard (assistante de recherche) : 819-780-2220, poste 45685
- Mme Kayla Bergeron-Vézina (étudiante à la maîtrise) : 819-780-2220, poste 45423

Pour toute question concernant vos droits en tant que sujet participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler vous pouvez communiquer avec le Commissaire local aux plaintes et à la qualité des services du CSSS-IUGS au 819-780-2220, poste 40204.

SURVEILLANCE DES ASPECTS ÉTHIQUES

Le Comité d'éthique de la recherche du CSSS-IUGS a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi annuel. De plus, il approuvera, au préalable, toute révision et toute modification apportée au présent formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche.



ÉTUDES ULTÉRIEURES

Il se peut que les résultats obtenus suite à cette étude donnent lieu à une autre recherche. Dans cette éventualité, autorisez-vous le chercheur principal de ce projet à vous contacter et à vous demander si vous seriez intéressé(e) à participer à une nouvelle recherche.

Oui Non

Si vous désirez retirer votre autorisation par la suite, vous pourrez le faire en tout temps en contactant l'agente administrative du projet au numéro de téléphone 819-780-1832 ou sans frais au 1-888-780-1832.

JOURNAL ENCRÂGE

Le Journal Encrâge est un bulletin gratuit publié par le Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUSG deux fois par année. Il vise à informer les personnes qui ont participé aux études du Centre de recherche et la communauté régionale sur les résultats de ces dernières.

Souhaitez-vous recevoir une copie de ce journal?

Oui Non

CONSENTEMENT

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement me sera remise.

Nom et signature du participant

Date

ENGAGEMENT DE LA PERSONNE QUI OBTIENT LE CONSENTEMENT

J'ai expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

ENGAGEMENT DU CHERCHEUR RESPONSABLE DU PROJET DE RECHERCHE

Je m'engage, avec mon équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement et à ce qu'une copie signée soit remise au participant.

Je m'engage également à respecter le droit de retrait du participant et à l'informer de toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait modifier sa décision de continuer d'y participer.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

Initiales du participant : _____

Version #3 datée du 21 mars 2013

Page 7 de 7

Annexe 3 - Formulaire de collecte de données de l'évaluateur

TENS Vieillessement
Formulaire de collecte de données - Évaluateur

Évaluateur : _____

Date : ____ / ____ / ____

Numéro de la séance : ____

Heure : ____ T° pièce : ____

Identification

Participant :	Numéro :
DDN : ____ / ____ / ____ (Âge : ____)	Sexe :
Téléphone : (____) ____ - _____	Cellulaire : (____) ____ - _____

Vérification des critères d'admissibilité

	Oui	Non
Général		
Condition douloureuse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cigarette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Caféine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stimulateur cardiaque (pacemaker, défibrillateur)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grossesse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utilisation d'une méthode contraceptive	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Médication

Médicaments analgésiques	Début	Arrêt	Posologie	Dernière dose

Cycle menstruel

Date des dernières menstruations : _____

Cycle : _____

Prise d'hormone : _____

Attentes envers le traitement TENS

Augmentation de la douleur :

Diminution de la douleur :

Une modification de combien de pourcent est anticipée : _____

TENS Vieillessement
Formulaire de collecte de données - Évaluateur

Test de sensibilité (monofilaments)

1,65 (0,0045g)	3,61 (0,4082g)	4,56 (3,632g)	5,46 (29,00g)
2,36 (0,0230g)	3,84 (0,6958g)	4,74 (5,500g)	5,88 (75,00g)
2,44 (0,0275g)	4 08 (1,1940g)	4,93 (8,650g)	6,10 (127,0g)
2,83 (0,0677g)	4,17 (1,4940g)	5,07 (11,70g)	6,45 (281,5g)
3,22 (0,1660g)	4,31 (2,0520g)	5,18 (15,00g)	6,65 (447,0g)

Thermode

Familiarisation : T° seuil _____ T° tolérance _____
 Pré-test 1 : T° seuil _____ T° COVAS 50 _____ T° tolérance _____
 Pré-test 2 : T° seuil _____ T° COVAS 50 _____ T° tolérance _____
 Pré-test 3 : T° seuil _____ T° COVAS 50 _____ T° tolérance _____

Température de stimulation : _____ °C

	Mesures initiales	Installation des électrodes	Pendant TENS	Post 2 min	Post 10 min	Post 15 min	Post 30 min
Heure							
Seuil de douleur	ENR. T°:		ENR. T°:		ENR. T°:		
Dir expérimentale (COVAS)	ENR. T°:		ENR. T°:	ENR. T°:		ENR. T°:	ENR. T°:

Seuil de douleur thermique

Mesures initiales

Essai #1 _____ °C
 Essai #2 _____ °C
 Essai #3 _____ °C

Moyenne : _____ °C

Mesures pendant TENS

Essai #1 _____ °C
 Essai #2 _____ °C
 Essai #3 _____ °C

Moyenne : _____ °C

Mesures post 10 min

Essai #1 _____ °C
 Essai #2 _____ °C
 Essai #3 _____ °C

Moyenne : _____ °C

TENS Vieillessement
Formulaire de collecte de données - Évaluateur

Post-application du TENS

Inspection visuelle de la peau : _____

Effet(s) indésirable(s) rapportés : Oui Non

Si oui, précisez : _____

Type de stimulation préférée (3^e séance) : _____

Préservation de l'insu du participant : Oui Non

Préservation de l'insu de l'évaluateur : Oui Non

Température pièce : _____ °C

Commentaires généraux :

Montant de _____ \$ remis par _____ initiales du sujet : _____

Annexe 4 - Formulaire de collecte de données du thérapeute

TENS Vieillessement
Formulaire de collecte de données - Thérapeute

Thérapeute : _____

Date : ____ / ____ / ____

No. de la séance : ____

Heure : ____

Identification

Participant :		Numéro :
DDN : ____ / ____ / ____	(Âge : ____)	Sexe :
Téléphone : (____) ____ - ____	Cellulaire : (____) ____ - ____	

Types de stimulation TENS

Conventionnel

Acupuncture

Basse intensité

Pré-application du TENS

Position du patient : _____

Type d'électrodes : _____

Grosseur des électrodes : _____

Emplacement des électrodes



TENS Vieillessement
Formulaire de collecte de données - Thérapeute

Stimulation TENS

	Intensité (mA)	Commentaires
Rhéobase		
Stimulation initiale		
Stimulation 10 min		
Stimulation 20 min		

Attentes envers le traitement TENS (après la première minute de traitement)

Augmentation de la douleur :

Diminution de la douleur :

Une modification de combien de pourcent est anticipée : _____

Préservation de l'insu du participant : Oui Non

Annexe 5 - Affiche de recrutement

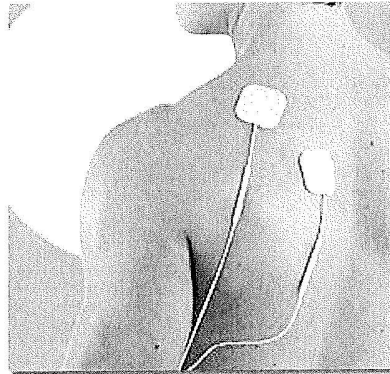
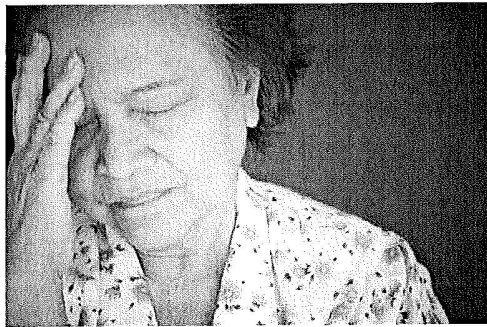


Projet de recherche sur la douleur et la neurostimulation périphérique (TENS)

Vous êtes en santé et âgé entre 20 et 75 ans. Vous pourriez être admissible pour participer à une étude sur le TENS, un traitement utilisé en réadaptation afin de diminuer la douleur.

Le projet est mené par l'Équipe de recherche sur la douleur du Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS, sous la supervision du Pr Guillaume Léonard, pht, PhD.

Si ce projet vous intéresse ou pour avoir plus d'informations, contactez **Marie-Claude Girard** par téléphone au 819-780-2220 poste 45685, ou par courriel à marie-claude.girard2@usherbrooke.ca.



Projet approuvé par le CER du CSSS-IUGS (2012-26)

Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685	Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685	Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685	Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685	Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685	Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685	Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685	Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685	Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685	Marie-Claude Girard 819-780-2222 poste 45685
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

