

Mise au point

Agents physiques antalgiques

Données cliniques actuelles

Analgesic physical therapy

Present clinical data

C.-F. Roques

*Service de médecine physique et de réadaptation, CHU de Toulouse, hôpital Rangueil,
1, avenue du Professeur-Poulhès, 31403 Toulouse cedex 4, France*

Reçu le 22 novembre 2002 ; accepté le 19 mars 2003

Résumé

Les bases neurophysiologiques de l'action antalgique des agents physiques (courant électrique vibrations électromagnétiques et mécaniques) deviennent actuellement consistantes. Les données scientifiques des études contrôlées deviennent également plus nombreuses avec des niveaux de qualité méthodologique variable. Les résultats des études contrôlées concernant la cryothérapie, la TENS, les ondes électromagnétiques pulsées, les ultrasons, le soft-laser, les ondes de choc sont contradictoires. Les ionisations, les infrasons, les ondes courtes et les micro-ondes ont été peu étudiés. Ces données ne permettent ni de recommander ni d'éliminer ces techniques. Les thérapeutes peuvent les utiliser comme des options thérapeutiques en se fondant sur les données scientifiques et le fruit de leur expérience personnelle. Il faut poursuivre les études contrôlées avec une rigueur méthodologique accrue.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Analgesic electrotherapy is now based on more consistent scientific data; the biological action of the electric current, of the electromagnetic radiations and of the mechanical vibrations is better approached. But the randomized control trials still provide contradictory results concerning the analgesic efficiency of the cryotherapy, the TENS, the pulsed electro-magnetic fields, the ultrasound and laser therapy, the shock waves; iontophoresis, short waves, microwaves, infrasound vibrations are very few investigated. The analgesic electrotherapy cannot be recommended nor prohibited; physical agents represent only therapeutic options. On the basis of the scientific data and of their personal experience, the therapists can use them. More controlled clinical investigations of higher methodological levels are still required.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Électrothérapie ; Agents physiques ; TENS ; Ultrasons ; Ondes électromagnétiques ; Laser ; Aimants ; Ionisations ; Ondes de choc ; Cryothérapie

Keywords: Physical therapy; Electrotherapy; TENS; Ultrasound; Electromagnetic fields; Soft-laser; Iontophoresis; Shock waves; Infrasound; Cryotherapy; Magnets

1. Introduction

La douleur peut être combattue par les agents physiques. En pratique cela regroupe l'utilisation du froid, du chaud, du courant électrique (soit courant constant, soit courant à l'état

variable), de phénomènes d'énergie électromagnétique (ondes courtes, radar, infrarouges, laser), mais également de phénomènes mécaniques tels que les ondes sonores (ultrasons, infrasons, ondes de choc). Les propriétés analgésiques de ces agents s'exercent essentiellement à travers l'activation des phénomènes du contrôle douloureux et/ou une action sur le foyer nociceptogène. L'efficacité de ces techniques est, à

Adresse e-mail : christian-francois.roques@wanadoo.fr (C.-F. Roques).

l'heure actuelle, établie sur des bases physiologiques de qualité croissante ; l'efficacité clinique de beaucoup d'entre elles, en revanche, reste controversée, dans la mesure où les études contrôlées, concernant certains agents en particulier, sont peu nombreuses et/ou donnent des résultats contrastés voire contradictoires. Le but de ce travail est de présenter une revue, non exhaustive, de ces divers agents à la lumière d'études cliniques contrôlées récentes qui étaient peu nombreuses lors de la parution de notre ouvrage « Pratique de l'électrothérapie » en 1997 [154].

2. Méthodologie de l'enquête bibliographique

Nous avons utilisé les mots clefs suivants : *TENS, direct current, iontophoresis, interferential current, short waves, microwaves, pulsed electromagnetic fields, magnetic fields, magnets, soft-laser, infrared, ultrasound, shock waves, infrasound, vibrations, cryotherapy, physical therapy*. Nous avons interrogé la banque « Entrez Pub Med » avec les limites : janvier 1997, *randomized control trials* puis *meta-analysis, human, english*. Nous avons également interrogé la Cochrane Library avec les mêmes mots clefs. Nous avons ensuite retenu les articles qui nous paraissaient entrer dans le champ de l'exposé et nous en avons retenu les conclusions dans la mesure où elles constituent des éléments d'illustration mais en aucune manière de conclusion. Ce travail ne prétend pas à l'exhaustivité. Nous n'avons pas abordé la qualité méthodologique des études ; nous n'avons pas cherché à nous inscrire dans une perspective d'« évidence ». Il s'agit d'un panorama et non d'une publication de médecine fondée sur la preuve ; la démarche est autre sur le plan méthodologique et requiert d'autres types de compétences. Certaines méta-analyses ont été publiées ; on en retrouvera nombre dans ce document. Dans tous les cas, on sait que la démarche est rendue complexe et les conclusions aléatoires en raison de la dispersion des études (nature des affections traitées, techniques de mise en œuvre de l'agent physique) et de la taille relativement modeste des populations incluses. En revanche, les études présentées dans ce panorama sont des études contrôlées avec au moins un tirage au sort. Pour ce qui est du double insu il n'est possible que pour l'étude d'agents ne produisant aucune sensation cutanée, ce qui, de fait le limite, au rayonnement laser.

Nous avons donc essayé de présenter les champs actuels d'application des agents physiques tels que l'on peut les dessiner sur la base des études contrôlées présentées. On indiquera les résultats aussi bien négatifs que positifs sans chercher plus à effectuer une synthèse scientifique de la littérature. Néanmoins, pour les agents les mieux documentés, on présentera en fin de paragraphe un tableau présentant les données essentielles.

Il nous a aussi paru pertinent de rappeler quelques uns des principes biologiques de l'action de ces agents sans viser un exposé systématique mais en nous appuyant plus sur notre expérience pédagogique de l'enseignement de ces matières — et des points d'interrogation comme d'intérêt — manifes-

tés par de nombreux interlocuteurs ; ces éléments ne sont pas référencés le plus souvent dans le texte dans la mesure où les références anciennes se trouvent dans notre ouvrage [154] que cette étude s'efforce de compléter et de mettre à jour. Enfin il nous est arrivé de rappeler des études plus anciennes lorsque les études récentes faisaient défaut ou bien qu'elles correspondaient à des résultats particulièrement démonstratifs.

3. La chaleur

La chaleur peut être fournie par de nombreuses sources extérieures : paraffine, boues, rayons infrarouges, immersion totale ou partielle dans l'eau chaude,... mais aussi par diathermie, c'est-à-dire par transformation en chaleur d'un agent physique : courant de haute fréquence, champ électromagnétique, vibrations notamment. La chaleur a un effet antalgique par réduction de la contracture musculaire, amélioration des conditions circulatoires, action directe sur les mécanismes de contrôle de la douleur (augmentation du seuil de perception douloureuse, mise en jeu du contrôle de porte, sécrétion d'endorphines). Ce sont les techniques diathermiques qui ont fait l'objet de l'essentiel des études contrôlées qui seront présentées plus loin avec la description de chacune de ces techniques particulières.

4. Utilisation thérapeutique du froid

On ne mentionne ici que les effets de la réfrigération locale, ou cryothérapie, administrée principalement par applications de glace, vaporisation de suspensions de produits réfrigérants volatiles, de paquets contenant des substances cryopexiques. Le froid est antalgique. Tout d'abord de manière indirecte en réduisant l'œdème, la réaction inflammatoire, la contracture musculaire. Il l'est également de manière très directe en augmentant le seuil douloureux par l'« anesthésie » qu'il procure par activation du contrôle de porte, diminution de la conduction dans les fibres afférentes, inhibition du réflexe d'axone, voire de la production d'endorphine (!?). Les applications de glaçons permettent d'atteindre un niveau de réfrigération cutané susceptible de produire des effets biologiques ; objectif que l'application de « cold packs » ne permettrait pas d'atteindre [32]. Tout comme la chaleur, le froid est contre-indiqué en cas de troubles de la sensibilité, déficit de la vascularisation locale, troubles de la conscience, anesthésie.

Diverses études randomisées ont été publiées ces dernières années. Leurs résultats sont discordants. Dans la chirurgie du ligament croisé antérieur du genou, trois études se sont avérées non démonstratives d'un effet bénéfique [41,45,92], deux études s'avèrent au contraire démonstratives [8,126]. Une étude conclut à l'inefficacité dans les suites de prothésisation de hanche et de genou [161], une autre étude démontre l'intérêt dans les suites de prothésisation de genou [189]. On a pu également prouver l'intérêt dans les suites de chirurgie

Tableau 1
Études contrôlées, cryothérapie
(Les études sont indiquées par leur référence bibliographique)

	Effet bénéfique démontré	Effet bénéfique non démontré
Chirurgie ligamentaire genou	[26,30,61]	[7,88]
Chirurgie prothétique hanche, genou	[189]	[161]
Arthroscopie genou	[100]	
Chirurgie épaule	[128,170,172]	
Chirurgie canal carpien	[80]	

arthroscopique mineure du genou [100], après chirurgie de l'épaule [128,170,172], du canal carpien [80] voire de la colonne lombaire [17]. La cryothérapie efficace dans l'arthrite aiguë goutteuse [164] réduit aussi, significativement, les douleurs des démangeaisons [156], d'après amygdaléctomie [148] ou de l'ablation de drains thoraciques [160]. Rappelons pour terminer que le froid doit être utilisé en respectant strictement les règles d'application. Le **Tableau 1** résume l'essentiel de ces données ; il apparaît assez clairement que la cryothérapie est bénéfique dans les suites de chirurgie orthopédique d'articulations superficielles (genou, épaule, poignet).

5. Courant constant

Le courant constant est encore appelé courant galvanique, ou courant direct ; il est réputé depuis la fin du 18^e siècle pour ses propriétés analgésiques dont le mécanisme reste encore mal élucidé. L'inhibition anodale [27] de la conduction dans les fibres sensibles n'a peut-être pas un rôle significatif en clinique humaine [195]. On a montré l'importance du phénomène d'érythème cutané lié à la vasodilatation, particulièrement marqué sous la cathode. Cette vasodilatation serait liée, à la fois, aux modifications du pH [71] et à la libération de neuropeptides, en particulier de substance P, par réflexe d'axone. On a également établi la corrélation entre l'importance de l'érythème et l'efficacité de l'analgésie, l'action des anti-inflammatoires [14].

Le courant constant est, à l'heure actuelle, principalement utilisé pour véhiculer les substances médicamenteuses à travers la peau (ionophorèse) ; cet effet est connu depuis le 19^e siècle ; on a montré plus récemment que le produit se concentrait également dans le champ électrique [66]. On a pu montrer que l'ionophorèse s'avérait supérieure à l'utilisation du seul courant constant [69]. La démonstration de l'efficacité a été faite dans les pathologies articulaires, avec des anti-inflammatoires non stéroïdiens, comme avec des anti-inflammatoires stéroïdiens [69,74]. Cette efficacité a été démontrée par des études contrôlées dans l'aponévrosite plantaire [70], le genou rhumatoïde [101] et autres localisations de la maladie rhumatoïde [157], la pathologie de l'articulation temporomandibulaire [163]. L'ionophorèse a aussi démontré son efficacité, par des études contrôlées, dans l'algodystrophie sympathique réflexe [48], elle n'a pas démontré son efficacité dans les calcifications de la coiffe des rotateurs

Tableau 2
Études contrôlées, ionisations
(Les études sont indiquées par leur référence bibliographique)

	Effet bénéfique démontré	Effet bénéfique non démontré
Affections articulaire et péri-articulaire	[7,48,69,70,74,101,157,163]	[136]
Neuropathies herpétiques	[42,130]	
M. de Lapeyronie	[115,177]	
Hyperhydrose palmaire	[67,123]	
Ulcères variqueux	[5,62]	
Canulation veineuse (enfant)	[56,90,113,155,173,187]	

[136]. Elle est également utilisée dans l'hyperhydrose palmaire [67,123], dans les ulcères variqueux [5,62], dans la maladie de Lapeyronie [115,177], les névralgies d'origine herpétique [42,130], le syndrome du canal carpien [7]. Le courant polarisé agit sur la cicatrisation : l'électronégativité serait associée à la régénération et à la réparation tissulaire ; l'électropositivité aurait un rôle inhibiteur sur la prolifération cellulaire et réduirait le risque de cicatrice hypertrophique ou chéloïdienne [169,191]. Elle est de plus en plus utilisée comme mode complémentaire d'anesthésie en particulier en préparation à la canulation veineuse chez l'enfant [56,90,113,155,173,187] ou d'administration de médicaments divers : capsaïcine dans le prurit [190], fentanyl dans la douleur [4], apomorphine dans la maladie de Parkinson [182].

Si les études contrôlées restent encore peu nombreuses et disparates, elles se sont développées ces dernières années ; nombre d'entre elles témoignent d'une efficacité a priori probante. Le **Tableau 2** résume les éléments principaux. La pathologie musculosquelettique chez l'adulte, la canulation veineuse chez l'enfant sont les champs d'application où une action favorable est le plus abondamment documentée.

6. Courant à l'état variable

Le courant à l'état variable est utilisé pour ses propriétés analgésiques depuis le début du siècle ; mais c'est la description de la théorie du « gate control » qui a commencé à lui donner des assises physiologiques. C'est à partir de la mise en évidence du « gate control » qu'ont été réalisés des appareils ambulatoires d'électrothérapie (boîtiers de stimulation nerveuse transcutanée communément appelés TENS) ; mais les connaissances, tant physiologiques que cliniques observées pour ce type de stimulation, peuvent être transposées aux appareils de cabinet utilisant des courants similaires.

6.1. TENS

La neurostimulation antalgique transcutanée fait appel à des courants de « basse fréquence » (inférieure à 1000 Hz). Le plus souvent, à l'heure actuelle, on utilise des courants faits d'impulsions électriques biphasiques à moyenne électri-

que nulle qui, n'étant pas polarisés, mettent à l'abri des problèmes de tolérance cutanée des électrodes et de pièces électroréactives (métalliques par exemple) dans le champ électrique. Les courants TENS agissent sur les mécanismes du contrôle douloureux (contrôle de porte, analgésie d'hyperstimulation, contrôle inhibiteur diffus de la nociception) [111,112] ; on a démontré, en effet, qu'ils pouvaient entraîner une diminution de l'activité cellulaire de la corne dorsale [59,60], la production de neuropeptides opioïdes, de gaba, de sérotonine en particulier [86,102]. Ces divers mécanismes sont dépendants des conditions de stimulation. On considère, à l'heure actuelle, que la stimulation nerveuse transcutanée peut se faire selon trois modes :

- **le mode conventionnel** : stimulation à intensité faible, à fréquence « élevée » (100 Hz) ; en stimulation homotopique, réalise une activation de contrôle de porte ; l'intensité de stimulation doit permettre de couvrir le territoire douloureux de paresthésies confortables ;
- **le mode endorphinique ou acupuncture like** (altens) est une stimulation à intensité élevée et fréquence basse. La fréquence se situe, en effet, entre un et cinq Hertz. L'intensité doit être suffisante pour provoquer des contractions musculaires au moins visibles ; la stimulation peut se faire en homo et hétérotopique ; ce mode de stimulation entraînerait une production d'opioïdes qui agissent à la fois au niveau du filtrage médullaire comme dans l'activation des mécanismes inhibiteurs descendants. Il accroît également lorsque le seuil moteur atteint la circulation locale [36] ;
- **le mode de stimulation intense et brève** associe une intensité élevée et une fréquence élevée (supérieure à 100 Hz). La stimulation doit être désagréable tout en étant susceptible d'être tolérée ; ce mode de stimulation mettrait en jeu le système du gaba.

La TENS a montré son efficacité dans les douleurs pariétales postopératoires [13,188], après fracture costale mineure [127], dans les affections du système musculosquelettique : pathologies péri-articulaires de l'épaule chez l'hémiplégique [47] en particulier s'il existe un appendement [99,144], ou après distension arthrographique [117], mais l'intérêt global dans la pathologie péri-articulaire de l'épaule est contesté [140] ; épicondylalgie [88] ; syndrome des points gâchettes myofasciaux [81,82] ; dans les céphalées de tension [1], la gonarthrose [138,199], les douleurs chroniques, mais ces deux dernières indications demandent confirmation [26,129]. L'utilisation de la TENS en dentisterie [6,75,199] se développe ces dernières années, avec certains bémols [162]. La TENS est efficace dans le traitement des douleurs par neuropathie diabétique [3,73,96,97] et dans la prise en charge du syndrome du canal carpien [119]. Dans la lombalgie, quelques études qui montrent une efficacité de la TENS [31,63,116], mais il y a beaucoup plus d'études négatives y compris très récentes [168] et la méta-analyse la plus récente concernant ce domaine [19] conclut à l'absence d'efficacité du traitement TENS isolé, point de vue partagé par le Philadelphia Panel [141] — qui conclut également à l'inefficacité

dans les cervicalgies [139] — et confirmé par les conclusions méta-analytiques de la Cochrane library [114]. Dans les douleurs du travail, au moment de l'accouchement, la TENS ne semble pas faire preuve d'efficacité et ne potentialise pas l'analgésie épidurale [179], les conclusions de la Cochrane Library sont également négatives pour les dysménorrhées [145]. La TENS ne semble pas procurer une analgésie effective durant les coloscopies [147] ; si elle réduit les nausées elle n'a pas d'impact sur les vomissements en chirurgie laparoscopique abdominale [197]. La TENS voit de nouveaux champs d'application se développer ; ils dépassent le cadre de la thérapeutique antalgique et concernent la rééducation motrice, en particulier de l'hémiplégique vasculaire, les troubles cognitifs de la maladie d'Alzheimer et du vieillissement. Ils sortent du cadre de cet exposé. La stimulation TENS semble voir son efficacité accrue par l'association d'une stimulation sensitive et d'une stimulation motrice [112,116] ; par l'association de la stimulation électrique à une stimulation infrasonore [72] ; par l'utilisation de courants produits par un phénomène de piézo-électricité et non par un phénomène électrochimique [39], par des stimulations percutanées utilisant des aiguilles d'acupuncture [63]. Enfin on a également mis l'accent sur l'organisation du placement des électrodes [194], la topographie de la stimulation [193].

6.2. Courants interférentiels

Des courants de basse fréquence peuvent être obtenus par phénomènes d'interférences à partir de courants de moyenne fréquence (entre 1000 et 10 000 Hz) ; la tolérance cutanée du courant de moyenne fréquence est supérieure à celle du courant de basse fréquence ; deux études récentes, tendraient néanmoins à démontrer que les courants interférentiels ne possèderaient pas les mêmes effets physiologiques que les courants de basse fréquence proprement dits [133,183]. Une autre étude montrerait une efficacité comparable à la TENS dans la prise en charge des points gâchettes myofasciaux [81]. Les courants interférentiels provoqueraient une vasodilatation effective [120], ils seraient également efficaces sur le plan de l'électrostimulation du quadriceps [16] ou du plancher pelvien [180].

Ainsi la TENS a fait l'objet de nombreuses études contrôlées, mais leur éparpillement ne permet pas, à l'heure actuelle, de conclure avec force pour recommander ou éloigner une technique qui suscite nombre d'investigations scientifiques. C'est ce que s'efforce de montrer le Tableau 3. Comme on peut le voir les études en pathologie musculosquelettique des membres sont plutôt positives, du rachis plutôt négatives. Les neuropathies diabétiques figurent un champ d'application a priori utile.

7. Champs électromagnétiques pulsés de basse fréquence

Un courant électrique peut être administré à un tissu vivant par phénomène de conduction (courant continu, cou-

Tableau 3
Études contrôlées et méta-analyses, TENS
(Les études sont indiquées par leur référence bibliographique)

	Effet bénéfique démontré	Effet bénéfique non démontré
Affections articulaire et péri-articulaire	[47,81,82,88,99,117,119,138,144,199]	[140]
Affections du rachis	36, 63, 116	[19,139,141,168]
Douleurs pariétales postopératoires	13, 188	
Neuropathies diabétiques	[3,73,96,97]	
Odontologie	[6,75,199]	[162]

rant périodique par conduction administré avec des électrodes) ; mais le corps humain étant conducteur (il peut être assimilé à une solution hydrosaline), l'administration de champs magnétiques, y fait apparaître des phénomènes électriques dont la périodicité est celle de la vibration magnétique. Des champs magnétiques de basse fréquence sont à même de générer, à l'intérieur du corps humain, des champs électriques de basse fréquence, c'est-à-dire susceptibles de provoquer des phénomènes membranaires d'origine ionique qui sont à la base des phénomènes de transmission de signal nerveux, mais qui commandent aussi d'autres activités cellulaires notamment des potentiels de réparation des tissus. Ainsi, les champs magnétiques pulsés de basse fréquence permettent d'administrer du courant de basse fréquence. La tolérance en est particulièrement bonne puisque l'impédance du corps humain, qui est inversement proportionnelle à la fréquence du phénomène électromagnétique auquel il est soumis, est inférieure à la résistance ohmique de la peau. Les phénomènes de réaction sous les électrodes ne s'observent pas et la masse d'énergie électrique mise en jeu peut être tout à fait significative. Les champs électromagnétiques pulsés, par leurs effets sur la conduction nerveuse comme sur la cicatrisation tissulaire, ont donc un intérêt analgésique. On connaît depuis longtemps leur effet cicatrisant squelettique, dans le domaine des pseudarthroses, de l'ostéonécrose de hanche, de la réalisation d'arthrodèse apophysaire postérieure [110] même si elle est récemment discutée [85]. On sait également qu'ils favorisent la cicatrisation des ulcères cutanés d'origine veineuse [84]. Enfin, ils ont démontré leur efficacité antalgique dans des affections musculosquelettiques : arthrose du genou, du cou, péri-arthrite de l'épaule, radiculopathie lombaire, coup de fouet cervical [15,159,176,178,196,199]. Ces dernières données sont confirmées par une méta-analyse [83]. D'autres méta-analyses concluent à l'absence d'efficacité pour traiter les escarres [50] ou les ulcères de jambe d'origine veineuse [49]. Le seul problème posé par ce mode d'énergie serait lié à la possibilité que ces courants aient un retentissement sur le temps de réaction [142], l'équilibre [143]. Ces phénomènes font l'objet d'évaluations en cours. Si ces effets secondaires ne se confirment pas et si les études contrôlées confirment l'intérêt thérapeutique, les champs électromagnétiques pulsés de basse fréquence pourraient constituer, à l'avenir, un

des moyens privilégiés de l'électrothérapie analgésique sinon cicatrisante.

8. Thérapeutiques par ondes courtes

Il s'agit de courants de très haute fréquence (28 MHz). Ils génèrent dans l'organisme des activités électriques dont la fréquence n'est plus susceptible de produire des phénomènes membranaires. En effet, leur fréquence supérieure à 10 000 Hz ne permet plus les transferts ioniques transmembranaires. En revanche, ils se dissipent sous forme de chaleur par effet joule. Les ondes courtes peuvent être administrées selon un mode capacitif ou inductif ; ce dernier mode est privilégié par les appareillages actuels. Leur effet thermique a un rôle cicatrisant comme l'ont démontré un certain nombre d'études portant sur la cicatrisation de pertes de substances cutanées. Le mode pulsé n'exclut pas les effets thermiques [118]. Les études en pathologie musculosquelettique sont peu nombreuses [55,186,196,199]. Les études non contrôlées seraient en faveur de l'efficacité des ondes courtes dans les entorses de la cheville ; les études contrôlées apportent des résultats contradictoires, mais elles démontrent un effet favorable dans les pathologies douloureuses musculosquelettiques. D'autres types d'ondes électromagnétiques peuvent être utilisées avec des fréquences généralement supérieures aux ondes courtes mais inférieures aux micro-ondes. Elles ont une efficacité démontrée dans les tendinopathies de surutilisation [65], les traumatismes musculaires [64], les contractures musculaires d'apparition retardée [198].

La neurolyse facettaire par utilisation de radiofréquence n'entre pas à proprement parler dans le cadre qui nous intéresse ; cependant elle s'adresse à des patients qui sont habituellement les nôtres, aussi peut-il être intéressant de savoir qu'une méta-analyse récente conclut à une évidence modérée de l'efficacité de ces techniques par rapport au placebo dans la lombalgie chronique et à une évidence limitée dans l'arthrose apophysaire postérieure cervicale [61].

9. Thérapeutiques par les micro-ondes

Il s'agit, également, de phénomènes électromagnétiques de haute fréquence (2450 MHz) qui génèrent, dans les tissus hydratés, des phénomènes thermiques. Il n'y a pas d'étude contrôlée démontrant l'intérêt du radar dans les pathologies musculosquelettiques ; des études récentes montrent son effet cicatrisant dans les plaies postopératoires septiques [93] et dans les lymphoedèmes chroniques des membres inférieurs [30]. Dans ce dernier cas les micro-ondes pourraient agir en modifiant la réponse immune [25]. On connaît, en revanche, les effets délétères sur la grossesse des personnels de santé manipulant ce type d'appareils [146] ainsi que les problèmes oculaires. Par ailleurs, les micro-ondes sont de plus en plus utilisées en chirurgie.

10. Applications thérapeutiques des aimants

Il s'agit d'un domaine secondaire, sinon accessoire, en raison du bas niveau d'évaluation de la méthode. La parution de quelques études contrôlées récentes nous amène néanmoins à exposer ce qui suit. L'utilisation thérapeutique des aimants repose sur les propriétés polaires des aimants. On admet que le pôle nord d'un aimant aurait des propriétés décontracturantes alors que le pôle sud aurait des propriétés antalgiques et anti-inflammatoires. Les aimants pourraient générer des modifications des équilibres intratissulaires de l'eau, voire des modifications des populations lymphocytaires ; on observerait un basculement des T-lymphocytes vers la phase S, phase durant laquelle les variations cycliques du métabolisme de l'eau sont les plus caractéristiques. On applique au contact direct de la peau le pôle sud en cas de lésion récente à caractère douloureux et inflammatoire (tendinite, entorse) ; dans les cas où la contracture musculaire est l'élément prépondérant, c'est le pôle nord qu'il faut appliquer directement au contact de la peau. L'unité de champ magnétique est le Gauss ou le Tesla selon le système considéré (le champ magnétique existant à la surface de la terre est modeste, il est de l'ordre de 0,5 Gauss, soit 50 microTesla — à titre de comparaison, l'aimant qui sert à maintenir une petite porte a une force de 1000 Gauss).

La plupart des études publiées sont des études cliniques ouvertes ou des présentations théoriques de la méthode. Quelques études contrôlées utilisant des aimants ont été publiées à ce jour. Les aimants ont une efficacité thérapeutique au niveau de « Trigger points » dans le cadre de douleurs liées à l'existence de syndromes myofasciaux observés chez des sujets porteurs de syndrome post-polio chez lesquels l'application d'aimants sur les points douloureux entraînait une amélioration de leurs douleurs [181]. On a aussi montré l'intérêt de l'utilisation des aimants dans le traitement de douleurs chroniques du genou [79], ainsi que dans les douleurs des genoux rhumatoïdes [166]. Les aimants, en revanche, n'améliorent pas la force musculaire des poignets [29] ou les douleurs de la fibromyalgie [2].

11. Rayonnement infrarouge

Les rayons infrarouges qui sont produits par toute sorte de source de chaleur ont une longueur d'onde de l'ordre du millimètre ; ils ne traversent pas la peau mais provoquent un échauffement superficiel susceptible de recruter des thermorécepteurs capables d'activer le contrôle de porte. Ils ne présentent pas de danger hormis la brûlure superficielle facilement évitable. Ils sont très utilisés, avec les massages, pour démarrer les séances de rééducation. Il n'y a pas d'étude contrôlée de leur utilisation. En revanche, la plupart du temps les soft-lasers utilisés émettent dans la fréquence de l'infrarouge.

12. Laser de basse intensité

À l'heure actuelle, le laser de basse intensité a peu apporté la preuve de son efficacité en clinique humaine alors que son effet antalgique et cicatrisant a été démontré expérimentalement. Des études portant sur la cicatrisation (escarres, plaies) [98], l'épicondylite [10], l'aponévrosite plantaire [9], les lombalgies [11], les entorses [40], ne se sont pas avérées démonstratives. L'effet bénéfique a été démontré dans la pathologie de l'articulation temporomandibulaire [21,68]. Une méta-analyse [20] concluait à une certaine efficacité dans l'amélioration à court terme des douleurs et de la raideur matinale chez les polyarthritiques ; en revanche, l'impact sur les douleurs de nature arthrosique n'était pas positif. Les mêmes auteurs dans des méta-analyses plus récentes confirment ces données [21,22] et s'interrogent, chez le polyarthritique sur le rôle de la longueur d'onde, du dosage, de la durée d'application, du positionnement (en particulier par rapport aux nerfs). Concernant la cicatrisation des ulcères de jambe d'origine veineuse les méta-analyses qui admettaient la possibilité d'une efficacité mais insuffisamment démontrée [54] sont actuellement négatives [51]. L'utilisation du soft-laser, étayée par peu de travaux cliniques de qualité, reste obérée par les risques oculaires potentiels.

13. Ultrasons

Il s'agit d'une vibration sonore de haute fréquence (les ultrasons utilisés en thérapeutique musculosquelettique ont une fréquence qui est comprise entre 0,5 et 3 MHz). Ils génèrent, au sein des tissus, des phénomènes d'échauffement, liés aux phénomènes de pressions transmises, ces dernières sont significatives de l'ordre de un à trois bars aux fréquences et intensités (d'1 à 3 Watts par centimètre carré) utilisées. Cet effet mécanique et thermique se combine pour avoir une action d'accélération de la détersion inflammatoire, de drainage des liquides extravasculaires, de désorganisation du collagène qui s'oppose aux phénomènes de fibrose.

Les ultrasons sont très largement utilisés en clinique humaine dans la pathologie rachidienne, la pathologie péri-articulaire, les syndromes du canal carpien. Plusieurs études contrôlées ont été publiées. Elles génèrent, à l'heure actuelle, des observations contradictoires. Des études démonstratives ont été publiées dans les domaines de la pathologie tendineuse [91], les calcifications scapulaires [43], le syndrome du canal carpien [44], les douleurs talonnières [37], les pertes de substance cutanée [137], la consolidation des fractures [33,95], la liposuction [34,76]. Des études contrôlées non démonstratives concernent la pathologie tendineuse [122], les calcifications scapulaires [136], le syndrome du canal carpien [131] (mais la posologie utilisée dans cette dernière étude est très inférieure à celle utilisée dans l'étude démonstrative d'un effet bénéfique), le syndrome myofascial [58], l'entorse de la cheville [121], les contractures musculaires [35], la raideur post-traumatique [12], les pertes de substance cutanée [175], la consolidation des fractures [46].

Tableau 4
Études contrôlées et méta-analyses, ultrasons
(Les études sont indiquées par leur référence bibliographique)

	Effet bénéfique démontré	Effet bénéfique non démontré
Affections articulaires et péri-articulaires	[37,43,44,91, 140]	[12,18,35,58,121, 122,131,136,138, 184,192]
Affections du rachis		[139,141]
Consolidation des fractures	[24,33,95]	[46]
Pertes de substances cutanées	[87,137]	[5,21,75]

Le Philadelphia panel conclut à l'absence d'efficacité dans les douleurs des genoux [138], les cervicalgies [139], les lombalgies [141] et à une possible efficacité dans les tendinites calcifiantes de l'épaule [140]. Les méta-analyses récentes [57,185] ne permettent pas d'affirmer l'efficacité ou l'inefficacité des ultrasons dans les pathologies musculosquelettiques toutefois il faut continuer à évaluer l'impact des ultrasons dans les épicondylites [185] et la polyarthrite [28] ; la Cochrane Library conclut à l'absence d'efficacité dans la gonarthrose [192], les syndromes rotuliens [18], les entorses de la cheville [184]. Les ultrasons pourraient être efficaces dans les ulcères variqueux [87] élément confirmé par la Cochrane Library [53] qui n'observe pas d'efficacité dans les escarres [52]. Enfin pas d'efficacité prouvée dans les douleurs du post-partum [77]. En revanche, une méta-analyse conclut à l'efficacité des ultrasons (administrés à faible dose : 30 milliwatt par centimètre carré) pour favoriser la consolidation des fractures [24].

Les ultrasons sont très largement utilisés, les résultats des études, relativement nombreuses, sont souvent contradictoires. À cet égard le Tableau 4 est tout à fait caractéristique du débat concernant l'efficacité de l'ultrasonothérapie conventionnelle. La consolidation des fractures qui fait appel à des modalités différentes s'avère plutôt prometteuse.

14. Ondes de choc

Le traitement par ondes de choc extracorporelles consiste à administrer une vibration mécanique de type onde acoustique (onde sonore). Les ondes sont produites par un système où un courant électrique génère un champ magnétique dans un solénoïde qui génère lui-même un autre champ magnétique dans une lame métallique ; les pôles similaires des champs magnétiques du solénoïde et de la plaque de métal se repoussent mutuellement créant une vibration mécanique qui est ensuite focalisée par une lentille acoustique ; la vibration se propage en milieux aqueux. Les ondes de choc sont appliquées soit en modalité haute énergie (0,30 millijoules par millimètres carrés [mJ/mm^2]), il s'agit alors d'une lithotrypsie extracorporelle, soit en basse énergie (0,06 mJ/mm^2) réalisant alors une analgésie d'hyperstimulation. La fréquence d'émission du générateur d'ondes de choc est de l'ordre de quelques Hertz (moins d'une dizaine) ; la durée d'application (en minutes) et le nombre de chocs délivrés

Tableau 5
Études contrôlées et méta-analyses, ondes de choc
(Les études sont indiquées par leur référence bibliographique)

	Effet bénéfique démontré	Effet bénéfique non démontré
Tendinopathies calcifiantes de l'épaule (HE)	[78,103,104,149, 153]	
Aponévrosites plantaires	[78,108,124,125, 152]	[23]
Autres affections péri-articulaires	[109,150]	[38,94,165]

(HE, haute énergie ; BE, basse énergie)

dépendent de la pathologie traitée ; les traitements se situent le plus souvent autour de 1000 à 2000 chocs. La technique haute-énergie donne des résultats intéressants dans les tendinopathies calcifiantes de l'épaule [103,104,149,153] ; les techniques de basse énergie ont donné des résultats probants dans le tennis *elbow* [109,150], l'aponévrosite plantaire [108,124,152] (résultat non retrouvé par un travail récent [23]), les douleurs talonnières [151] ; elles se sont avérées inefficaces dans les tendinites du sus-épineux [165], l'épicondylite [38] et les épitrochléites [94]. L'imagerie par résonance magnétique pourrait fournir un critère prédictif d'efficacité [108,109].

Il est donc encore tôt pour se faire une idée valable sur un nouveau moyen physique qui est mis en œuvre à l'aide de machines coûteuses, néanmoins les méta-analyses concluent globalement à l'intérêt des ondes de choc pour les douleurs plantaires [78,125] et dans les tendinopathies calcifiantes [78]. C'est ce que montre bien le Tableau 5.

15. Infrasons

Les vibrations infrasonores ont une fréquence inférieure à 1000 Hz. On a montré que ces vibrations activent le contrôle de porte en recrutant des récepteurs cutanés de la sensibilité vibratoire (principalement à 40 et 250 Hz) et provoquent un véritable réflexe myotatique lorsqu'elles sont appliquées sur un tendon (de 100 à 200 Hz). Les phénomènes vibratoires ont un impact sur les phénomènes réflexes d'origine tendino-musculaire (réflexe tonique vibratoire) et des conséquences au niveau de la sensibilité proprioceptive et de la régulation du tonus musculaire. L'action antalgique, caractérisée par une élévation du seuil douloureux, est particulièrement appréciable dans les douleurs neuropathiques, d'origine névromateuse ou névralgiques, et musculosquelettiques ; il serait plus marqué pour les douleurs chroniques que pour les douleurs aiguës. Les vibrations dont la fréquence est inférieure à 20 Hz provoqueraient une sédation d'apparition retardée mais d'effet plus prolongé, alors que les vibrations supérieures à 50 Hz auraient un effet rapide mais de durée plus limitée [106]. Le mécanisme de l'action antalgique fait l'objet de discussions [174]. Les mécanorécepteurs sensibles à la pression ainsi que des récepteurs à seuil bas et adaptation rapide peuvent être recrutés par les vibrations thérapeutiques [135] ; les signaux qu'ils initient dans des grosses fibres peuvent contribuer à activer le contrôle de porte, et ce de manière

autant sinon plus spécifique que la stimulation électrique qui recrute de manière très aspécifique. L'effet antalgique des vibrations ne semble pas réversible sous Naloxone [107], ce qui a priori exclurait l'intervention de la sécrétion de neuro-peptides opiacés mais pas d'une autre nature, sérotonine ou noradrénaline, adénosine [158]. Pourraient également intervenir les phénomènes d'analgésie d'hyperstimulation qui expliqueraient mieux (que l'intervention du contrôle de porte) le caractère généralisé de l'analgésie, néanmoins la nature et la place de ces mécanismes centraux restent confuses [89] ; ils permettraient de comprendre convenablement l'importance et la durée de l'analgésie postvibratoire. Des modifications circulatoires (le plus souvent accroissement du débit local) accompagnent les effets antalgiques, ce qui témoignerait de l'importance du niveau spinal ; elles pourraient contribuer à une action décisive sur le foyer inflammatoire local [171]. Pour certains, l'élévation du seuil douloureux serait un mécanisme purement médullaire alors que la diminution de la douleur spontanée perçue par le malade aurait une origine plus haut située. La stimulation doit se faire sur la zone douloureuse pour que l'efficacité soit maximum [106], notion qui n'est pas confirmée par d'autres auteurs [134,167]. La plage de fréquence le plus largement utilisée se situe autour de 100 Hz, l'intensité doit être modérée (de l'ordre de 69 kiloPascal), la durée d'application doit être d'environ 40 à 45 minutes. D'autres plages de fréquence peuvent être essayées notamment si les premières utilisées n'apportent pas les résultats escomptés. Quelques études contrôlées, réalisées il y a quelques années ont montré leur intérêt en clinique [72,105,106] ; on ne retrouve pas de travail récent confirmant l'utilisation antalgique de manière probante ; les stimulations vibratoires sont impuissantes à améliorer les neuropathies observées au cours de l'infection à VIH [132]. Outre leur intérêt antalgique les vibrations infrasoniques ont démontré leur utilité dans le traitement de troubles de la sensibilité, le réveil musculaire, la prise en charge de la spasticité.

On doit regretter que cet agent, qui possède, comme on vient de le voir, des bases physiologiques intéressantes ne soit pas plus largement utilisé sur le plan antalgique et ne fasse pas l'objet de plus nombreuses investigations cliniques dans ce domaine.

16. Conclusion

Ces dernières années de très nombreuses études contrôlées ont apporté la preuve de l'intérêt de l'exercice en médecine physique en particulier dans les affections incapacitantes chroniques. Ces études rencontrent des difficultés méthodologiques comparables aux études sur l'action antalgique des agents physiques : taille des échantillons, absence de double insu, problèmes éthiques, problèmes économiques (dans les deux cas ces produits de santé ne font pas l'objet d'investigations préalables nécessaires à leur « mise sur le marché »). Les études concernant les agents physiques antalgiques, qui se sont multipliées ces dernières années, donnent

des résultats très contrastés. Dans la plupart des cas, il n'y a, actuellement, ni de certitude scientifique pour les rejeter ni d'argument significatif pour les utiliser avec la confiance que l'on accorde aux techniques véritablement validées. Les matériaux manquent pour s'engager dans une démarche de recommandation (ou de non recommandation) ; en revanche, dans la mesure où le respect des contre-indications classiques permet de les utiliser sans risque majeur, elles constituent des options thérapeutiques que l'on peut utiliser au mieux en s'appuyant sur les données saillantes de la littérature. Par ailleurs, on ne peut que souhaiter la poursuite et le développement des études contrôlées de ces divers agents. Mais, il ne faut pas se cacher que les contraintes méthodologiques et économiques qu'elles génèrent sont importantes et la réglementation actuelle n'en fait pas obligation. En outre, l'industrie qui produit ces systèmes, véritables produits de santé, est structurée et réglementée différemment de l'industrie pharmaceutique ; il n'est donc pas facile, pour des agents existant depuis longtemps, d'identifier des promoteurs de recherches cliniques.

Références

- [1] Ahmed HE, White PF, Craig WF, Hamza MA, Ghoname EA, Gajraj N. Use of percutaneous nerve stimulation (PENS) in the short term management of headache. *Headache* 2000;40:311–5.
- [2] Alfano AP, Taylor AG, Foresman PA, Dunkl PR, Mac Connell GG, Conaway MR, et al. Static magnetic fields for the treatment of fibromyalgia: a randomized controlled trial. *J Altern Complement Med* 2001;7:53–64.
- [3] Armstrong DG, Lavery LA, Fleischli JG, Gilham KA. Is electrical stimulation effective in reducing neuropathic pain in patients with diabetes? *J Foot Ankle Surg* 1997;36:260–3.
- [4] Ashburn MA, Streisand J, Zhang J, Love G, Rowin M, Niu Kievit JK, et al. The iontophoresis of fentanyl citrate in humans. *Anesthesiology* 1995;82:1146–53.
- [5] Assimacopoulos D. Low intensity negative electric current in the treatment of ulcers of the leg due to chronic venous insufficiency. *Am J Surg* 1969;115:683–7.
- [6] Baghdadi ZD. A comparison of parenteral and electronic dental anesthesia during operative procedures in children. *Gen Dent* 2000;48:150–6.
- [7] Banta CA. A prospective, non randomized study of iontophoresis, wrist splinting, and anti-inflammatory medication in the treatment of early-mild carpal tunnel syndrome. *J Occup Med* 1994;36:166–8.
- [8] Barber FA, Mac Guire DA, Click S. Continuous-flow cold therapy for outpatient anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1998;14:130–5.
- [9] Basford JR, Malanga GA, Krause DA, Harmsen WS. A randomized controlled evaluation of low-intensity laser therapy: plantar fasciitis. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:249–54.
- [10] Basford JR, Sheffield CG, Cieslak KR. Laser therapy: a randomized controlled trial of low-intensity Nd: Yag laser irradiation on lateral epicondylitis. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81:1504–10.
- [11] Basford JR, Sheffield CG, Harmsen WS. Laser therapy: a randomized controlled trial of low-intensity Nd: Yag laser irradiation on musculoskeletal back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:647–52.
- [12] Basso O, Pike JM. The effect of low frequency, long wave ultrasound therapy on joint mobility and rehabilitation after wrist fracture. *J Hand Surg (Br)* 1998;23:136–9.

- [13] Benedetti F, Amanzio M, Casadio C, et al. Control of postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic operations. *Ann Thor Surg* 1997;63:773–6.
- [14] Berliner MN. Reduced skin hyperemia during tap water iontophoresis after intake of acetylsalicylic acid. *Am J Phys Med Rehabil* 1997;76:482–7.
- [15] Binder A, Parr G, Hazleman B, Fitton-Jackson S. Pulsed electromagnetic field therapy of persistent rotator cuff tendinitis; a double-blind controlled assessment. *Lancet* 1984;8379:695–8.
- [16] Bircan C, Senocak O, Peker O, Kaya A, Tamci SA, Gulbahar S, et al. Efficacy of two forms of electrical stimulation in increasing quadriceps strength: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2002;16:194–9.
- [17] Brandner B, Munro B, Bromby LM, Hertreed M. Evaluation of the contribution to postoperative analgesia by local cooling of the wound. *Anaesthesia* 1996;51:1021–5.
- [18] Brosseau L, Casimiro L, Robinson V, Milne S, Shea B, Judd M, et al. Therapeutic ultrasound for treating patellofemoral pain syndrome (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [19] Brosseau L, Milne S, Robinson V, Marchand S, Shea B, Wells G, Tugwell P. Efficacy of the transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of chronic low back pain: a meta-analysis. *Spine* 2002;27:596–603.
- [20] Brosseau L, Welch W, Wells G, Tugwell P, de Bie R, Gam A, et al. Low level laser therapy for osteo-arthritis and rheumatoid arthritis: a meta-analysis. *J rheumatol* 2000;27:1961–9.
- [21] Brosseau L, Welch W, Wells G, Tugwell P, de Bie R, Gam A, et al. Low level laser therapy (classes I, II and III) for treating osteo-arthritis (Cochrane Review). The Cochrane Library, issue 3. Oxford: Update Software; 2002.
- [22] Brosseau L, Welch W, Wells G, Tugwell P, de Bie R, Gam A, et al. Low level laser therapy (classes I, II and III) for treating reumatoid arthritis (Cochrane Review). The Cochrane Library, issue 3. Oxford: Update Software; 2002.
- [23] Buchbinder R, Ptasznik R, Gordon J, Buchanan J, Prabaharan V, Forbes A. Ultrasound-guided extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002;288:1364–72.
- [24] Busse JW, Bhandari M, Kulkarni AV, Tunks E. The effect of low-intensity pulsed ultrasound therapy on time to fracture healing: a meta-analysis. *CMAJ* 2002;166:437–41.
- [25] Cao W, Zhang D, gan J. Microwave effect on immunological response of chronic limb limphedema. *Zhonghuo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 2000;14:105–9.
- [26] Carroll D, Moore RA, McQuay HJ, Fairman F, Tramèr M, Leijon G. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [27] Casey KL, Blick M. Observations on anodal polarization of cutaneous nerve. *Brain Res* 1969;13:155–67.
- [28] Casimiro L, Brosseau L, Robinson V, Milne S, Judd M, Well G, et al. Therapeutic ultrasound for the treatment of rheumatoid arthritis (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [29] Chaloupka EC, kang J, mastrangelo MA. The effect of flexible magnets on hand muscle strength : aa randomized, double blind study. *J Strength Cond Res* 2002;16:33–7.
- [30] Chang TS, Gan JL, Fu KD, Huang WY. The use of 5,6 benzo-pyrone (coumarin) and heating by microwaves in the treatment of chronic lymphedema of the legs. *Lymphology* 1996;29:106–11.
- [31] Cheing GL, Hui-Chan CW. Transcutaneous electrical nerve stimulation: nonparallel antinociceptive effects on chronic clinical pain and acute experimental pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:305–12.
- [32] Chesterton LS, Foster NE, Ross L. Skin temperature response to cryotherapy. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:543–9.
- [33] Cook SD, Ryaby JP, Mac Cabe J, Frey JJ, Heckman JD, Kristiansen TK. Acceleration of tibia and distal radius healing in patients who smoke. *Clin Orthop* 1997;337:198–207.
- [34] Cook Jr WR. Utilizing external ultrasonic energy to improve the results of tumescent liposculpture. *Dermatol Surg* 1997;23:1207–11.
- [35] Craig JA, Bradley J, Walsh DM, Baxter GD, Allen JM. Delayed onset muscle soreness: lack of effect of therapeutic ultrasound in humans. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:318–23.
- [36] Cramp FL, McCullough GR, Lowe AS, Walsh DM. Transcutaneous electric nerve stimulation: the effect of intensity on local and distal cutaneous blood flow and skin temperature in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:5–9.
- [37] Crawford F, Snaith M. How effective is therapeutic ultrasound in the treatment of heel pain ? *Ann Rheum Dis* 1996;55:261–7.
- [38] Crowther MA, Bannister GC, Huma H, Rooker GD. A prospective, randomised study to compare extracorporeal shock-wave therapy and injection of steroid for the treatment of tennis elbow. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:678–9.
- [39] Danziger N, Rozenberg S, Bourgeois P, Charpentier G, Wiler JC. Depressive effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and piezo electric current on lower limb nociceptive flexion reflex in human subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:191–200.
- [40] De Bie RA, De Wet HCW, Lenssen TF, Van den Wildenberg FAJM, et al. Low level laser therapy in ankle sprains: a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:1415–20.
- [41] Dervin GF, Taylor DE, Keene GC. Effects of cold and compression dressings on early postoperative outcomes for the arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction patients. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27:403–6.
- [42] Dowd NP, Day F, Timon D, Cunningham AJ, Brown L. Iontophoretic vincristine in the treatment of post-herpetic neuralgia: a double-blind, randomized, controlled trial. *J Pain Symptom Manage* 1999;17:175–80.
- [43] Ebenbichler GR, Erdogmus CB, Resch KL, et al. Ultrasound therapy for calcific tendinitis of the shoulder. *New Engl J Med* 1999;340:1525–33.
- [44] Ebenbichler GR, Resch KL, Nicolakis P. Ultrasound treatment for treating the carpal tunnel syndrome: randomised sham controlled trial. *BMJ* 1998;316:731–5.
- [45] Edwards DJ, Rimmer M, Keene GC. The use of cold therapy in the post-operative management of patients undergoing arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1996;24:193–5.
- [46] Emami A, Patren-Mallmin M, Larsson S. No effect of low intensity ultra-sound on healing time of intramedullary fixed tibial fractures. *J Orthop Trauma* 1999;13:252–7.
- [47] Faghri PD, Rogers MM, Glaser RM, Bors JG, Ho C, Akuthota P. The effects of functional electrical stimulation on shoulder subluxation, arm function recovery and shoulder pain in hemiplegic stroke patient. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75:73–9.
- [48] Fialka V, Wickenhauser J, Engel A, Schneider B. Effects of physical therapy on clinical and scinigraphic parameters in reflexsympathetic dystrophys syndrome (RSDS). *Eur J Phys Med Rehabil* 1991;1:3–8.
- [49] Flemming K, Cullum N. Electro-magnetic therapy for treating pressure sores (Cochrane Review). The Cochrane Library, issue 3. Oxford: Update Software; 2002.
- [50] Flemming K, Cullum N. Electro-magnetic therapy for treating venous leg ulcers (Cochrane Review). The Cochrane Library, issue 3. Oxford: Update Software; 2002.
- [51] Flemming K, Cullum N. Laser therapy for venous leg ulcers (Cochrane Review). The Cochrane Library, issue 3. Oxford: Update Software; 2002.
- [52] Flemming K, Cullum N. Therapeutic ultrasound for pressure sores (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.

- [53] Flemming K, Cullum N. Therapeutic ultrasound for venous leg ulcers (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [54] Flemming KA, Cullum NA, Nelson EA. A systematic review of laser therapy for venous leg ulcers. *J Wound Care*, 8. 1999. p. 111–4.
- [55] Foley Nolan D, Moore K, Barry C, O'Connor P, Coughlan RJ. Low energy high frequency pulsed electromagnetic therapy for acute wiplash injury. *Scand J Rehab Med* 1992;24:51–9.
- [56] Galinkin JL, Rose JB, Harris K. Watcha MFLidocaine iontophoresis versus eutectic mixture of local anesthetics (EMLA) for IV placement in children. *Anesth Analg* 2002;94:1484–8.
- [57] Gam AN, Johannsen F. Ultrasound therapy in musculoskeletal disorders: a meta-analysis. *Pain* 1995;63:85–91.
- [58] Gam AN, Warming S, Larsen LH, Jensen B, Hoydalsmo O, Allon I, et al. Treatment of myofascial trigger-points with ultrasound combined with massage and exercise — a randomised controlled trial. *Pain* 1998;77:73–9.
- [59] Garrisson DW, Foreman RD. Decreased activity of spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cells during transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain* 1994;58:309–15.
- [60] Garrisson DW, Foreman RD. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cell activity in cats with transected spinal cord. *Neurosci Letters* 1995;216:125–8.
- [61] Geurts JW, Van Wijk RM, Stolker RJ, Groen GJ. Efficacy of radiofrequency procedures for the treatment of spinal pain: a systematic review of randomized clinical trials. *Reg Anesth Pain Med* 2001;26:394–400.
- [62] Gherardini G, Gurlek A, Evans GR, Milner SM, Matarasso P, Wassler M, et al., Lundeberg T, et al. Venous ulcers: improved healing by iontophoretic administration of calcitonin gene related peptide a vasoactive intestinal polypeptide. *Plast Reconstr Surg* 1998;101:90–3.
- [63] Ghoname EA, Craig WF, White PF, et al. Percutaneous electrical nerve stimulation for low back pain. *Jama* 1999;281:818–23.
- [64] Giombini A, Casciello G, Di Cesar MC, Di Cesare A, Dragoni S, Sorrenti D. A controlled study of the effect of hyperthermia at 434 MHz and ultrasound upon muscle injuries in sport. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41:521–7.
- [65] Giombini A, Di Cesare A, Casciello G, Sorrenti D, Dragoni S, Gabriele P. Hyperthermia at 434 MHz in the treatment of overuse sport tendinopathies: a randomised controlled clinical trial. *Int J Sports Med* 2002;23:207–11.
- [66] Glass JM, Stephens BL, Jacobsen SC. The quantity and distribution of radio-labelled dexamethasone delivered to tissues by iontophoresis. *Int J Dermatol* 1980;19:519–25.
- [67] Goh CL, Yoyong K. A comparison of topical tannic acid versus iontophoresis in the medical treatment of palmar hyperhidrosis. *Singapore Med J* 1996;37:466–8.
- [68] Gray RJM, Quayle AA, Hall CA, Schofield MA. Physiotherapy in the treatment of temporo-mandibular joint disorders: a comparative study of four treatment methods. *Br Dent J* 1980;176:257–61.
- [69] Grossi E, Monza GC, Pollavini S. Nsaid ionisation in the management of soft tissue rheumatism: role played by the drug, electrical stimulation and suggestion. *Clin Exp Rheumatol* 1986;4:256–7.
- [70] Gudeman SD, Eisele SA, Heidt RS, Colosimo AJ, Stroupe AL. Treatment of plantar fasciitis by iontophoresis of 0,4 % dexamethasone. A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Am J Sports Med* 1997;25:312–6.
- [71] Guffey JS, Rutherford MJ, Payne W, Philips C. Skin pH changes associated with iontophoresis. *J Orthop Sports Med* 1999;29:650–60.
- [72] Guieu R, Tardy Gervet MF, Roll JP. Analgesic effects of vibration and transcutaneous electrical nerve stimulation applicated separately and simultaneously to patients with chronic pain. *Can Neurol Sci* 1986; 18:113–9.
- [73] Hamza MA, White PF, Craig WF, Ghoname EA, Ahmed HE, Proctor TJ, et al. Percutaneous electrical nerve stimulation: a novel analgesic therapy for diabetic neuropathic pain. *Diabetes Care* 2000;23: 365–70.
- [74] Hannon SM, Wible CL, Reich M, Barnes WS, Williams JH. Dexamethasone iontophoresis: effect on delayed muscle soreness and muscle function. *Can J Spt Sci* 1991;17:8–13.
- [75] Harvey M, Elliott M. Transcutaneous nerve stimulation for pain management during cavity preparations in pediatric patients. *ASDC J Dent Child* 1995;62:49–51.
- [76] Havoonjian HH, Luftman DB, Menaker GM, Moy RL. External ultrasonic tumescent liposuction. A preliminary study. *Dermatol Surg* 1997;23:1201–6.
- [77] Hay-Smith EJC. Therapeutic ultrasound for postpartum perineal pain and dyspareunia (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [78] Heller KD, Niethard FU. Using extracorporeal shockwave therapy in orthopedics, a meta-analysis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1998;136:390–401.
- [79] Hinman MR, Ford J, Heyl H. Effect of static magnets on chronic knee pain and physical function: a double-blind study. *Altern Ther Health Med* 2002;8:50–5.
- [80] Hochberg J. A randomized prospective study to assess the efficacy of two cold-therapy treatments following carpal tunnel release. *J Hand Ther* 2001;14:208–15.
- [81] Hou CR, Tsai LC, Cheng KF, Chung KC, Hong CZ. Immediate effects of various physical therapeutic modalities on cervical myofascial pain and trigger-point sensitivity. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:1406–14.
- [82] Hsueh TC, Cheng PT, Kuan TS, Hong CZ. Effect of ENS and EMS on myofascial trigger points. *Am J Phys Med Rehabil* 1997;76:471–6.
- [83] Hulme J, Robinson V, DeBie R, Wells G, Judd M, Tugwell P. Electromagnetic fields for the treatment of osteo-arthritis (Cochrane Review). The Cochrane Library, issue 3. Oxford: Update Software; 2002.
- [84] Ieran M, Zaffuto S, Bacagnani M, Annovi M, Moratti A, Cadossi R. Effect of low-frequency pulsing electromagnetic fields on skin ulcers of venous origin in humans: a double-blind trial study. *J Orthop Res* 1990;8:276–81.
- [85] Jenis LG, An HS, Stein R, Young B. Prospective comparison of the effect of direct current electrical stimulation and pulsed electromagnetic fields on instrumented posterolateral lumbar arthrodesis. *J Spinal Disord* 2000;13:290–6.
- [86] Jeong Y, Baik EJ, Nam TS, Paik KS. Effects of iontophoretically applied naloxone, picrotoxin and strychnine on dorsal horn neuron activities treated with high frequency conditioning stimulation in cats. *Yonsei Med J* 1995;36:336–47.
- [87] Johannsen FJ, Gam AN, Karlsmark T. Ultrasound therapy in chronic leg ulceration: a meta-analysis. *Wound Repair* 1998;6:121–6.
- [88] Johansen F, Gam A, Hauschild B, Mathiesen B, Jensen L. Rebox: an adjunct in physical medicine? *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:438–40.
- [89] Kakigi R, Shibasaki H. Mechanism of pain relief by vibration and movement. *J Neurol, Neurosurg & Psychiatry* 1992;55:282–6.
- [90] Kim MK, Kini NM, Troshynski TJ, Hennes HM. A randomized clinical trial of dermal anesthesia by iontophoresis for peripheral venous catheter placement in children. *Ann Emerg Med* 1999;33: 395–9.
- [91] Klaiman MD, Shrader JA, Danoff JV, Hicks JE, Pesce WJ, Ferland J. Phonophoresis vs ultrasound in the treatment of common musculoskeletal conditions. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:1355–449.
- [92] Konrath GA, Lock T, Goitz HT, Scheidler J. The use of cold therapy after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective, randomized study and literature review. *Am J Sports Med* 1996;24:629–33.

- [93] Korpan NN, Saradeth T. Clinical effects of continuous microwave for postoperative septic wound treatment: a double blind controlled trial. *Am J Surg* 1995;170:271–6.
- [94] Krischek O, Hopf C, Nafe B, Rompe JD. Shock-wave therapy for tennis and golfer's elbow, 1 year follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999;119:62–6.
- [95] Kristiansen TK, Ryaby JP, Mac Cabe J, Frey JJ, Roe LR. Accelerated healing of distal radial fractures with the use of specific, low-intensity ultrasound. A multicenter, prospective, randomized, double-blind, placebocontrolled study. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79:961–73.
- [96] Kumar D, Alvaro MS, Julka IS, Marshall HJ. Diabetic peripheral neuropathy. Effectiveness of electrotherapy and amitriptyline for symptomatic relief. *Diabetes care* 1998;21:1322–5.
- [97] Kumar D, Marshall HJ. Diabetic neuropathy: amelioration of pain with transcutaneous electrostimulation. *Diabetes care* 1997;20:1702–5.
- [98] Lagan KM, Clements BA, Mc Donough S, Baxter GD. Low intensity laser therapy (830 nm) in the management of minor postsurgical wound: a controlled clinical study. *Laser Surg Med* 2001;28:27–32.
- [99] Leandri M, Parodi CI, Corrieri N, Rigardo S. Comparison of TENS treatments in hemiplegic shoulder pain. *Scand J Rehabil Med* 1990;22:69–71.
- [100] Lessard LA, Scudds RA, Amendola A, Vaz MD. The efficacy of cryotherapy following arthroscopic knee surgery. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;26:14–22.
- [101] Li LC, Scudd RA, Heck CS, Harth M. The efficacy of dexamethasone iontophoresis for the treatment of rheumatoid arthritic knee: a pilot study. *Arthritis Care Res* 1996;9:126–32.
- [102] Liss S, Liss B. Physiological and therapeutic effects of high frequency electrical pulses. *Integr Physiol Behav Sci* 1996;31:88–95.
- [103] Loew M, Daecke W, Kusnierczak D, Rahmanzadeh M, Ewerbeck V. Shock-wave therapy is effective for chronic calcifying tendinitis of the shoulder. *J Bone Joint Surg Br* 1999;81:863–7.
- [104] Loew M, Jurgowski W, Mau HC, Thomsen M. Treatment of calcifying tendinitis of rotator cuff by extracorporeal shock waves: a preliminary report. *J Shoulder Elbow Surg* 1995;4:101–6.
- [105] Lundeberg T, Abrahamsson P, Bondesson L, Haker E. Effect of vibratory stimulation on experimental and clinical pain. *Scand J Rehabil Med* 1988;20:149–59.
- [106] Lundeberg T, Abrahamsson P, Bondesson L, Haker E. Vibratory stimulation compared to placebo in alleviation of pain. *Scand J Rehabil Med* 1987;19:153–8.
- [107] Lundeberg T. Naloxone does not reverse the pain reducing effect of vibratory stimulation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1985;29:212–6.
- [108] Maier M, Steinborn M, Schmitz C, Stabler A, Kohler S, Pfahler M, et al. Extracorporeal shock wave application for chronic plantar fasciitis associated with heel spurs: prediction of outcome by magnetic resonance imaging. *J Rheumatol* 2000;27:2455–62.
- [109] Maier M, Steinborn M, Schmitz C, Stabler A, Kohler S, Veihelmann A, et al. Extracorporeal shock-wave therapy for chronic lateral tennis elbow, prediction of outcome by imaging. *Arch Orthop Trauma Surg* 2001;121:379–84.
- [110] Marks RA. Spine fusion for discogenic low back pain: outcomes in patients treated with or without pulsed electromagnetic field stimulation. *Adv Ther* 2000;17:57–67.
- [111] Melzack R. Myofascial trigger points: relation to acupuncture and mechanisms of pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1981;62:114–7.
- [112] Mense S. Pathophysiologic basis of muscle pain syndromes: an update. *Phys Med & Rehabil Clinics of NA* 1997;8:23–53.
- [113] Miller KA, Balakrishnan G, Eichbauer G, Betley K. 1% lidocaine injection, EMLA cream, or “numby stuff” for topical analgesia associated with peripheral intravenous cannulation. *AANA J* 2001;69:185–7.
- [114] Milne S, Welch V, Brosseau L, Saginur M, Shea B, Tugwell P, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic low back pain (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [115] Montorsi F, Salonia A, Guazzoni G, Barbieri L, Colombo R, Brausi M, et al. Transdermal electromotive multidrug administration for Peyronie's disease: preliminary results. *J Androl* 2000;21:85–90.
- [116] Moore SR, Shurman J. Combined neuromuscular electrical stimulation and transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of chronic low back pain: a double blind, repeated measures comparison. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:55–60.
- [117] Morgan B, Jones AR, Mulcahy KA, Finlay DB, Collett B. Transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) during distension shoulder arthrography: a controlled trial. *Pain* 1996;64:265–7.
- [118] Murray CC, Kitchen S. Effect of pulse repetition on the perception of thermal sensation with pulse shortwave diathermy. *Physiother Res Int* 2000;5:73–84.
- [119] Naeser MA, Hahn KA, Lieberman BE, Fran KF. Carpal tunnel syndrome pain treated with low-level laser and micro-amperes transcutaneous electric nerve stimulation: A controlled study. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:978–88.
- [120] Noble JG, Henderson G, Cramp AF, Walsh DM, Lowe AS. The effect of interferential therapy upon cutaneous blood flow in humans. *Clin Physiol* 2000;20:2–7.
- [121] Nyanzi CS, Langridge J, Heyworth JR, Mani R. Randomized controlled study of ultrasound therapy in the management of acute lateral ligament sprains of the ankle joint. *Clin Rehabil* 1999;13:16–22.
- [122] Nykanen M. Pulsed ultrasound treatment of the painful shoulder a randomized, double-blind, placebocontrolled study. *Scand J Rehabil Med* 1995;27:105–8.
- [123] Oda S, Vock E, Rakosi J, Ring J. Successful treatment of dyshidrotic hand eczema using tap water iontophoresis with pulsed direct current. *Acta Derm Venereol* 1996;76:472–4.
- [124] Ogden JA, Alvarez R, Levitt R, Cross GL, Marlow M. Shock wave therapy for chronic proximal plantar fasciitis. *Clin Orthop* 2001;387:47–59.
- [125] Ogden JA, Alvarez RG, Marlow M. Shockwave therapy for chronic proximal plantar fasciitis: a meta-analysis. *Foot Ankle Int* 2002;23:301–8.
- [126] Ohkoshi Y, Ohkoshi M, Nagasaki S, Ono A, Hashimoto T, Yamane S. The effect of cryotherapy on intra-articular temperature and postoperative care after cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1999;27:357–62.
- [127] Oncel M, Sencan S, Yildiz H, Kurt N. Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain management in patients with uncomplicated minor rib fractures. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;22:13–7.
- [128] Osbahr DC, Cawley PW, Speer KP. The effect of continuous cryotherapy on glenohumeral joint and subacromial space temperatures in the postoperative shoulder. *Arthroscopy* 2002;18:748–54.
- [129] Osiri M, Welch V, Brosseau L, Shea B, McGowan J, Tugwell P, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation for knee osteo-arthritis (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [130] Ozawa A, Harubi Y, Iwashita K, et al. Follow-up of clinical efficacy of iontophoresis therapy for postherpetic neuralgia. *J Dermatol* 1999;26:1–10.
- [131] Oztas O, Turan B, Bora I, Karakaya MK. Ultrasound therapy effect in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:1540–4.
- [132] Paice JA, Shott S, Oldenburg FP, Zeller J, Swanson B. Efficacy of a vibratory stimulus for the relief of HIV-associated neuropathic pain. *Pain* 2000;84:291–6.
- [133] Palmer ST, Martin DJ, Steedman WM, Ravey J. Alteration of interferential current and transcutaneous electrical nerve stimulation frequency: effects on nerve excitation. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1065–71.
- [134] Palmesano TJ, Clelland JA, Sherer C, Stullenbarger E, Canan B. Effect of high frequency vibration on experimental pain threshold in young women when applied to areas of different size. *Clin J Pain* 1989;5:337–42.

- [135] Pantaleo T, Duranti R, Bellini F. Effects of vibratory stimulation on muscular pain threshold and blink response in human subjects. *Pain* 1986;24:239–50.
- [136] Perron M, Malouin F. Acid acetic iontophoresis and ultrasound for the treatment of calcifying tendinitis of the shoulder: a randomized control trial. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:379–84.
- [137] Peschen M, Weichenthal M, Schopf E, Vanscheidt W. Low frequency ultrasound treatment of chronic venous leg ulcers in an outpatient therapy. *Acta Derm Venereol* 1997;77:311–4.
- [138] Philadelphia Panel. Philadelphia Panel evidence, based clinical practice guidelines on selected rehabilitation interventions for knee pain. *Phys Ther* 2001;81:1675–700.
- [139] Philadelphia Panel. Philadelphia Panel evidence, based clinical practice guidelines on selected rehabilitation interventions for neck pain. *Phys Ther* 2001;81:1701–17.
- [140] Philadelphia Panel. Philadelphia Panel evidence, based clinical practice guidelines on selected rehabilitation interventions for shoulder pain. *Phys Ther* 2001;81:1719–30.
- [141] Philadelphia Panel. Philadelphia Panel evidence, based clinical practice guidelines on selected rehabilitation interventions for low back pain. *Phys Ther* 2001;81:1641–74.
- [142] Podd JV, Whittington CJ, Barnes GR, Page WH, Rapley BI. Do ELF magnetic fields affect human reaction time? *Bioelectromagnetics* 1995;16:317–23.
- [143] Prato FS, Thomas AW, Cook CM. Human standing balance is affected by exposure to pulsed ELF magnetic fields: light intensity-dependent effects. *Neuroreport* 2001;12:1501–5.
- [144] Price CIM, Pandyan AD. Electrical stimulation for preventing and treating post-stroke shoulder pain (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [145] Proctor ML, Smith CA, Farquhar CM, Stones RW. Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture for primary dysmenorrhoea (Cochrane Review). The Cochrane Library, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [146] Quellet Helstrom R, Stewart WF. Miscarriages among female physical therapists who report using radio and microwave frequency electromagnetic radiation. *Am J Epidemiol* 1993;138:775–86.
- [147] Robinson R, Darlow S, Wright SJ, Watters C, Carr I, Gadsby G, Mayberry J. Is transcutaneous electrical nerve stimulation an effective analgesia during colonoscopy? *Postgrad Med J* 2001;77:445–6.
- [148] Robinson SR, Purdie GL. Reducing post-tonsillectomy pain with cryoanalgesia: a randomized controlled trial. *Laryngoscope* 2000;110:1128–31.
- [149] Rompe JD, Burger R, Hopf C, Eysel P. Shoulder function after extracorporeal shock wave therapy for calcific tendinitis. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;7:505–9.
- [150] Rompe JD, Hopf C, Kullmer K, Heine J, Burger R, Nafe B. Low-energy extracorporeal shock wave therapy for persistent tennis elbow. *Int Orthop* 1996;20:23–7.
- [151] Rompe JD, Hopf C, Nafe B, Burger R. Low-energy extracorporeal shock wave therapy for painful heel: a prospective controlled single-blind study. *Arch Orthop Trauma Surg* 1996;115:75–9.
- [152] Rompe JD, Schoellner C, Nafe B. Evaluation of low-energy extracorporeal shock-wave application for treatment of chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84-A:335–41.
- [153] Rompe JD, Zoellner J, Nafe B. Shock wave therapy versus conventional surgery in the treatment of calcifying tendinitis of the shoulder. *Clin Orthop* 2001;387:72–82.
- [154] Roques CF. *Pratique de l'électrothérapie*. Paris: Springer Verlag; 1997 1 vol, 302 pp.
- [155] Rose JB, Galinkin JL, Jantzen EC, Chiavacci RM. A study of lidocaine iontophoresis for pediatric venipuncture. *Anesth Analg* 2002;94:867–71.
- [156] Saeki Y. Effect of local application of cold or heat for relief of pricking pain. *Nurs Health Sci* 2002;4:97–105.
- [157] Saggini R, Zoppi M, Vecchiet F, Gatteschi L, Obletter G, Giamberardino MA. Comparison of electromotive drug administration with ketorolac or with placebo in patients with pain from rheumatic disease: a double masked study. *Clin Ther* 1996;18:1169–74.
- [158] Salter MW, Henry JL. Evidence that adenosine mediates the depression of spinal dorsal horn neurones induced by peripheral vibrations in the cat. *Neuroscience* 1987;22:631–50.
- [159] Sanseverino ER, Vannini A, Castellacci P. Therapeutic effects of pulsed magnetic fields on joint disease. *Panminerva Med* 1992;34:187–96.
- [160] Sauls J. The use of ice for pain associated with chest tube removal. *Pain Manag Nurs* 2002;3:44–52.
- [161] Scarcella JB, Cohn BT. The effect of cold therapy on the postoperative course of total hip and knee arthroplasty patients. *Am J Orthop* 1995;24:847–52.
- [162] Schafer E, Finkensiep H, Kaup M. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain perception threshold of human teeth: a double-blind, placebocontrolled study. *Clin Oral Investig* 2000;4:81–6.
- [163] Schiffman EL, Braun BL, Lindgren BR. Temporomandibular joint iontophoresis: a double-blinded randomized clinical trial. *J Orofac Pain* 1996;10:157–65.
- [164] Schlesinger N, Detry MA, Holland BK, Baker DG, Beutler AM, Rull M, et al. Local ice therapy during bouts of acute gouty arthritis. *J Rheumatol* 2002;29:331–4.
- [165] Schmitt J, Haake M, Tosch A, Hildebrand R, Deike B, Griss P. Low-energy extracorporeal shock-wave treatment (ESWT) for tendinitis of the supraspinatus. A prospective, randomised study. *J Bone Joint Surg Br* 2001;83:873–6.
- [166] Segal NA, Toda Y, Huston J, Saeki Y, Shimizu M, Fuchs H, et al. Two configurations of static magnetic fields for treating rheumatoid arthritis of the knee: a double-blind clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:11453–60.
- [167] Sherer CL, Clelland JA, Sherer C, Stullenbarger E, Canan B. The effect of two sites of high frequency vibration on cutaneous pain threshold. *Pain* 1986;25:133–8.
- [168] Sherry E, Kitchener P, Smart R. A prospective randomized controlled study of VAX-D and TENS for the treatment of chronic low back pain. *Neurol Res* 2001;23:780–4.
- [169] Shigeki S, Murakami T, Yata N, Ikuta Y. Treatment of keloid and hypertrophic scars by iontophoretic transdermal delivery of tranilast. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 1997;31:151–8.
- [170] Singh H, Osbahr DC, Holovacs TF, Cawley PW, Speer KP. The efficacy of continuous cryotherapy on the postoperative shoulder: a prospective, randomized investigation. *J Shoulder Elbow Surg* 2001;10:522–5.
- [171] Skoglund CR. Vasodilatation in human skin induced by low amplitude high frequency vibration. *Clin Physiol* 1989;9:361–9.
- [172] Speer KP, Warren RF, Horowitz L. The efficacy of cryotherapy in the postoperative shoulder. *J Elbow Shoulder Surg* 1996;5:62–8.
- [173] Squire SJ, Kirchoff KT, Hissong K. Comparing two methods of topical anesthesia used before intravenous cannulation in pediatric patients. *J Pediatr Health Care* 2000;14:68–72.
- [174] Tardy Gervet MF, Guieu R, Ribot Ciscar E, Roll JP. Les vibrations mécaniques transcutanées : effets antalgiques et mécanismes antinociceptifs. *Rev Neurol* 1993;149:177–85.
- [175] Ter Riet G, Kessels AG, Knipschild P. Randomised clinical trial of ultrasound treatment for pressure ulcers. *BMJ* 1995;76:1040–1.
- [176] Thuile Ch, Walzl M. Evaluation of electromagnetic fields in the treatment of pain in patients with lumbar radiculopathy or the wiplash syndrome. *NeuroRehabilitation* 2002;17:63–7.
- [177] Treffiletti S, Annoscia S, Montefiore F, Boccafoschi C. La iontoforesi nel trattamento della malattia di La Peyronie: esperienza preliminare. *Arch Ital Urol Androl* 1997;69:323–7.

- [178] Trock DH, Bollet AJ, Markoll R. The effect of pulsed electromagnetic fields in the treatment of osteo-arthritis of the knee and cervical spine. Report of randomized, double-blind, placebo-controlled trials. *J Rheumatol* 1994;21:1903–11.
- [179] Tsen LC, Thomas J, Segal S, Datta S, Bader AM. Transcutaneous nerve stimulation does not augment combined epidural labour analgesia. *Can J Anaesth* 2000;47:38–42.
- [180] Vahtera T, Haaranen M, Viramo-Koskela AL, Ruutiainen J. Pelvic floor rehabilitation is effective in patients with multiple sclerosis. *Clin Rehabil* 1997;11:211–9.
- [181] Vallbona C, Hazlewood CF, Jurida G. Response of pain to static magnetic fields in post-polio patients: a double blind pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:1200–3.
- [182] Van der Geest R, Van Laar T, Gubbens-Stibe JM, Bodde I, Danhof M. Iontophoretic delivery of apomorphine . II: an in study in patients with Parkinson's disease. *Pharm Res* 1997;14:1804–10.
- [183] Van der Heijden GJMG, Leffers P, Wolters PJMC, et al. No effect of bipolar interferential therapy and pulsed ultrasound for soft tissue shoulder disorders: a randomised controlled trial. *Ann Rheum Dis* 1999;58:530–40.
- [184] Van der Windt DAWM, Van der Heijden GJMG, Van den Berg SGM, Ter Riet G, De Winter AF, Bouter LM. Ultrasound therapy for acute ankle sprains (Cochrane Review). *The Cochrane Library*, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [185] Van Der Windt DAWM, Van der Heijden GLMG, Van den Berg SGM, et al. Ultrasound therapy for musculoskeletal disorders: a systematic review. *Pain* 1999;81:257–71.
- [186] Wagstaff P, Wagstaff S, Downey M. A pilot study to compare the efficacy of continuous and pulsed magnetic energy (short-wave diathermy) on the relief of low back pain. *Physiotherapy* 1986;72:563–6.
- [187] Wallace MS, Ridgeway B, Jun E, Schulteis G, Rabussay D, Zhang L. Topical delivery of lidocaine in healthy volunteers by electroporation, electroincorporation, or iontophoresis: an evaluation of skin anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2001;26:229–38.
- [188] Wang B, Tang J, White PF, et al. Effects of the intensity of transcutaneous acupoint electrical stimulation on the postoperative analgesic requirement. *Anesth Analg* 1997;85:406–13.
- [189] Webb JM, Williams D, Ivory JP, Day S, Williamson DM. The use of cold compression dressings after total knee replacement: a randomized controlled trial. *Orthopedics* 1998;21:59–61.
- [190] Weishaar E, Heyer G, Forster C, handwerker HO. Effect of topical capsaicin on the cutaneous reaction and itching to histamine in atopic eczema compared to healthy skin. *Arch Dermatol Res* 1998;290:306–11.
- [191] Weiss DS, Kirsner R, Eaglestein WH. Electrical stimulation and wound healing. *Arch Dermatol* 1990;126:222–5.
- [192] Welch V, Brosseau L, Peterson J, Shea B, Tugwell P, Wells G. Therapeutic ultrasound for osteo-arthritis of the knee (Cochrane Review). *The Cochrane Library*, Issue 4. Oxford: Update Software; 2002.
- [193] White PF, Craig WF, Vakharia AS, Ghoname EA, Ahmed HE, Hamza MA. Percutaneous neuromodulation therapy: does the location of electrical stimulation effect the acute analgesic response. *Anesth Analg* 2000;91:949–54.
- [194] White PF, Ghoname EA, Ahmed HE, Hamza MA, Craig WF, Vakharia AS. The effect of montage on the analgesic response to percutaneous neuromodulation therapy. *Anesth Analg* 2001;92:483–7.
- [195] Whitwam JG, Kidd C. The use of direct current to cause selective block of large fibres in peripheral nerves. *Br J Anaesth* 1975;47:1123–33.
- [196] Wilson DH. Comparison of shortwave diathermy and pulsed electromagnetic energy in Treatment of soft tissues injuries by pulsed electrical energy. *BMJ* 1972;2:269–70.
- [197] Zarate E, Mingus M, White PF, Chiu JW, Scuderi P, Loskota W, et al. The use of transcutaneous acupoint electrical stimulation for preventing nausea and vomiting after laparoscopic surgery. *Anest Analg* 2001;92:629–35.
- [198] Zhang J, Clement D, Taunton J. The efficacy of Farabloc, an electromagnetic shield, in attenuating delayed-onset muscle soreness. *Clin J Sport Med* 2000;10:15–21.
- [199] Zizic TM, Hoffman KC, Holt PA, et al. The treatment of osteoarthritis of the knee with pulsed electrical stimulation. *J Rheumatol* 1995;22:1757–61.