



HAL
open science

L'électrostimulation à corps entier améliore-t-elle l'athlétisation de nos patients sportifs ?

Chloé Chopard

► **To cite this version:**

Chloé Chopard. L'électrostimulation à corps entier améliore-t-elle l'athlétisation de nos patients sportifs?. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03082053

HAL Id: dumas-03082053

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03082053>

Submitted on 18 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**L'électrostimulation à corps entier améliore-t-elle
l'athlétisation de nos patients sportifs ?**

CHOPARD Chloé

Directeur de Mémoire : M. FABER

Remerciements

Je tiens remercier Monsieur Faber mon directeur de mémoire, qui a été d'une aide précieuse dans la recherche et la construction de cette revue de littérature.

Je remercie aussi ma famille, qui a contribué à sa manière à la réalisation de ce projet. Et également tous mes amis et Mathilde qui m'a grandement épaulée durant toutes ces années d'études.

Table des matières

1.	Introduction.....	1
1.1	Physiologie musculaire.....	1
1.1.1	L'organisation du tissu musculaire strié :	2
1.1.1.1	L'organisation cellulaire :	2
1.1.1.2	Les bandes A :.....	3
1.1.1.3	Les bandes I :	3
1.1.1.4	Le sarcomère	3
1.1.1.5	Les différentes fibres musculaires.....	3
1.1.2	L'innervation et vascularisation du tissu musculaire	4
1.1.3	Les différentes propriétés du muscle.....	5
1.1.4	Le mécanisme de la contraction musculaire.....	5
1.1.5	Rappels anatomiques	7
1.2	L'électrophysiologie	9
1.3	L'électrostimulation à corps entier (WB EMS).....	12
2.	Méthodologie	14
2.1	Critères d'éligibilité des études pour cette revue.....	14
2.1.1	Types d'études.....	14
2.1.2	La population.....	15
2.1.3	L'intervention.....	15
2.1.4	Les objectifs et les critères de jugement.....	17
2.1.4.1	La force et la puissance	18
2.1.4.1	La hauteur et la longueur de saut	19
2.1.4.2	Le temps de sprint	20
2.2	Méthodologie de recherche des études	21
2.2.1	Les sources documentaires investiguées	21
2.2.2	Equation de recherche utilisée (mots clés)	21
2.3	Extraction et analyse des données	22
2.3.1	La sélection des études	22
2.3.2	Extraction des données	23
2.3.3	Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées	23
2.3.2	Méthode de synthèse des résultats	24

3.	Résultats.....	25
3.1	Description des études.....	25
3.1.1	Diagramme de flux.....	25
3.1.2	Etudes exclues.....	26
3.1.3	Etudes incluses.....	26
3.2	Risque de biais des études incluses.....	28
3.2.1	Grille d'analyse utilisée.....	28
3.2.2	Synthèse des biais retrouvés.....	28
3.2.2.1	Le biais de sélection.....	28
3.2.2.2	Le biais de détection.....	28
3.2.2.3	Le biais d'attrition.....	29
3.2.2.4	Les résultats statistiques.....	30
3.3	Effets de l'intervention.....	30
3.3.1	Critère de jugement : la force.....	31
3.3.2	Critère de jugement : la puissance.....	33
3.3.3	Critère de jugement : la hauteur et la longueur de saut.....	34
3.3.4	Critère de jugement : le temps sprint.....	36
4.	Discussion.....	38
4.1	Analyse des résultats.....	38
4.1.1	Analyse sur la force.....	38
4.1.2	Analyse sur la puissance.....	40
4.1.3	Analyse sur le saut.....	41
4.1.4	Analyse sur le sprint.....	42
4.1.5	Conclusion générale.....	43
4.2	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	45
4.2.1	La population étudiée.....	45
4.2.2	L'intervention et les outils de mesures.....	45
4.2.2	Le comparateur utilisé.....	46
4.2.2	Les critères de jugements utilisés.....	47
4.2.3	Le coût.....	47
4.2.4	La balance bénéfices-risques.....	47
4.3	Qualité des preuves.....	48
4.2	Biais potentiels de la revue.....	49

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

5. Conclusion	50
Bibliographie.....	52
Annexes	56
Résumé	66
Abstract	66

1. Introduction

L'électrostimulation est une technique qui est utilisée depuis de nombreuses années comme un traitement thérapeutique.

En effet on retrouve des traces de son utilisation dans le traitement de pathologies diverses dans l'Antiquité avec les poissons torpilles, ensuite c'est grâce à la découverte de la bouteille de Leyde en 1745, déclenchant de fortes contractions musculaires qu'elle se développe.

En 1756, Luis Galvani s'intéresse aux conséquences d'une décharge électrique sur le cœur et les muscles des grenouilles, il découvre qu'avec l'application d'un courant électrique au travers de la moelle épinière d'une grenouille, les muscles de ses pattes se contractent. L'application restait tout de même compliquée et c'est en 1800 que Volta créa la pile à colonne ce qui facilita l'utilisation de l'électricité.

Au 19^{ème} siècle, Duchenne de Boulogne appliquera la stimulation musculaire sur des hommes, grâce à des électrodes appliquées sur la peau qui transmettent un courant. Cela permit de développer l'électrothérapie moderne, [1] et de l'utiliser dans la rééducation de nombreuses pathologies.

C'est à la fin du 20^{ème} siècle qu'on voit apparaître l'électromyostimulation ciblée sur le développement de la force dans le monde du sport [2]

L'électrothérapie désigne l'emploi de l'électricité comme moyen thérapeutique. Elle fait partie des techniques de physiothérapie qui désignent l'utilisation des agents physiques naturels ou artificiels dans un but thérapeutique [3]

Elle peut être appliquée à des fins :

- Antalgiques avec l'application du mode « transcutaneous electrical nerve stimulation » (TENS)
- Trophique
- Excito-moteur

C'est l'application du courant excito-moteur qui nous intéressera dans cette revue.

L'électrostimulation est l'application d'un courant électrique externe afin de stimuler les nerfs périphériques dans le but de créer des contractions musculaires involontaires. [4]

1.1 Physiologie musculaire

Afin de mieux comprendre le mécanisme de l'électrostimulation il est fondamental de connaître le fonctionnement physiologique d'un muscle.

Schéma 1 : Schéma montrant les différents tissus conjonctifs du muscle [5]

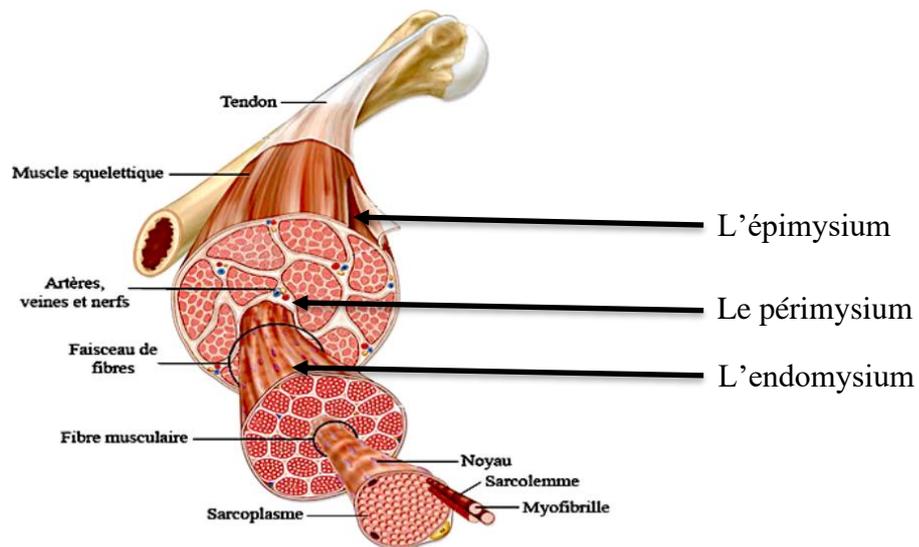
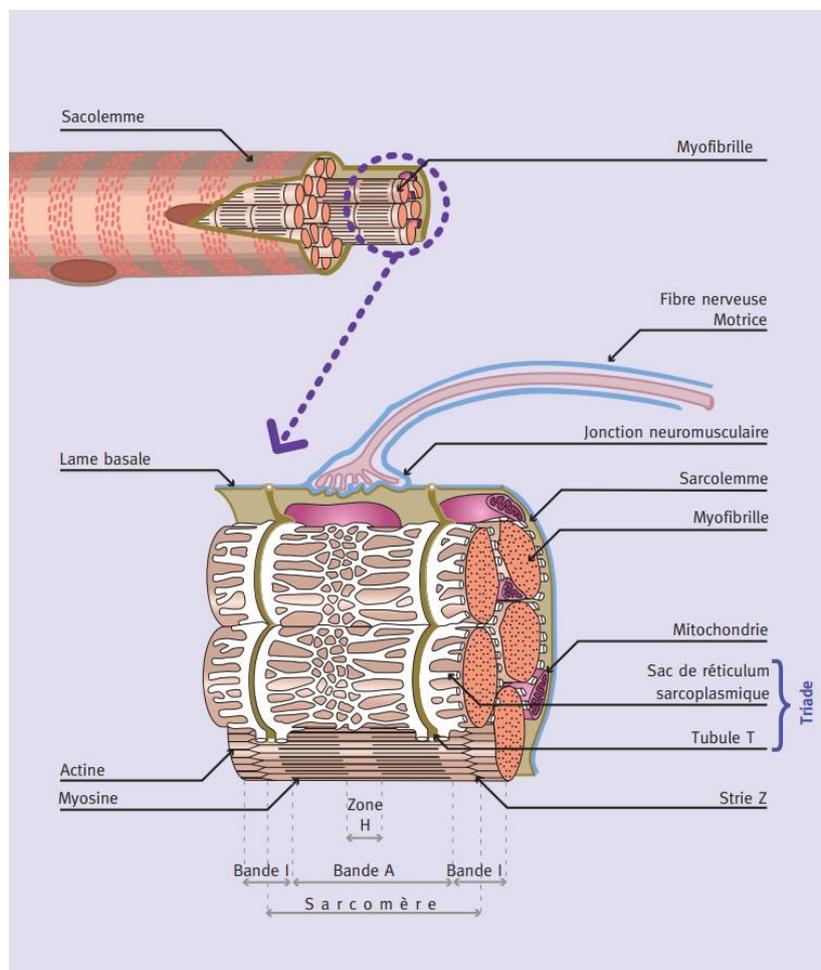


Schéma 2 : Schéma de l'organisation cellulaire du tissu musculaire [6]



Le muscle est un tissu, qui sous une influence cérébrale à la capacité de se contracter et de résister à des forces extérieures, comme la pesanteur. [7]

Il existe plusieurs types de tissu musculaire [8]:

- le tissu musculaire strié : il est responsable des mouvements volontaires c'est-à-dire contrôlés par la conscience
- le tissu musculaire lisse : il est retrouvé au niveau des structures viscérales, ses contractions sont contrôlées par le système nerveux autonome, ce sont des contractions involontaires
- le tissu musculaire cardiaque : c'est une structure particulière car c'est un muscle strié avec des contractions involontaires, afin d'assurer une contraction régulière du cœur.

C'est le tissu musculaire strié qui est visé dans cette revue, car c'est lui qui est responsable des mouvements sportifs et qui est soumis à l'application de l'électrothérapie.

Le muscle squelettique strié permet la motricité, la thermo-régulation, il permet de se mouvoir dans notre environnement.

1.1.1 L'organisation du tissu musculaire strié :

Un chef musculaire s'étend d'une extrémité tendineuse à l'autre, il est recouvert en superficie d'une enveloppe conjonctive appelé l'épimysium. Cette membrane contient à l'intérieur le périmysium dans lequel circule les vaisseaux sanguins et les nerfs, il délimite les faisceaux de fibres musculaires. Dans ces faisceaux il y a l'endomysium qui entoure chaque fibre musculaire.[9] (*Voir schéma 1*)

Une fibre musculaire contient dans son cytoplasme des myofibrilles. Celles-ci sont entourées par le sarcolemme et sont composées de sarcomères. [9]

1.1.1.1 L'organisation cellulaire :

Une fibre musculaire ou cellule musculaire a la particularité de posséder plusieurs noyaux localisés en périphérie. La membrane de cette cellule est appelée sarcolemme, elle présente des invaginations ; les tubules T. Le sarcoplasme est le cytoplasme de la cellule musculaire, il contient beaucoup d'organites nécessaires au fonctionnement de la cellule comme les réticulum sarcoplasmiques (RS), des mitochondries, un cytosquelette et des réserves en glycogène qui est une ressource très importante pour la cellule musculaire.[6] (*Voir schéma 2*)

Chaque tubule T possède de part et d'autre un réticulum sarcoplasmique ce qui constitue la triade. Cette structure « permet le passage du signal nerveux, le potentiel d'action et la libération du calcium à partir du RS » [6]. Les myofibrilles composent le cytosquelette musculaire, elles sont composées d'un enchaînement de sarcomères qui est l'unité contractile du muscle.

Schéma 3 : Schéma de la myosine [10]

Schématique représentation de la Myosine

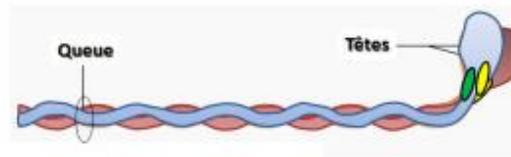


Schéma 4 : Schéma de l'actine, troponine et tropomyosine [11]

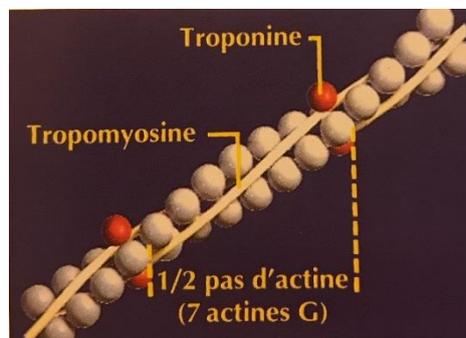
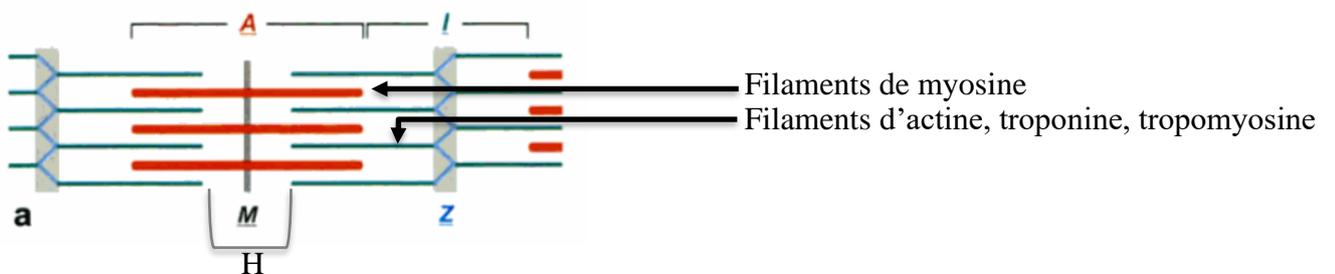


Schéma 5 : Schéma d'un sarcomère [12]



Ce sont les myofibrilles qui donnent l'aspect strié de ce type de muscle avec l'alignement des sarcomères. Lorsqu'on observe au microscope les sarcomères, on voit une alternance de bandes sombres (les bandes A) et de bandes claires (bandes I) liée à l'organisation entre les myofilaments fins et les myofilaments épais.[13]

Les bandes A (sombres) sont dues aux filaments de myosine. Les bandes I (claires) sont composées de filaments d'actine, de troponine et de tropomyosine.

1.1.1.2 Les bandes A :

La myosine est composée de deux chaînes de polypeptides enroulées entre elles. Chaque chaîne possède à son extrémité une tête. L'extrémité des chaînes comportant les têtes sont mobiles ce qui va jouer un rôle fondamental lors de la contraction musculaire par l'accrochage de ces têtes sur les filaments d'actine. [14](*Voir schéma 3*)

1.1.1.3 Les bandes I :

L'actine est le principal composant de la bande I, c'est une molécule protéique qui s'agglutine et qui s'organise en chaîne, deux chaînes viennent s'enrouler pour former l'actine. (*Voir schéma 4*) [11]

La tropomyosine est formée par deux brins de protéines qui s'enroulent l'un sur l'autre et qui vont s'enrouler ensuite autour de l'actine. (*Voir schéma 4*) [11]

La troponine est une protéine présente uniquement dans le tissu musculaire strié, elle a un rôle primordial « dans la régulation de la contraction musculaire » [11]. Elle est reliée à l'actine et la tropomyosine. (*Voir schéma 4*) [11]

1.1.1.4 Le sarcomère

Les extrémités libres des filaments d'actine se superposent aux filaments de myosine. Les stries A comprennent donc les filaments de myosine et une partie de l'extrémité libre des filaments d'actine. La strie H comporte uniquement les filaments de myosine, c'est la partie de la strie A sans les extrémités libres de filaments d'actine. La bande Z sépare deux sarcomères. (*Voir schéma 5*) [12]

1.1.1.5 Les différentes fibres musculaires

Un muscle contient plusieurs types de fibres différentes :

- les fibres musculaire lentes : I
- les fibres musculaires rapides : IIa et IIb

Les fibres musculaires lentes, de type I, sont très vascularisées, elles ont une production dépendante de l'oxygène et de la respiration mitochondriale pour fonctionner puisqu'elles produisent leur énergie par phosphorylation oxydative. Ces fibres sont résistantes à la fatigue et le recrutement de celles-ci est long donc elles ne produisent pas une force maximale. « Elles sont adaptées pour des efforts prolongés ». [12]

Les fibres musculaires de type rapides IIa ; leur production d'énergie dépend du mécanisme de la glycolyse anaérobie donc de l'activité glycolytique, ainsi que du métabolisme oxydatif, ce type de fibre va produire de l'acide lactique, elles sont très vascularisées. Elles sont relativement résistantes à la fatigue. [9]

Les fibres musculaires de type rapides IIb, elles ont une activité glycolytique, elles fonctionnent en anaérobie, elles sont sensibles à la fatigue et sont peu vascularisées. Elles génèrent des contractions rapides, brèves et intenses. [9]

Les unités motrices rapides II, produisent une grande force mais se fatiguent vite et les unités motrices lentes I, produisent moins de force mais se fatiguent moins. Selon le principe de taille de Henneman, les unités motrices lentes de type I (ou petites) sont recrutées avant les unités motrices rapides de type II. [15]. La contraction des unités motrices se fait donc de façon asynchrone.

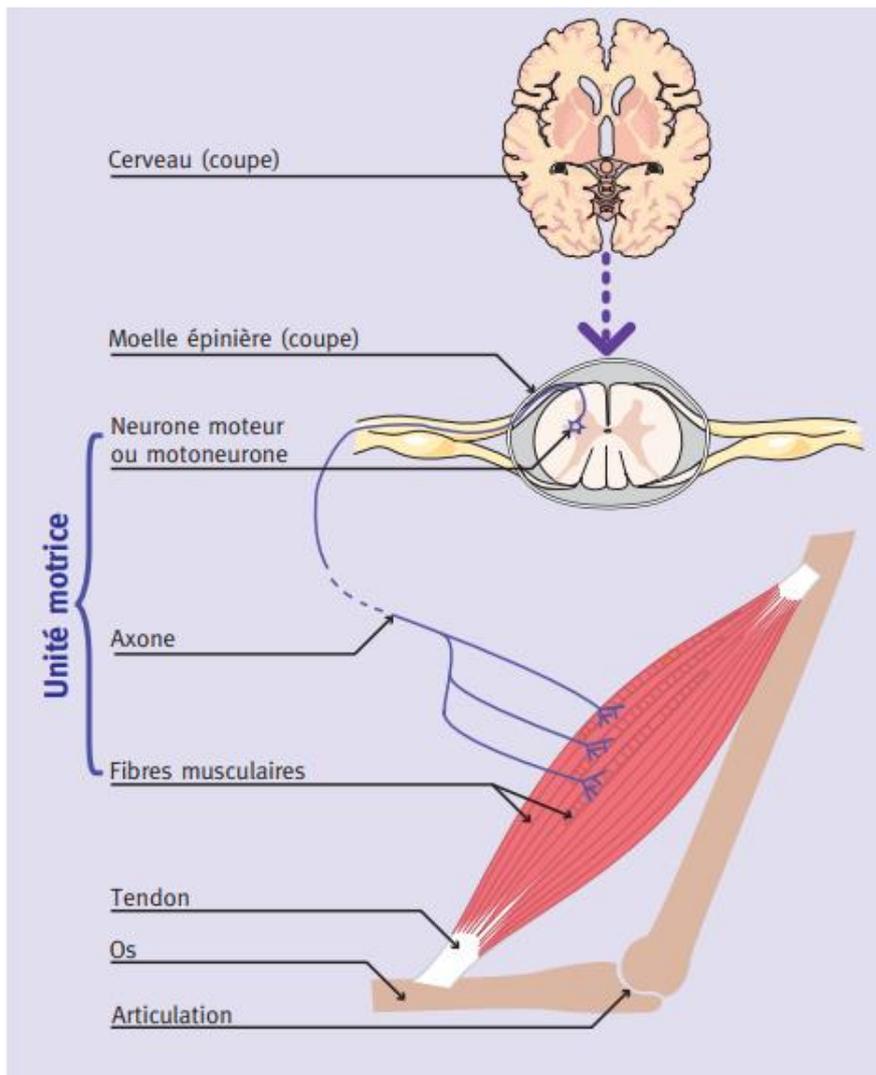
Les proportions de ces types de fibres dans un muscle dépendent du muscle en question et des individus. Mais toutes les myofibrilles qui sont contenues dans la même unité motrice sont du même type. Les muscles ayant un rôle postural, par exemple les muscles du dos, du cou, des jambes (triceps sural, tibial antérieur...), vont être plus riches en fibres de type I ; alors que les muscles de force par exemple les muscles des bras (biceps brachial, triceps brachial) vont être en majorité composés de fibres de type II. [16]

1.1.2 L'innervation et vascularisation du tissu musculaire

Le tissu musculaire est richement vascularisé et richement innervé. La vascularisation est assurée par un système artériel amenant nutriments et oxygène nécessaire à son fonctionnement et le système veineux permet de drainer les déchets produits par le muscle tel que l'acide lactique, le dioxyde de carbone. [6]

Le muscle a une innervation motrice ainsi qu'une innervation sensitive. L'innervation sensitive est constituée par des terminaisons nerveuses libres qui participent à la nociception, des faisceaux neuro-musculaire (FNM) et des organes tendineux de Golgi (OTG). Les FNM sont situés dans le corps charnu du muscle, parallèlement aux fibres musculaires, ils permettent de réguler le tonus musculaire et sont à l'origine du réflexe myotatique. Les OTG sont localisés à la jonction myotendineuse, ils sont sensibles à la tension musculaire qu'elle soit liée à un étirement ou à une contraction et permettent de protéger le muscle d'une trop forte tension en inhibant le signal. L'innervation sensitive musculaire participe entre autres à détecter les informations nécessaires à la proprioception. [17][18]

Schéma 6 : Schéma montrant la composition et le trajet d'une unité motrice [6]



Les nerfs moteurs appelés motoneurones, transmettent aux muscles les consignes données par le système nerveux central, la contraction est volontaire dans le cas des muscles squelettiques striés. [6]

1.1.3 Les différentes propriétés du muscle

Le muscle est excitable [6] ; « c'est la faculté de percevoir un stimulus et d'y répondre ». Pour les muscles squelettiques le stimulus est de nature chimique avec l'acétylcholine. Il est contractile ; « c'est la capacité de se contracter » suite à un stimulus approprié. Ceci est spécifique au tissu musculaire. Il est élastique ; « c'est la capacité qu'ont les fibres musculaires de s'étirer et de reprendre leur longueur de repos après l'étirement ». Cette propriété a un rôle protecteur du tissu lors de contractions brutales. Il est extensible ; « c'est la faculté d'étirement », au repos on va pouvoir étirer un muscle. Il est plastique, il peut « modifier sa structure selon le travail qu'il effectue (...) il s'adapte au type d'effort »

1.1.4 Le mécanisme de la contraction musculaire

Le muscle fait partie d'une entité : l'unité motrice, qui est composée d'un motoneurone localisé dans la corne antérieure de la moelle épinière, d'un axone, de jonctions neuro-musculaires, et des fibres musculaires. Ceci permet de faire le lien entre le cortex et le muscle localisé en périphérie. (*Voir schéma 6*) [19]

Un motoneurone innervent plusieurs fibres musculaires, en fonction de la finesse du mouvement. Par exemple sur les muscles du globe oculaire un motoneurone innervent peu de fibres musculaires alors que sur le quadriceps un motoneurone en innervent un plus grand nombre.

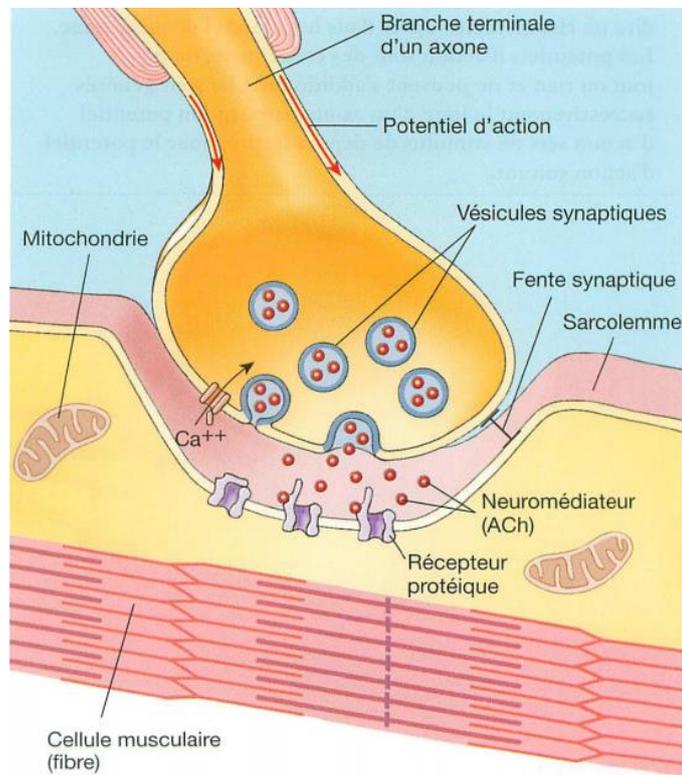
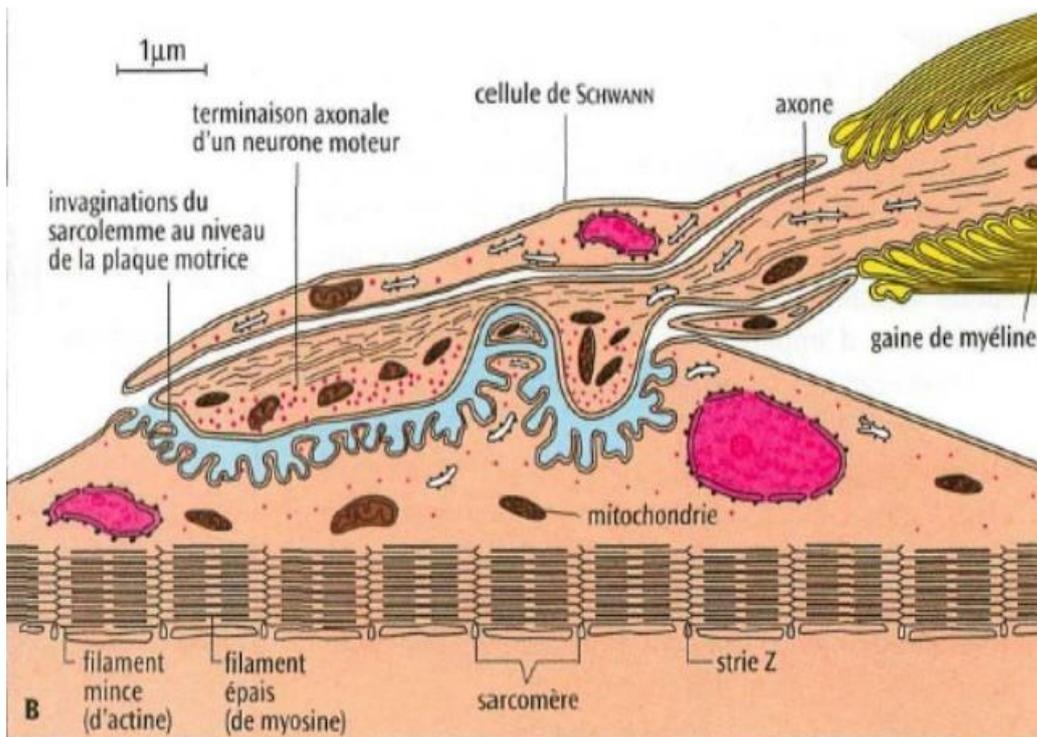
L'axone du motoneurone va se diviser en plusieurs branches, et chaque branche innervent une seule fibre musculaire. Lors d'une contraction la force entraînée dépend du nombre d'unités motrices recrutées.

La jonction neuro-musculaire est la zone de transmission de l'influx nerveux entre l'élément nerveux et les fibres musculaires, elle est composée d'une synapse neuro-musculaire. [20]

La zone pré-synaptique est dépourvue de myéline et de canaux sodiques. Cette zone est une dilatation de la partie terminale de l'axone, elle contient beaucoup de mitochondrie, des canaux calciques, de nombreuses vésicules de neurotransmetteurs, ainsi qu'une conformation particulière du cytosquelette permettant le transport des vésicules.[21]

Le nerf va être stimulé, c'est-à-dire que l'on va voir une inversion du potentiel membranaire, (la face interne devient positive et la face externe devient négative) pendant 1ms, après ce phénomène le potentiel membranaire diminue avant de retourner à son état de repos, on parle de potentiel de repos. [22]

Schéma 7 : Jonction neuro-musculaire et libération du neuromédiateur [23]



Après cette stimulation il y a une période où le nerf est inexcitable, on parle de « période réfractaire absolue », puis ensuite moins excitable, « période réfractaire relative », avant d'être à nouveau mobilisable. Ce potentiel d'action n'apparaît que lorsque le stimulus est suffisamment intense dépassant le seuil critique c'est-à-dire un « stimulus liminaire ». [24]

Le potentiel d'action va arriver jusqu'à la synapse neuro-musculaire par une conduction saltatoire (lié à la gaine de myéline) grâce à l'activation des canaux sodiques. Lorsqu'il arrive dans la zone pré-synaptique, il active les canaux calciques, ce qui provoque une entrée de calcium dans la zone présynaptique. Cette augmentation de concentration de calcium intracellulaire entraîne un changement de conformation du cytosquelette pour déplacer les vésicules, celles-ci vont fusionner avec la membrane pré-synaptique, ce qui entraîne la libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique. La quantité de neurotransmetteur libérée dans la fente dépend du potentiel d'action. (*Voir schéma 7*)[23]

Le neurotransmetteur est l'acétylcholine, il va être capté par les récepteurs membranaires cholinergiques en post-synaptique, ou être détruit dans la fente pour éviter une prolongation de l'effet, ou être repompé par les éléments pré-synaptiques. L'acétylcholine est une molécule excitatrice, lorsqu'elle se lie à son récepteur cela va entraîner une dépolarisation de la membrane post-synaptique. [25]

Le neurotransmetteur qui est excitateur ouvre la protéine canal au calcium, entraînant l'augmentation intracellulaire de calcium en post-synaptique, c'est le potentiel post synaptique excitateur (PPSE) [25]. Ce potentiel post-synaptique va se propager le long du sarcolemme et déclenche la libération de calcium stocké dans le réticulum sarcoplasmique. Le calcium provoque la contraction des myofibrilles. [21]

Lorsqu'un muscle se contracte il a tendance à se raccourcir selon le mode de contraction concentrique. Se raccourcissement se fait grâce à la cohésion des têtes de myosine et les filaments d'actine, ceci est possible par la présence du calcium. Tant que la concentration ne dépasse pas un certain taux (10^{-5} mol/L) dans le sarcoplasme, le muscle est au repos, lorsque ce taux est dépassé le muscle se contracte, le calcium vient se fixer sur la troponine ce qui active la tropomyosine. Une fois activée la tropomyosine change de conformation, ce qui libère les sites de fixation « actine/myosine » ce qui va permettre la lésion des ponts actine/myosine. [26]

Les têtes vont participer à des cycles d'attachement et de détachement sur les filaments d'actine. L'hydrolyse de l'ATP, et une succession de phase tendue et détendue de la tête permettent de réaliser le glissement du filament d'actine vers le centre du sarcomère. [27]

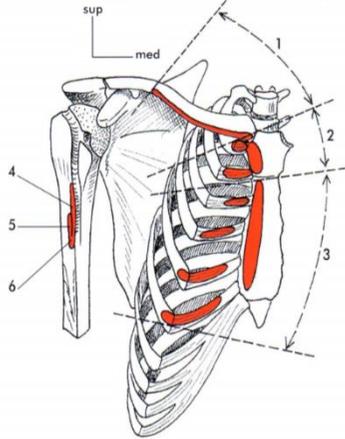
Il existe différents types de contraction :

- Concentrique : les deux insertions du muscle se rapprochent
- Isométrique : le muscle est contracté, mais sans générer de mouvement, on parle de contraction statique.
- Excentrique : les deux insertions du muscle s'éloignent malgré la contraction musculaire

Schéma 8 : Le grand Pectoral

Origine du grand pectoral

- 1. Chef supérieur (claviculaire)
- 2. Chef moyen (manubrial)
- 3. Chef inférieur (sternal)
- 4. Terminaison chef inférieur
- 5. Terminaison chef supérieur
- 6. Terminaison chef moyen



Trajet du grand pectoral

- 1. Deltéroïde
- 2. Chef supérieur
- 3. Chef moyen
- 4. Chef inférieur

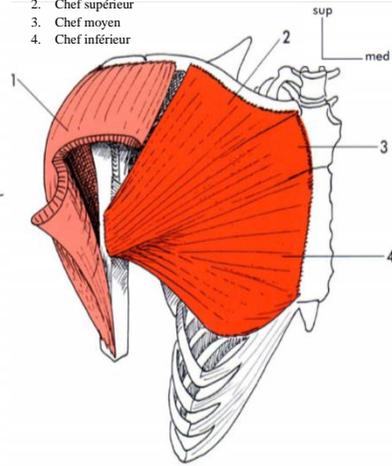
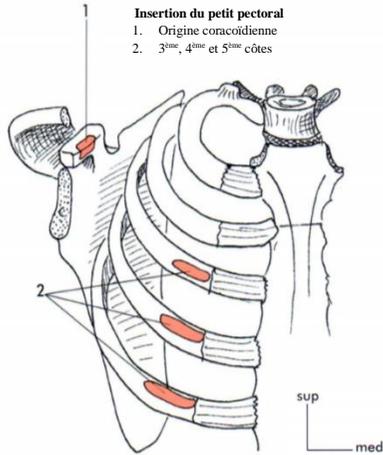


Schéma 9 : Le Petit Pectoral

Insertion du petit pectoral

- 1. Origine coracoïdienne
- 2. 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} côtes



Trajet du petit pectoral

- 1. Petit pectoral
- 2. Paquet vasculo-nerveux subclavier puis axillaire

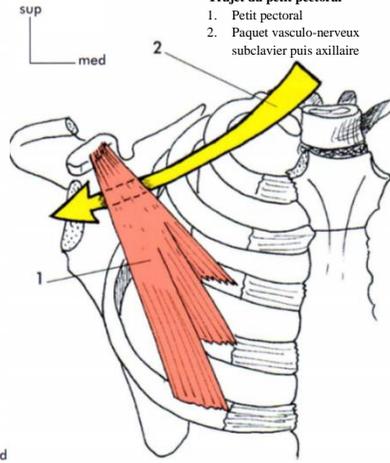
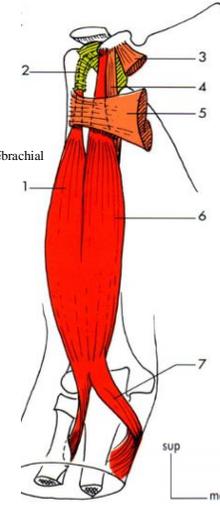


Schéma 10 : Le Biceps Brachial

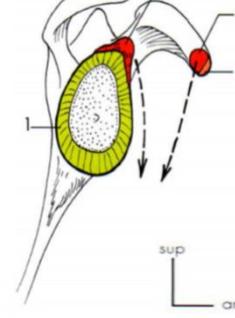
Biceps brachial

- 1. Long biceps
- 2. Ligament transverse de l'humérus
- 3. Petit pectoral
- 4. Coraco-brachial
- 5. Grand pectoral
- 6. Court biceps
- 7. Expansion au fascia antébrachial



Origines du Biceps

- 1. Labrum et capsule
- 2. Long biceps
- 3. Court biceps
- 4. Coraco-brachial



Terminaison du biceps (tubérosité radiale).

- 1. Bourse synoviale
- 2. Tendon du biceps

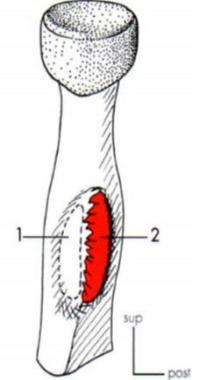
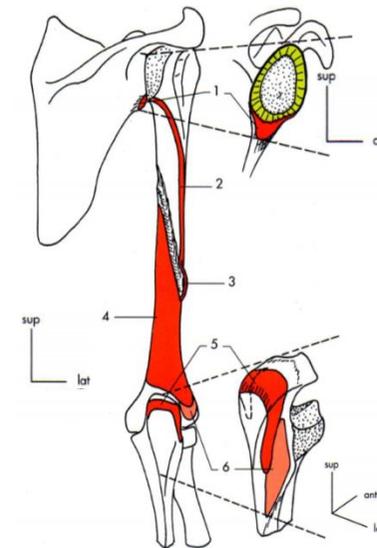


Schéma 11 : Le Triceps Brachial

Insertions

- 1. Long triceps
- 2. Vaste latéral (VL)
- 3. Arcade du VL
- 4. Vaste médial
- 5. Terminaison (olécrane)
- 6. Anconé



1.1.5 Rappels anatomiques

Les 5 articles réunis dans cette revue, stimulent en tout 13 muscles, ce sont des muscles majeurs du corps humain, afin de mieux comprendre les protocoles, et les résultats obtenus, j'ai décidé de faire un rappel sur leurs localisations et leurs actions. Tous les schémas et les informations concernant les muscles ont été pris sur les manuels d'anatomie de Michel Dufour. [28][29][30]

Le Grand Pectoral : il est situé sur la partie haute de la face antérieure du thorax, il relie le thorax à l'humérus. Lorsque que le thorax est fixe il réalise une adduction, une rotation médiale du bras, une élévation du bras pour les fibres supérieures et un abaissement pour les fibres inférieures. Et lorsque l'humérus est fixe, il est inspirateur accessoire et entraîne une élévation du tronc par ses fibres inférieures. (*Voir schéma 8*)

Le Petit Pectoral : ce muscle est localisé sur la partie haute de la face antérieure du thorax en profondeur du grand pectoral. C'est un muscles inspirateur accessoire lorsque la scapula est fixe, et lorsque le thorax est fixe il réalise une antépulsion du moignon de l'épaule et une bascule antérieure de la scapula. (*Voir schéma 9*)

Le Biceps Brachial : il est localisé sur la face antérieure de l'humérus, relie la scapula au radius. Il a un rôle de stabilisateur de la tête humérale en statique, et de fléchisseur et supinateur du coude, fléchisseur de la scapulo-humérale (pour la longue portion) en dynamique. (*Voir schéma 10*)

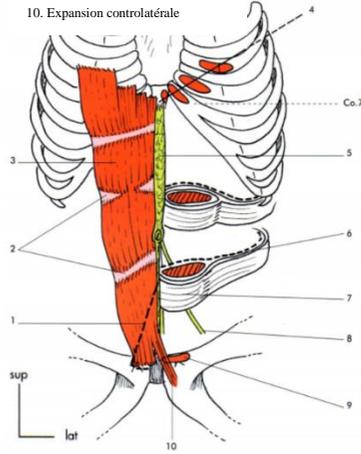
Le Triceps Brachial : Ce muscle se situe sur la face postérieure de l'humérus, il est composé de 3 chefs musculaires, qui relie la scapula, l'humérus et l'ulna. En dynamique, il a un rôle majeur d'extenseur de coude, il est aussi un faible extenseur de scapulo-huméral (pour la longue portion) et léger adducteur de la scapulo-huméral. (*Voir schéma 11*)

Les Abdominaux : Ils sont composés du transverse, des grands droits, des obliques internes et des obliques externes, ensemble ils constituent la paroi antérieure du caisson abdominal, c'est un groupe de muscles très important. Ils relient la cage thoracique au bassin. Ils ont un rôle de contention du caisson abdominal, de stabilisation du rachis lombaire en statique. Et en dynamique, les fibres transversales permettent de rentrer le ventre lors d'une expiration forcée, les fibres verticales permettent une flexion du bassin sur le thorax quand le thorax est fixe, et du thorax sur le bassin lorsque le bassin est fixe. Les fibres obliques permettent la rotation du tronc. Tous ensemble les abdominaux, ont un rôle dans l'expulsion, et la toux. (*Voir schéma 12*)

Schéma 12 : Les Abdominaux

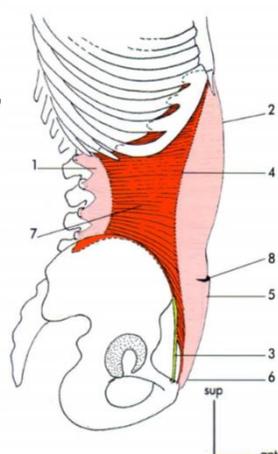
Droit de l'abdomen

1. Localisation du pyramidal
2. Fibres tendineuses intermédiaires
3. Corps musculaire
4. Ligne d'insertion haute
5. Partie rubane de la ligne blanche
6. Fascia transversalis
7. Gaine des droits
8. Pli ombilical médial
9. Insertion basse
10. Expansion controlatérale



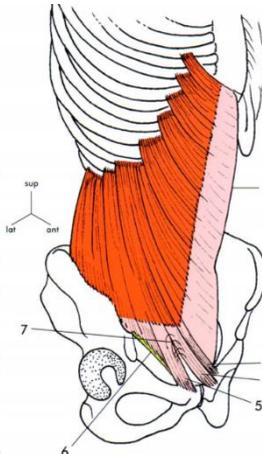
Insertions du transverse

1. Origine
2. Terminaison (ligne blanche)
3. Ligament inguinal
4. Ligne semi-lunaire
5. Gaine des droits
6. Tendon conjoint
7. Corps musculaire
8. Ligne arquée



Oblique externe : insertions.

1. Ligne d'insertion haute
2. Terminaison sur la ligne blanche
3. Pilièr postérieur
4. Pilièr médial
5. Pilièr latéral
6. Ligament inguinal
7. Fibres arciformes
8. Cordon spermatique
9. Symphyse pubienne
10. Oblique externe controlatéral



Insertions de l'oblique interne.

1. Insertions costales
2. Insertions iliaque et inguinale
3. Ligne blanche
4. Tendon conjoint
5. Crémaster

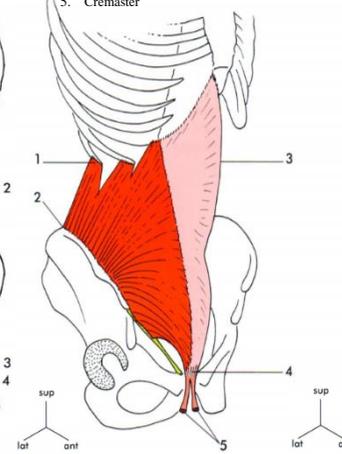


Schéma 13 : Les Paravertébraux

Disposition des érecteurs superficiels et profonds en coupe transversale (a) et en vue frontale (b)

1. Rotateurs
2. Multifides
3. Élévateur des côtes
4. Longissimus
5. Ilio-costal
6. Épineux
7. Trapèze
8. Rhomboïde
9. DPS

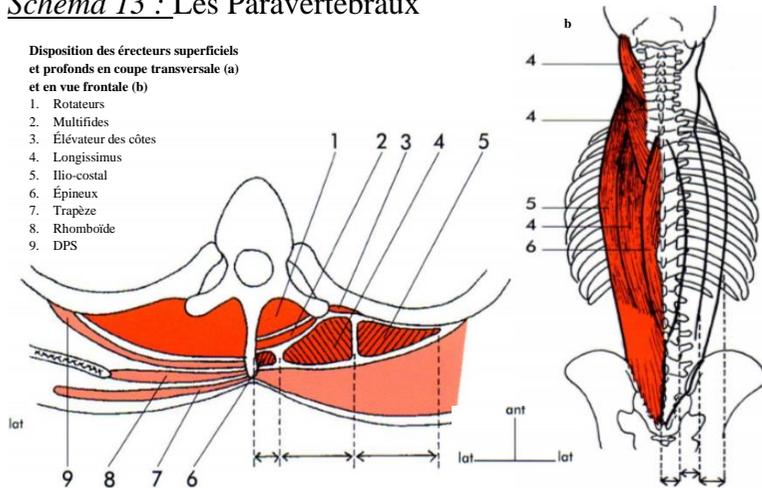


Schéma 14 : Le Grand Dorsal

Grand dorsal.

1. Nerf du grand dorsal (du plexus brachial)
2. Insertions médiales
3. Insertions latérales
4. Terminaison

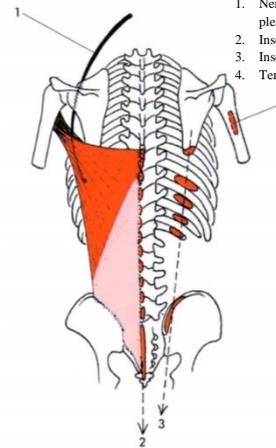


Schéma 15 : Le Grand Fessier

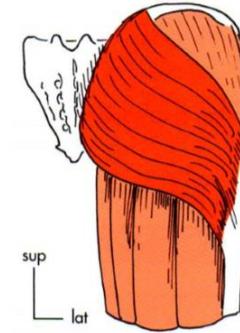


Schéma 16 : Le Moyen Fessier

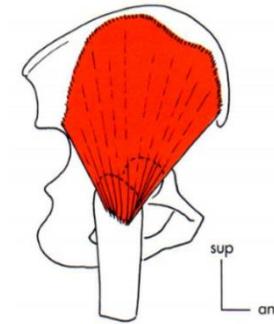
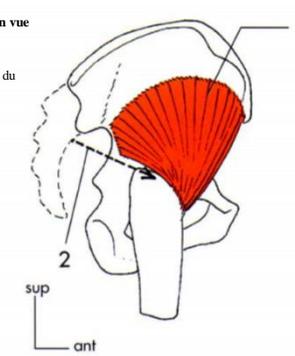


Schéma 17 : Le Petit Fessier

Trajet du petit fessier en vue latérale.

1. Petit fessier
2. Symbole du passage du piriforme



Les Paravertébraux (PV) : Ils sont composés de plusieurs faisceaux musculaires : l'ilio-costal, le longissimus et les épineux. Ils sont localisés sur la face postérieure du tronc de part et d'autre de la colonne vertébrale, ils rejoignent le sacrum le bassin, la colonne vertébrale et le crâne. Ils ont un rôle très important, dans l'auto-grandissement, il entraîne l'extension du tronc et des inclinaisons homolatérales (*Voir schéma 13*)

Le Grand Dorsal : Ce muscle se localise sur la face postérieure du tronc, il relie le bassin, la colonne vertébrale, certaines côtes et l'humérus en passant parfois par la scapula. Il est responsable de la rétroimpulsion de l'épaule, de l'adduction, la rotation médiale et l'extension de la scapulo-humérale et l'abaissement de la tête humérale. Il permet aussi l'élévation et l'antéversion du bassin (*Voir schéma 14*)

Le Grand Fessier (GF) : Il se localise dans la région glutéale, il relie l'os coxal et le sacrum au fémur, on retrouve en profondeur et en avant de celui-ci le moyen fessier. En dynamique il a un rôle de rotateur latéral et extenseur de hanche. (*Voir schéma 15*)

Le Moyen Fessier : Ce muscle est localisé sur la partie latérale de la hanche en profondeur du GF, il relie l'os coxal au fémur. En statique il a un important rôle de stabilisateur latéral du bassin, et en dynamique il est abducteur de hanche, fléchisseur et rotateur médiale par ses fibres antérieures et extenseurs et rotateur latéral par ses fibres postérieures. (*Voir schéma 16*)

Le Petit Fessier : Ce muscle relie l'os coxal au fémur il se trouve sur la face latérale de la région glutéale, en profondeur du moyen fessier. C'est un stabilisateur de hanche en statique, et en dynamique c'est un fléchisseur et abducteur de hanche, rotateur médiale par les fibres antérieures et rotateur latérale par les fibres postérieures. (*Voir schéma 17*)

Le Quadriceps : Ce muscle est composé de quatre chefs musculaires, il est localisé sur la face antérieure de la cuisse, il relie l'os coxal et le fémur, à la patella et au tibia. En dynamique il est fléchisseur de hanche, extenseur de genou, rotateur latéral de genou (pour le vaste latéral) et rotateur médial de genou (pour le vaste médial). (*Voir schéma 18*)

Les Ischios-Jambiers (IJ) : (*voir schéma 19*). Ce muscle est composé de trois faisceaux musculaires, c'est le muscle de la face postérieure de la cuisse, il relie l'os coxal au tibia, mais aussi le fémur pour le biceps fémoral. Les rôles sont différents en fonction des faisceaux :

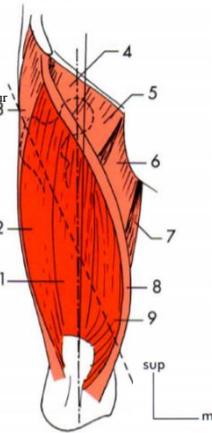
- **Le semi-membraneux et le semi-tendineux :** en dynamique ils ont un rôle de fléchisseurs de genou, rotateurs médiaux de genou, légers extenseurs de hanche et rétroverseurs du bassin. En statique ils ont un rôle de stabilisateur du genou.
- **Le Biceps-fémoral :** il est fléchisseur et un rotateur latéral de genou, extenseur léger de hanche et un rétroverseur du bassin, en dynamique. Stabilisateur de l'articulation fémoro-tibiale, de la tibio-fibulaire, en statique.

En chaîne cinétique fermée les IJ sont extenseurs de genou.

Schéma 18 : Le Quadriceps

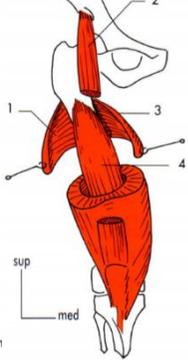
Axe oblique du quadriceps (pointillé)

1. Droit fémoral
2. Vaste latéral
3. TFL
4. Psoas-iliaque
5. Pectiné
6. Long adducteur
7. Gracile
8. Sartorius
9. Vaste médial



Trajet du quadriceps.

1. Vaste latéral
2. Droit fémoral
3. Vaste médial
4. Vaste intermédiaire



Terminaison du quadriceps.

1. Fibres directes
2. Fibres croisées
3. TFL (expansion patellaire 3' et fibres arciformes 3'')
4. Vaste latéral
5. Vaste intermédiaire
6. Vaste médial et sa male intramusculaire
7. Droit fémoral
8. Sartorius et ses fibres arciformes

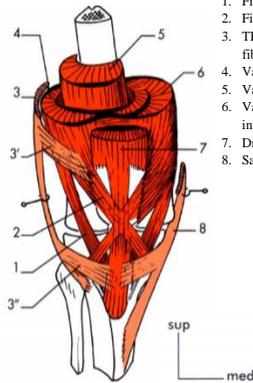


Schéma 21 : Le Tibial Antérieur

Vue antérieure de la jambe.

1. Gastrocnémien latéral
2. Long fibulaire
3. Tibial antérieur (TA)
4. Long extenseur des orteils (LEO)
5. Long extenseur de l'hallux (LEH)
6. Faisceau sup. (frondiforme) des rétinaculum des muscles extenseurs (RME)
7. Gastrocnémien médial
8. Soléaire
9. Faisceau inférieur du RME
10. Gaines synoviales
11. 3^{ème} fibulaire

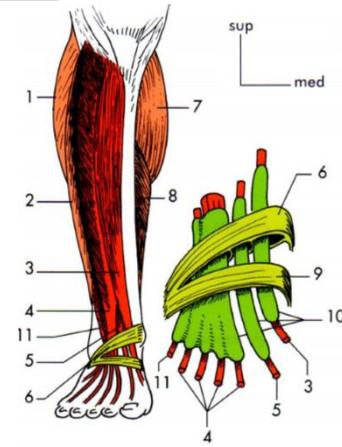
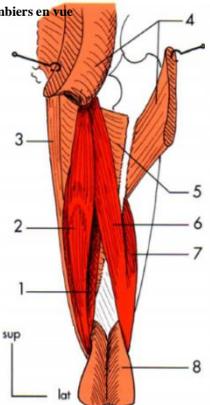


Schéma 19 : Les Ischios-Jambiers

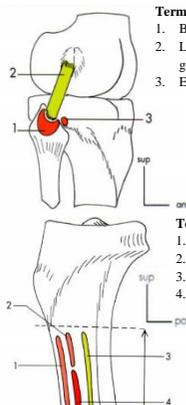
Aspect des ischios-jambiers en vue postérieure

1. Semimembraneux
2. Semitendineux
3. Gracile
4. Grand fessier
5. Grand adducteur
6. Long biceps
7. Court biceps
8. Gastrocnémiens



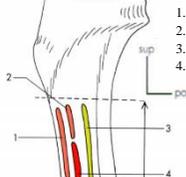
Terminaison du biceps.

1. Biceps fémoral
2. Ligament collatéral fibulaire du genou
3. Expansion au tibia



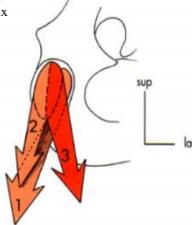
Terminaison du semitendineux.

1. Sartorius
2. Gracile
3. Ligament collatéral tibial du genou
4. Semitendineux



Origine des ischios-jambiers

1. Semimembraneux
2. Semitendineux
3. Long biceps



Terminaison du semimembraneux SM.

1. SM direct
2. SM réfléchi
3. SM récurrent
4. Coque condylienne latérale
5. Ligament poplité arqué
6. Poplité

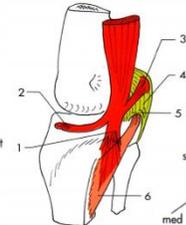


Schéma 20 : Les Adducteurs

Vue antérieure de la loge médiale de la cuisse.

1. Pectiné
2. Long adducteur
3. Court adducteur
4. Grand adducteur
5. Gracile
6. Expansion du long au grand adducteur
7. Hiatus de l'adducteur

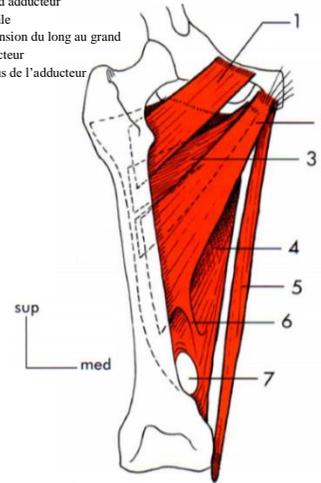
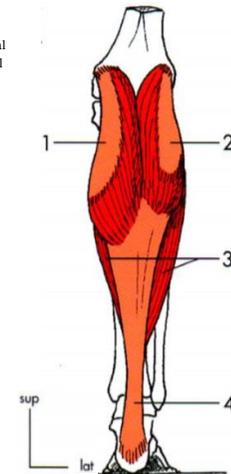


Schéma 22 : Le Triceps Sural

Aspect du triceps sural.

1. Gastrocnémien médial
2. Gastrocnémien latéral
3. Soléaire
4. Tendon calcanéen



Les Adducteurs : C'est un groupe de muscles composés du pectiné, du long et court adducteur, du grand adducteur et du gracile. Ils sont localisés à la partie médiale de la cuisse, joignant l'os coxal au tibia pour le gracile et l'os coxal au fémur pour les quatre autres muscles. Leurs rôles varient légèrement en fonction du muscle, mais ils tous sont adducteurs de hanche. Le pectiné est en plus légèrement fléchisseur de hanche et le gracile et rotateur médial de genou. (Voir schéma 20)

Le Tibial Antérieur : Il est localisé sur la face antérieure de la jambe, il relie le tibia, au cunéiforme médial. Il a un rôle de fléchisseur dorsal de la cheville, supinateur et adducteur du pied en dynamique, en statique il a un rôle de stabilisateur du tarse médiale. (Voir schéma 21)

Le Triceps Sural (TS) : C'est un muscle très puissant, il est situé à la face postérieure du mollet. Il possède trois chefs musculaires qui lient entre eux, le fémur, le tibia, la fibula et le calcaneus. En dynamique il est fléchisseur plantaire de la cheville, fléchisseur de genoux (pour les gastrocnémiens) en chaîne cinétique ouverte. En chaîne cinétique fermée il va être extenseur de genou en dynamique et en statique il contrôle l'inclinaison jambière vers l'avant. (Voir schéma 22)

1.2 L'électrophysiologie

Au cours des années on a vu apparaître l'électrophysiologie dans le traitement de différentes pathologies ; en 1967, des scientifiques se penchent sur son application dans la réduction de la douleur, connue sous le nom de neurostimulation transcutanée ou TENS à l'heure actuelle cette technique est très souvent employée par les kinésithérapeutes dans le traitement antalgique des patients. [1]

Dans les années 60, on voit l'apparition de l'électrostimulation en rééducation périnéale. Dans les années 80, c'est l'application de la stimulation électrique fonctionnelle qui fait son apparition, notamment dans le traitement de la subluxation de l'épaule chez les patients hémiparétiques. En 1988, l'électrostimulation est utilisée afin de prévenir l'atrophie musculaire chez les patients alités [1]. Toutes ses techniques font partie à part entière de notre panel de rééducation et sont très largement employées pour différents types de pathologies comme par exemple les pathologies neurologiques, orthopédiques, rhumatismales... Dans le monde du sport l'électrostimulation a fait son apparition dans les années 1980 dans le but d'améliorer les performances sportives des sujets. [2]

Lors de l'application de l'électrostimulation, on tronque les informations du système nerveux central, la commande est remplacée par le stimulateur électrique externe qui envoie une stimulation électrique à la place du cerveau [31]. Le courant électrique va stimuler le nerf générant un potentiel d'action ce qui va déclencher la cascade physiologique de réactions permettant la contraction musculaire. L'électrostimulation se fait au moyen d'un boîtier générant le courant électrique et d'électrodes qui permettent la transmission du courant aux motoneurons du sujet par la peau. On parle de stimulation percutanée.

Schéma 23: [3]

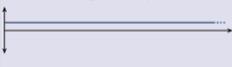
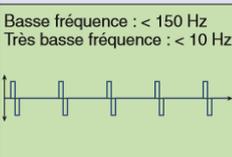
État	Direction	Courant	Propriétés Indications	Avantages Inconvénients
État constant	Unidirectionnel	Continu ou galvanique 	Bain galvanique : traitement de l'hyperhidrose	Électrolyse : risque de brûlures chimiques Intérêt restreint par le protocole rigoureux : intensité et durée limitées
		Impulsions isolées 	Électrodiagnostic et électrostimulation du muscle dénervé	Contre-indication : pièces métalliques incluses Désagrément : irritation galvanique
État variable	Bidirectionnel	Basse fréquence : < 150 Hz Très basse fréquence : < 10 Hz 	Électrostimulation antalgique et excitomotrice	Innocuité Efficacité Indications élargies Confort

Figure 1. Classification des courants selon leur état et leur direction.

Schéma 24 : [3]

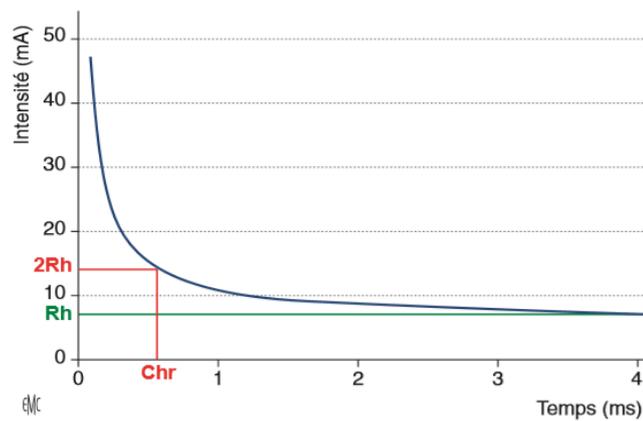


Figure 2. Électrostimulation : rapport intensité-durée. Rhéobase (Rh) : intensité minimale d'une impulsion à début brusque et de durée infinie atteignant le seuil de l'excitation. Chronaxie (Chr) : durée minimale d'une impulsion rectangulaire d'intensité double de la rhéobase nécessaire pour atteindre le seuil de l'excitation.

Tout d'abord il faut savoir qu'il existe plusieurs types de courant (*voir schéma 23*) :

- à état constant, continu, unidirectionnel
- à état variable, pulsatiles ;
 - unidirectionnel
 - bidirectionnel

Le courant à l'état constant est un «courant continu [...], l'intensité est constante et il est toujours unidirectionnel »[3]. Il est surtout utilisé dans le traitement de l'hyperhidrose. [3]

Le courant à l'état variable, est un courant dont l'intensité varie créant des impulsions qui peuvent être unidirectionnelles ou bidirectionnelles. « Les courants de basses fréquences (BF < 100 Hz) et de très basses fréquences (TBF < 10 Hz) produisent l'électrostimulation des tissus excitables (nerfs et muscles) et présentent de propriétés antalgiques, excitomotrices et trophiques d'un intérêt essentiel en rééducation fonctionnelle ». [3]

Le courant unidirectionnel est un courant polarisé c'est-à-dire que « les électrons se dirigent toujours dans le même sens, du pôle négatif (cathode), vers le pôle positif (anode) » [3]. Il peut être générateur de brûlure, il est donc à utiliser avec précaution. En pratique il est rarement utilisé et uniquement pour la stimulation des muscles dénervés. [3]

« Le courant bidirectionnel est dépolarisé, le pôle négatif et le pôle positif s'inversent à chaque impulsion » [3]. Il ne produit pas de brûlure, et est facile d'application, il est souvent employé dans les traitements que ce soit de l'électrostimulation antalgique ou excitomotrice. [3]

Nous nous intéresserons uniquement au courant variable bidirectionnel et son action excitomotrice dans cette revue.

Il y a trois notions essentielles en électrostimulation, qui sont « la Loi Fondamentale », « la Rhéobase » et « la Chronaxie », ces notions sont décrites par L. Lapique, qui est un médecin, physiologiste français en 1909.

Loi Fondamentale : « l'électrostimulation consiste à déclencher un potentiel d'action au moyen d'une impulsion dont l'intensité liminaire (I) augmente quand sa durée (t) diminue suivant la relation » : $I = \frac{q}{t} + i_0$ où :

- « q est la quantité de charges électriques constituant l'impulsion »
- « i_0 est l'intensité minimale pour stimuler avec une impulsion de durée infinie » [3] [24]

La Rhéobase (Rh) : « est l'intensité du courant, à début brusque à durée prolongée qui donne le seuil de l'excitation. » [32]. En dessous de ce seuil, la stimulation n'aura aucun effet quelque soit la durée de la stimulation. (*Voir schéma 24*)

La Chronaxie (Chr) : « La durée du passage du courant constant à début brusque, qui atteint le seuil de l'excitation avec une intensité égale au double de la rhéobase » [32] (*Voir schéma 24*)

Schéma 25 : [3]

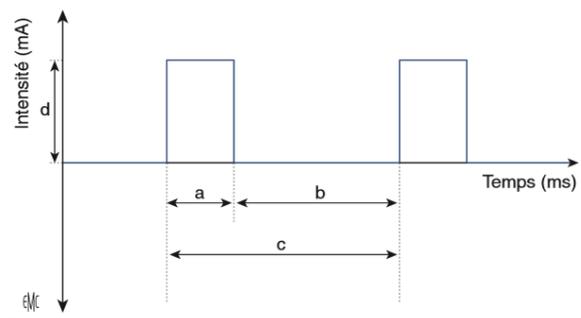


Figure 3. Impulsions rectangulaires : intensité, durée, fréquence. a : durée d'impulsion (ms ou μ s) ; b : espacement (ms) ; c : période (ms) déterminant la fréquence (Hz) ; d : intensité (mA).

Les impulsions électriques obéissent à 3 paramètres (*voir schéma 25*) :

- L'intensité : c'est la charge électrique que l'on va transmettre à l'utilisateur, elle se mesure en milliampère (mA) elle est limitée par le ressenti du patient, le seuil douloureux, qui peut s'atténuer au cours des séances. L'intensité augmente la tension musculaire, il faut veiller à ce que le participant puisse tout de même réaliser les mouvements demandés et que la tension ne soit pas trop intense.[33]
- La durée d'impulsion : c'est le temps pendant laquelle la charge électrique est appliquée, et se mesure en millisecondes (ms) La largeur d'impulsion minimale est définie selon la chronaxie, au plus la durée est longue au plus d'unités motrices seront stimulées. [33]
- La fréquence : c'est le nombre d'impulsions électriques générées par seconde, c'est en Hertz (Hz). La fréquence est limitée par la période réfractaire de la membrane nerveuse. [34][35]

Il est nécessaire que l'intensité du courant soit suffisante, c'est-à-dire liminaire ou supraliminaire pour déclencher le potentiel d'action. La contraction musculaire, va être proportionnelle à l'intensité de l'électrostimulation. [36]. Lors d'une stimulation neuronale brève on obtient une contraction faible, en revanche une stimulation prolongée ou une succession de stimulation neuronale dans un court intervalle de temps, entraîne une contraction maximale de la fibre c'est la sommation temporelle.[37] [3] [24]

En réglant ces différents paramètres on peut obtenir différents effets, dans notre cas je cherche à avoir une action excito-motrice. Physiologiquement, les fibres de type II vont être stimulées pour une fréquence d'environ 80 Hz et les fibres de type I vont l'être pour des fréquences avoisinant 20 Hz. [38] Pour cela selon F. Crépon¹, le courant le plus adapté, est celui à basse fréquence et à intensité suffisante pour tétaniser, il est donc recommandé d'avoir une fréquence comprise entre 20 et 80Hz et une durée d'impulsion comprise entre 0,1 et 0,6 ms (qui correspond à une chronaxie des muscles sains). [3] [24]

Les articles de cette revue respectent le protocole, ainsi ils ont bien pour but une action excito-motrice (détaillé dans le chapitre 2.1.3 L'intervention).

L'électrostimulation est appliquée au moyen d'électrodes transmettant le courant disposées sur la peau au niveau des masses musculaire à stimuler. Cela entraîne une stimulation des unités motrices superficielles dans un premier temps (car situées le plus proches des électrodes), puis des unités motrices plus profondes à condition que l'intensité augmente. [39]

En superficie on retrouve les fibres de type II ; les plus rapides et les plus fatigables alors qu'en profondeur on retrouve les fibres lentes non fatigables de type I. [39]

¹ F. Crépon est rédacteur de la revue Kinésithérapie scientifique, chef de rubrique "Electrothérapie physiothérapie", il est concepteur de programme d'électrostimulation élaborés dans une recherche constante de complémentarité entre les thérapies physiques. Il aussi enseignant dans des IFMK entre autres.[69]

Schéma 26 : [3]

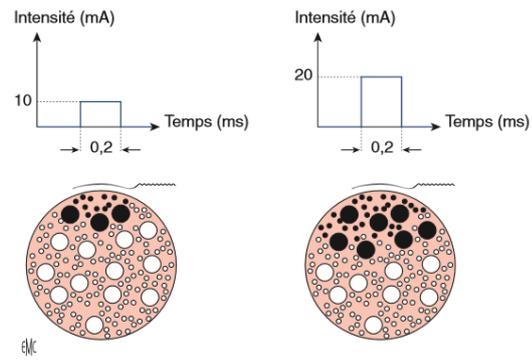


FIGURE 4.5. Sommaton spatiale.
Recrutement des unités motrices selon l'intensité de l'impulsion.

Ainsi contrairement à la physiologie musculaire, lors d'une stimulation par électrostimulation on retrouve dans un premier temps une contraction des fibres rapides et fatigables puis dans un deuxième temps des fibres lentes et non fatigables, on parle de sommation spatiale. On retrouve aussi un recrutement qui se fait de façon synchrone contrairement à une contraction physiologie. Ainsi le travail musculaire engendré par l'électrostimulation est plus coûteux en énergie puisqu'elle stimule en priorité les fibres les plus fatigables. [39] (*Voir schéma 26*)

1.3 L'électrostimulation à corps entier (WB EMS)

L'électrostimulation à corps entier (« Whole Body Electromyostimulation ») repose sur l'électrostimulation de plusieurs groupes musculaires. Ce phénomène s'étend de plus en plus, on voit de nombreuses salles de sport s'ouvrir, avec la mise en place de ce procédé, les utilisateurs effectuent une séance de sport traditionnelle mais vêtus d'une combinaison spéciale, avec des électrodes intégrées. Ces électrodes sont placées sur des groupes musculaires importants tels que le quadriceps, les fessiers, les ischios-jambiers, le triceps sural, le biceps brachial, le triceps brachial, les abdominaux, et les paravertébraux en général. Ces salles prétendent que 20 minutes de sport associées à l'électrostimulation à corps entier équivalent à 4 heures de sports « traditionnel », c'est leur principal argument de vente, pour les utilisateurs qui mettent souvent en avant le manque de temps pour réaliser leur sport. Ce phénomène est en augmentation dans les villes et c'est à la portée de n'importe qui c'est pour cela que j'ai décidé de m'orienter sur ce sujet.

Selon les fabricants cette pratique permet d'augmenter la force, la perte de graisse ou l'amélioration de la santé générale, mais surtout ils vantent « une réaction physiologique plus importante » selon le site de Fixbody® [40]

On retrouve les mêmes réglages que pour de l'électrostimulation locale, la seule différence étant le nombre de muscles stimulés. En effet les propriétés du courant sont réglées pour un objectif de renforcement musculaire, selon les mêmes principes que l'électrostimulation simple, comme décrit plus tôt. Grâce à ce principe on retrouve une contraction de l'antagoniste et de l'agoniste simultanément, et cela permet aussi de stimuler et de contracter une chaîne musculaire entière. [33]

Les cinq articles étudiés dans cette revue utilisent le matériel de la marque Miha Bodytec® (Augsburg, Germany).

En tant que kinésithérapeute nous avons notre place dans le monde du sport, nous pouvons agir tout aussi bien dans le cadre de séance de sport, de préparateur sportif, mais aussi dans le soin du sportif. Nos connaissances anatomiques, physiologiques et physiopathologiques nous permettent de réaliser des exercices physiques efficaces, adaptés et non délétères et pas uniquement dans le cadre de soins, c'est de la prévention, puisqu'on incite les sportifs à réaliser la bonne gestuelle et la bonne préparation physique ce qui contribue à la diminution des blessures.

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

Le domaine de la prévention fait partie de nos compétences, en effet selon le référentiel des compétences donné par le ministère de affaires sociales, de la santé et du droit des femmes ; la compétence numéro 3 est de « concevoir et conduire une démarche de promotion de la santé, d'éducation thérapeutique, de prévention et de dépistage » [41]

Dans notre formation on suit l'unité d'enseignement numéro 23, qui concerne l'intervention spécifique en kinésithérapie, une part de celle-ci est dédiée au sport et aux activités physiques, le but étant que l'on soit capable à la fin de notre apprentissage de :

- « Concevoir, conduire et adapter une intervention masso-kinésithérapique en milieu sportif dans un but préventif, curatif, de reprise d'activités et d'amélioration de la performance ». [41]
- « Concevoir et conduire un programme de reconditionnement à l'exercice et à l'effort ». [41]

De plus une autre de nos compétences est de pouvoir « en dehors de son cabinet, un masseur-kinésithérapeute peut légalement enseigner les activités physiques et sportives, la musculation, etc... dans des structures associatives ou de collectivités territoriales ou dans d'autres structures de forme commerciale. » selon le site de la Fédération Française des Masseurs-Kinésithérapeute Rééducateurs. [42]

C'est pour ces raisons que je me suis penchée sur un cadre uniquement sportif avec une population non pathologique. Je souhaitais comprendre et déterminer l'efficacité de cette nouvelle thérapeutique, chez les sportifs, et pourquoi pas l'appliquer en toute fin de rééducation d'un sportif dans le cadre d'une réathlétisation.

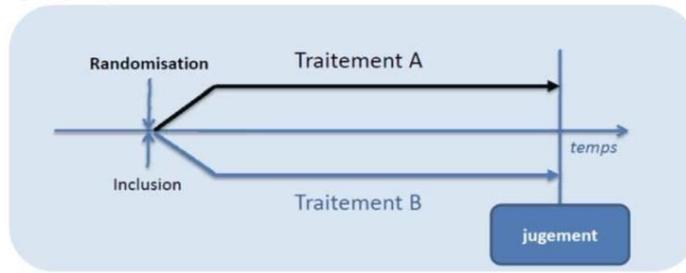
J'ai donc voulu m'orienter sur les sportifs, et me renseigner si l'électrostimulation à corps entier améliore leurs performances sportives, comme la force, la puissance, leurs sauts et leurs temps de sprints.

Le modèle PICO utilisé pour mes recherches est le suivant :

- P (patient, population) = sportifs, athlètes
- I (intervention) = l'électrostimulation à corps entier
- C (comparateur) = entraînement classique sans électrostimulation
- O (résultats, critères de jugements) = l'amélioration des performances sportives

Schéma 27 : Schéma d'une étude en groupe parallèle .[43]

Essai en groupes parallèles



2. Méthodologie

2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

2.1.1 Types d'études

Cette revue a pour objectif d'étudier l'effet de l'électrostimulation à corps entier sur l'amélioration des performances sportives des sportifs de bons niveaux. Cette question soulève un problème d'ordre thérapeutique. Pour mener à bien celle-ci il est important de choisir uniquement des essais cliniques randomisés car c'est ce qui correspond le mieux à des études thérapeutiques.

Un essai clinique randomisé, est une expérimentation menée sur des patients répartis au minimum en deux groupes afin d'avoir un groupe expérimental et un groupe contrôle. Une fois les participants répartis aléatoirement dans leur groupe, le groupe expérimental reçoit la nouvelle thérapie et à la fin du protocole cela nous permet d'évaluer les effets du traitement.

Afin de réduire les biais de sélection, la répartition des patients se fait de façon aléatoire par randomisation. [44]

Dans cette revue on retrouve un seul schéma d'étude, les études en parallèle : les participants sont répartis aléatoirement dans un groupe, et seul le groupe expérimental reçoit le traitement. (*Voir schéma 27*). Il existe d'autres types de schémas d'études mais qui ne sont pas représentés ici.[45]

Les essais cliniques randomisés ne dépassant pas 4/10 au score PEDro, ont été retirés de cette revue car plus ce score est faible plus le nombre de biais augmente, et cela rend la revue peu pertinente. Etant donné que l'électrostimulation à corps entier est un outil récent dans le monde du sport, il n'existe que peu d'étude, et la méthodologie des études n'est pas parfaite c'est pourquoi mon seuil de sélection n'est pas plus haut. Il serait donc intéressant par la suite de retrouver des essais cliniques de meilleure qualité avec moins de biais afin d'avoir une réelle estimation des effets de l'électrostimulation à corps entier.

Pour être le plus objectif possible, j'ai décidé de sélectionner des études récentes, les études datant de plus de 5 ans ont été supprimées. L'étude la plus ancienne de cette revue a été publiée en 2016. Toutes les études de cette revue sont écrites en anglais.

Schéma 28 : Dispositif Miha Bodytec® [46]



2.1.2 La population

Je me suis penchée sur l'intérêt de l'électrostimulation à corps entier chez les sportifs de bon niveau. Les patients pratiquent en moyenne 6 heures de sport par semaine et pour certains effectuent des compétitions le week-end. Les sports pratiqués sont différents, on retrouve en majorité du football, du handball, du basketball et des sports de combat. Ils ont entre 18 et 30 ans, quatre articles ont sélectionné uniquement des hommes, et un article uniquement des femmes. Un article effectue le test sur des footballeurs professionnels, et les quatre autres sur des étudiants en sport-étude. La population est saine, sans pathologie sous-jacente.

2.1.3 L'intervention (traitement, outil de mesure)

L'intervention étudiée dans cette revue est l'application de l'électrostimulation à corps entier. Pour cela les participants des études sont vêtus d'une combinaison possédant des électrodes intégrées sur les groupes musculaires principaux.

Le dispositif mis en place pour tous les articles est de la marque « Miha Bodytec® » qui est une marque Allemande d'électrostimulation. C'est une combinaison dotée d'électrodes qui est reliée à un boîtier générant l'électricité, et sur ce boîtier il est possible de régler l'intensité pour chaque zone stimulée.

Le vêtement conçu est un gilet, avec des brassards pour chaque bras, pour les cuisses et éventuellement pour les mollets, ainsi qu'une ceinture pour les fessiers. (*Voir schéma 28*). Les électrodes sont placées sur les zones musculaires à stimuler qui sont détaillées dans le tableau ci-dessous.[46]

Le tableau résume : les muscles stimulés décrits par chaque étude, les réglages de l'électrostimulation, le temps de stimulation ainsi que l'activité pratiquée pendant l'électrostimulation.

Les abréviations utilisées dans le tableau sont :

- s : secondes
- min : minutes

A noter que le courant rectangulaire signifie que le courant apparaît subitement il n'y a pas de pente d'établissement. [3]

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

	Groupes musculaires stimulés	Modalités de réglages du courant	Temps de séance	Modalité de stimulation	Durée d'étude	Activités associés
Filipovic et al 2019 [47]	Pectoraux, Grand Dorsal, Abdominaux, PV, Fessiers, IJ, Quadriceps, TS	Courant biphasique à ondes rectangulaires Fréquence : 80 Hz Largeur d'impulsion : 350µs Intensité de stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg > 16 (dur à très dur)	12 min par session (échauffement compris)	Durée de stimulation : 4s pour le saut (2s excentrique, 1s statique 0,1s explosif et 1s stabilisation) et pause de 10 s entre chaque saut Pause de 60 s entre chaque série de saut	Pendant 7 semaines 2x par semaine	Echauffement 2 à 3 min puis 3x10 squats sautés + WBEMS
Wirtz et al 2016 [48]	Abdominaux, PV, Fessiers, Adducteurs IJ, Quadriceps, TS, Tibial antérieur + membres supérieurs mais pas de précision	Courant bipolaire à ondes rectangulaires Fréquence : 85 Hz Largeur d'impulsion : 350µs Intensité stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg > 16 (dur à très dur). Stimulation simultanée de tous les groupes musculaires	Non spécifié	Durée de stimulation : 5s (2s excentrique 1s isométrique, 2s concentrique) 1s de repos entre chaque stimulation 2 min de pause entre chaque série	Pendant 6 semaines 2x par semaine	4 séries de squats (de 180° à 90°) + WBEMS ; La 1 ^{ère} série à 50% de la 10 RM, les 3 autres à 100% de la 10 RM.
Filipovic et al 2016 [49]	Abdominaux, PV, Fessiers, IJ, Gracile, Quadriceps, TS, Pectoraux, Trapèzes	Courant bipolaire à ondes rectangulaires Fréquence : 80 Hz Largeur d'impulsion : 350µs Intensité stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg > 18 (très dur). Stimulation simultanée de tous les groupes musculaires	12 min par session (échauffement compris)	Durée de stimulation de 4 s (2s excentrique 1s isométrique, 1sec concentrique) et une pause de 10s entre chaque stimulation Pause de 60s entre chaque série de saut	Pendant 14 semaines 2x par semaine	Echauffement 2 à 3 min puis 3x10 squats sautés + WBEMS
Dörmann et al 2019 [50]	PV, Abdominaux, Fessiers, IJ, Quadriceps, TS, Pectoraux, Trapèzes	Courant bipolaire à ondes rectangulaires Fréquence : 85 Hz Largeur d'impulsion : 350µs Intensité stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg > 16 (dur). Stimulation simultanée de tous les groupes musculaires	Pas quantifiable (pas assez de précision)	Pas précisé	Pendant 8 semaines 2x par semaines	1 séance : exercices de force et 1 séance : exercices de saut et de sprint + WBEMS
Micke et al	PV, Abdominaux, Fessiers, IJ, Quadriceps, TS, Pectoraux, Trapèzes	Courant bipolaire à ondes rectangulaires Fréquence : 85 Hz Largeur d'impulsion : 350µs Intensité stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg > 16 (dur)	25 à 30 min par session (échauffement compris)	Durée de stimulation non précisé 2,5 min de pause entre chaque exercice	Pendant 4 semaines 2x par semaines	5 exercices ; 2 exercices de force, 3 exercices dynamiques de sauts ou de sprint+ WBEMS

Tableau 1: Récapitulatif du protocole d'intervention dans chaque étude

On remarque que les réglages de l'électrostimulation sont sensiblement les mêmes entre chacune des études, et ils respectent les recommandations énoncées dans la partie sur l'électrophysiologie, avec une stimulation préférentielle des fibres de type II (fréquence de 80Hz). Pour régler l'intensité de la charge électrique, l'échelle de « RPE Borg » (scale of ratings of perceived exertion) a été utilisée. Elle permet d'évaluer l'effort physique ressentie par chaque individu, sa cotation reste subjective mais va permettre de définir le réglage de l'intensité pour chaque électrode et pour chaque participant. Cette échelle est cotée de 6 à 20 en fonction de la perception, de l'activité et de la fréquence cardiaque maximale en pourcentage. Dans les études l'intensité de la stimulation électrique doit être supérieure à 16 en moyenne, ce qui représente 80 à 90% de la fréquence cardiaque maximale, et une perception d'activité classée « dur » (*annexe 1*).

Concernant les activités associées, elles varient en fonction des études ; dans les deux études de Filipovic et al 2019 et 2016, les participants effectuent des squats sautés, les sujets partent d'une position debout, réalisent un squat suivi d'un saut et recommencent jusqu' à avoir effectué leur série. Dans l'article de Wirtz et al, les sujets réalisent des squats avec une barre de poids sur les épaules. La barre de poids est chargée en fonction de la répétition maximale (RM), c'est la charge maximale qu'un individu ne peut soulever qu'une seule fois, on nomme cela « 1 RM ». L'article parle de 10 RM ce qui correspond à une série où le poids de la charge est égal à 76% de la charge maximale, qui peut être soulevée 10 fois. Une première série est faite à 50% de la 10 RM soit 50% de 76%. Cela représente 38% de la répétition maximale. Les trois autres séries sont faites à 76% de la répétition maximale (*annexe 2*). Dans l'étude de Dörmann et al 2019 et de Micke et al 2018, les activités sont plus variées, on retrouve des exercices de force (travail du quadriceps avec des fentes avant, travail excentrique des IJ ou travail des abdominaux) pendant une séance, puis des exercices de course et de saut durant la deuxième séance de la semaine.

Selon les études 2, 3, 4 les muscles sont tous stimulés simultanément, la stimulation électrique se fait au même moment au niveau de tous les muscles, on peut parler de co-contraction.

2.1.4 Les objectifs et les critères de jugement

L'objectif de cette étude est de connaître les effets de l'électrostimulation à corps entier sur les performances sportives, le but étant de voir si l'électrostimulation à corps entier améliore la force isométrique, la puissance iso-inertielle, la hauteur et la longueur de saut et le temps de sprint.

Tout d'abord il est important de définir chacun des objectifs. La force est la résistance de notre corps à résister, soulever ou déplacer une charge, elle s'exprime en Newton (N) ou en Newton par kilogramme qui représente la force maximale par rapport au poids du corps. La force isométrique, est une force statique.

Schéma 29 : machine à presse de la marque Gym80® [52]

Nb : le modèle utilisé n'est pas décrit dans l'étude



Schéma 30 : Machine à flexion de genoux convertissable en machine à extension de genoux de la marque Gym80® [52]

Nb : le modèle utilisé n'est pas décrit dans l'étude



Schéma 31 : Presse abdominal de la marque Gym80®[52]

Nb : le modèle utilisé n'est pas décrit dans l'étude



Schéma 32 : Back extension de la marque Gym80® [52]

Nb : le modèle utilisé n'est pas décrit dans l'étude



La puissance c'est une force appliquée pendant une distance sur un temps. Plus la force et la distance sont grandes et plus le temps est faible, plus la puissance est forte. Elle s'exprime en Watt (W) ou en Watt par kilogramme représentant la puissance maximale par rapport au poids du corps. La puissance iso-inertielle détient une notion de mouvement.

Le saut est la capacité du corps à décoller du sol, cela est possible grâce à l'énergie produite par les muscles. Cela s'exprime en centimètres.

Le sprint est une course sur une faible distance, (quelques dizaines de mètres) que le sujet doit parcourir le plus rapidement possible cela s'exprime en secondes.

Toutes ces mesures peuvent être évaluées de façon objective avec l'utilisation de machines spécifiques dotées de capteurs et de logiciel afin de les analyser. Les mêmes objectifs ne sont pas tous mesurés avec le même dispositif dans chaque étude.

2.1.4.1 La force et la puissance

La force et la puissance sont évaluées en même temps avec les mêmes dispositifs de la marque « Edition-Line Gym 80® ». On retrouve au travers des études l'utilisation de la machine à presse (LP), la machine à flexion de genoux (LC), la machine à extension de genoux (LE), la presse abdominale (PA) et la machine à extension de dos (BE) (*voir schéma 29,30, 31 et 32*). Pour mieux interpréter les résultats il est important de préciser que la LP, stimule le quadriceps, les fessiers et les ischios-jambiers en chaîne cinétique fermée. La LC stimule les IJ en chaîne cinétique ouverte ; la LE ; le quadriceps en chaîne cinétique ouverte, la PA ; les abdominaux et la BE, les paravertébraux.

Les machines sont équipées de la technique de mesure Digimax® et de capteurs de force et de distance. Il est précisé dans l'étude de Wirtz et al 2016 et de Dörmann 2019 que pour la mesure de la puissance des capteurs sont disposés sur les poids ce qui permet de connaître la vitesse à laquelle ils se sont déplacés. Les données vont être analysées grâce aux logiciels « IsoTest » et « DynamicTest 2.0 ».

Tous les protocoles de mesures sont ressemblants entre les différentes études sauf pour l'étude de Filipovic et al 2016, qui est détaillée plus tard. Les mesures de la force sont faites à une angulation interne de genou de 120° sur la LP et la LE ; de 150° sur la LC ; et de 90° sur la PA et la BE. Pour déterminer la puissance de chaque participant une charge supplémentaire est ajoutée, le poids de cette charge est calculé de façon individuelle lors d'un test isométrique calculé dans la même position que celle de départ du test de la puissance, soit une angulation interne de genou de 90° pour la LP et la LE et de 170° pour la LC. Une fois cette charge calculée le participant effectue le test, et la mesure de la puissance s'est faite sur un balayement d'angulation interne de genou allant de 90° à 180° pour la LE et la LP et de 170° à 80° pour la LP, pendant la phase concentrique pour toutes les machines. La puissance n'est pas mesurée sur la PA et la BE.

L'article 1 n'est pas autant fourni en informations mais utilise les mêmes technologies. En revanche l'article de Filipovic et al 2016 utilise uniquement la LP sans donner la marque, et sans présence de capteur, la force est évaluée à l'aide de la mesure des poids ajoutés.

Pour chacune des études, les sujets ont trois essais sur chaque machine, et seulement le meilleur des trois essais est conservé.

J'ai détaillé les quelques différences présentes entre les articles :

- **L'étude 1** : les mesures ont été effectuées sur la LP et la LC. Avant la mesure les sujets réalisent un échauffement pendant 10 minutes en faisant du vélo et en effectuant 1 série de 10 répétitions à 40% de la 1RM à la LP et la LC.
- **L'étude 2** : elle mesure la force et la puissance grâce à la LP, la LC, la PA et la BE. Pour les tests de la puissance les essais ont été effectués avec une charge supplémentaire de 40% sur la LC et de 50% sur la LP.
- **L'étude 3** : les sujets sont installés sur la LP en décubitus dorsal avec un degré d'amplitude de flexion de hanche et de genou inférieur à 90°. Tout d'abord les sportifs effectuent un échauffement de 2x10 répétitions avec un poids sub-maximal. Ensuite la force maximale est calculée pour chaque jambe du participant en mesurant la répétition maximale ; la 1 RM. Pour cela le sujet effectue le maximum de répétitions avec une seule jambe, s'il parvient à réaliser 6 répétitions une charge de 10 kg est ajoutée, jusqu'à ce qu'il arrive à une charge où il réussit à ne faire qu'une seule répétition. La position de départ du test est jambe tendue avec un angle interne de genou de 180°. Ils ont trois minutes de récupération entre chaque série d'essai.
- **L'étude 4** : cette étude utilise la LP, la LC, et la LE. Pour la mesure de la puissance une charge supplémentaire de 40% a été ajoutée pour la LE et la LC et une de 60% pour la LP, LE, et la LC.
- **L'étude 5** : la LC, la LP et la LE ont été utilisées dans cette étude. Pour la mesure de la puissance, les essais ont été réalisés avec une charge supplémentaire de 40% sur la LC et une charge de 60% pour la LP, LE.

2.1.4.1 La hauteur et la longueur de saut

Le troisième objectif de cette revue est d'observer l'effet de l'électrostimulation sur la hauteur de saut, ainsi que sur la longueur de saut. Cet objectif a été mesuré à l'aide du système Optojump® muni de capteur infrarouge permettant de détecter le moindre mouvement. Les consignes pour les sauts sont les mêmes, les sujets effectuent trois essais de chaque saut et le meilleur des trois (le plus haut ou le plus long) est gardé. Pour les études 3, 4 et 5 il est précisé que les participants peuvent effectuer un saut de familiarisation en plus des trois essais pour chaque saut différent. L'étude 2 ne le précise pas. Ils doivent garder leurs mains aux hanches afin de ne pas fausser les mesures en utilisant le balancier des bras.

Il y a 4 types différents de sauts évalués, ils ne sont pas tous testés dans chaque étude :

- Le « squat jump (SJ) » : les sujets commencent en position de squat avec une flexion de genou à 90° puis effectuent un saut vertical maximal.
- Le « counter movement jump (CMJ) » : les sujets partent d'une position debout puis effectuent un squat avec un angle de flexion de genou d'environ 90° puis un saut vertical maximal.
- Le « drop jump (DJ) » : le sujet est debout sur une boîte de 38cm, il fait un pas en avant, se laissant tomber de la boîte, une fois en contact avec le sol il essaye de sauter aussi haut que possible. Le but étant de sauter le plus haut possible en ayant un temps de contact avec le sol le plus faible possible.
- Le « standing long jump (SLJ) » : le participant part d'une position debout, il s'accroupit pour prendre de l'élan, puis saute le plus loin possible, avec une réception contrôlée (pas de pas sur le côté pour se rééquilibrer). La distance est mesurée de la ligne de départ jusqu'au talon le plus proche du sujet. Dans ce cas-là c'est la longueur du saut qui est mesurée en centimètres.

Tous les sauts ne sont pas étudiés dans chaque étude :

- **L'étude 2** ne teste que le SJ et le CMJ
- **L'étude 3** teste le SJ, CMJ et le DJ.
- **Les études 4 et 5** testent le SJ, le CMJ, le DJ et le SLJ

2.1.4.2 Le temps de sprint

Le quatrième et dernier objectif de cette revue est d'évaluer les effets de la stimulation électrique à corps entier sur la vitesse de sprint des sportifs. Les participants ont été testés sur leur vitesse de course sur une faible distance, cette mesure s'est effectuée grâce au dispositif de double barrières infrarouge photoélectrique munies d'un radio transmetteur.

Les protocoles diffèrent en fonction des études. J'ai donc détaillé les conditions pour chacune des études sauf l'étude 1 qui n'évalue pas la vitesse de sprint des participants.

- **L'étude 2** : les sujets ont effectué deux essais de deux sprints différents, ils avaient deux minutes de repos entre chaque essai. La position de départ des participants était à 50 cm avant la ligne de départ. Le temps le plus rapide pour chaque sprint a été conservé pour les analyses. Les deux sprints étaient :
 - Un sprint linéaire de 30 mètres
 - Un sprint pendulaire de 3 fois 10 mètres avec deux changements de direction de 180° ; un à 10 mètres et un à 20 mètres

Schéma 33 : Sprint avec changement de direction en « T » de l'étude 4 [51]

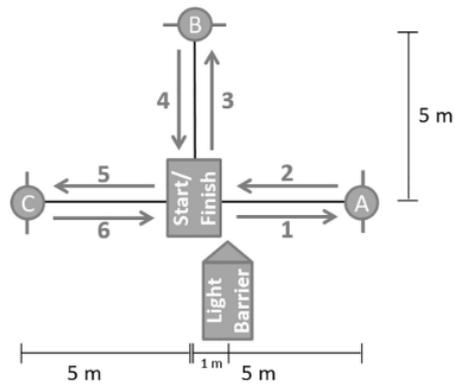


FIGURE 2 | T-run: Cone A, B, and C had to be reached after one another by a forward sprint (1–5). Marks on the floor must be crossed at each corner. After cone C (6), participants could run as fast as possible across the finish line [adapted from McBride et al. (2002) and Reiman and Manske (2009)].

- **L'étude 3** : les sportifs avaient 3 essais pour réaliser le meilleur temps sur chacun des sprints. Entre chaque essai ils avaient une pause de 2 minutes.
 - Un sprint linéaire de 30 mètres avec une position de départ 50 centimètres avant la ligne de départ.
 - Un sprint avec changement de direction de 15 mètres, les sportifs ont réalisé un pas sur le côté 1 mètre après la ligne de départ, ensuite un sprint de 10 mètres puis un changement de direction à 45° puis à nouveau un sprint de 5 mètres. Les coureurs étaient placés à 10 centimètres de la ligne de départ.
- **L'étude 4** : les sujets ont réalisé 2 essais de chaque sprint, seulement le temps le plus faible a été conservé pour les analyses de résultats. Les coureurs avaient 2 minutes de récupération entre chaque essai.
 - Un sprint linéaire de 30 mètres
 - Un sprint avec changement de direction en « T » (voir schéma 33) de 30 mètres avec un changement de direction tous les 5 mètres.
- **L'étude 5** : les sujets avaient 3 essais pour réaliser le meilleur temps sur chacun des sprints. Entre chaque essai ils avaient une pause de 2 minutes. La position de départ était à 50 cm de la première barrière photoélectrique
 - Un sprint linéaire de 30 mètres
 - Un sprint pendulaire de 3 fois 10 mètres avec deux changements de direction de 180°, un à 10 mètres et un à 20 mètres

2.2 Méthodologie de recherche des études

2.2.1 Les sources documentaires investiguées

Pour réaliser cette revue, j'ai utilisé des bases de données électroniques comme PubMed, Cochrane, PEDro et Frontiers in Physiology, pour la recherche des essais cliniques randomisés. Seulement les recherches sur les bases PubMed et Frontiers in Physiology ont été fructueuses, sur les autres bases de données il s'agissait souvent de population pathologique, ce qui n'était pas l'objectif de cette étude. Les recherches ont débuté en septembre 2019 et se sont achevées en Janvier 2020.

Je me suis aussi documentée grâce à des ouvrages, des livrets de formations afin de me renseigner et de mieux comprendre mon sujet.

2.2.2 Equation de recherche utilisée (mots clés)

La langue référencée dans les bases de données électroniques étant l'anglais, mon équation de recherche s'est donc faite en anglais.

Le tableau suivant réunie les termes utilisés pour effectuer mes recherches sur PubMed.

	Population	Intervention	Comparateur	Critères de jugement
Termes anglais	- Athlete	- WBEMS	- Training	- Athletic performances
	- Athletes	- Whole Body Electrostimulation	- session sport	- Performance
	- Sportsman	- Whole Body electromyostimulation	- Sport training	- Sport performance
	- Sportswoman	- Global body electrical myostimulation	- Physical exercice	- Achieving sporting
	- Sportsperson	- Global body electrical myostimulation	- Athletic training	
	- Athletic person	- Global body electrical stimulation	- Training	
	- Professional athlete		- Practice	
	- Professional sportsperson		- Coaching	
				- Exercices
				- Workout
Equation de recherche	((((((((((athlete) OR athletes) OR sportsman) OR sportswoman) OR sportsperson) OR athletic person) OR professional athlete) OR professional sportsperson)) AND (((WB EMS) OR whole body electrostimulation) OR whole body electromyostimulation)) AND (((((((training session sport) OR sport training) OR physical exercice) OR athletic training) OR training) OR practice) OR coaching) OR exercices) OR workout)) AND (((athletic performance) OR performance) OR sport performance) OR achieving sporting)			
Filtres	- Essais cliniques - Publié entre 2015 et 2019			

Tableau 2: Termes et équation de recherche utilisés sur PubMed

Sur les sites de recherche PEDro et Frontiers in Physiology, les mots clés utilisés étaient « Athlete and Whole Body electromyostimulation ».

Dans un premier temps j'ai voulu chercher les « mesh terms » correspondant à mes mots clés, aucun résultat n'a été concluant, je n'ai retrouvé aucun « mesh terms » décrivant mes mots clés, je n'ai donc pas pu me servir de cela pour formuler mes recherches.

2.3 Extraction et analyse des données

2.3.1 La sélection des études

En lisant dans un premier temps les titres des articles sur les bases de recherche cela m'a permis de réaliser une première sélection. Ensuite parmi les articles sélectionnés, j'ai effectué une deuxième sélection par lecture de l'abstract des articles.

Mes articles devaient être des essais cliniques randomisés, ayant été publiés entre 2015 et 2019. Ma population concernée ne devait pas être pathologique, et devait également avoir une activité physique régulière. Tout article traitant une population pathologique et/ou sédentaire a été supprimé. Le protocole d'électrostimulation à corps entier devait être le même, afin de pouvoir comparer au mieux, et d'évaluer son efficacité, les réglages devaient être similaires. Les études devaient étudier au moins un des critères de jugement suivant sinon elles étaient supprimées : la force, la puissance, le temps de sprint, la hauteur et/ou la longueur de saut. Une fois ces conditions remplies la dernière sélection s'est faite par lecture totale et l'évaluation de la méthodologie de chaque article pour sélectionner au final 5 articles. (*Voir annexe 3*).

2.3.2 Extraction des données

Après avoir sélectionné les 5 articles qui vont me permettre de réaliser cette revue, j'ai effectué l'extraction des données. Pour cela j'ai réalisé, pour chaque étude un tableau résumant :

- L'étude, son nom, ses auteurs, sa date de publication, le schéma de l'étude, le temps du protocole
- La population, le nombre de participants, leur sexe, leur âge, leur sport, le temps de pratique par semaine, les critères d'inclusion, les critères d'exclusion
- L'intervention, le protocole d'application, la durée, les réglages de l'électrostimulation
- Les critères de jugement et leurs outils de mesures

(Voir annexe 4,5,6,7,8)

2.3.3 Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

Il est important d'évaluer la qualité méthodologique de chaque article sélectionné, pour cela j'ai utilisé la grille d'évaluation PEDro qui est adapté aux essais cliniques randomisés. Cela permet de connaître la qualité méthodologique de l'article, grâce aux 11 items, qui évaluent la validité interne et la validité externe de chaque étude.

L'item 1 mesure la validité externe de l'étude alors que les items 2 à 9 évaluent la validité interne. Les items 10 et 11 évaluent les résultats statistiques, l'estimation des effets et leur variabilité. À chacun des items on y répond par « oui » ou par « non ». Ensuite on comptabilise le nombre total de « oui », au plus le nombre est grand, au plus l'étude relève d'une bonne qualité méthodologique. Le score est calculé sur 10 points (le premier item ne rentre pas en compte). (voir annexe 9) [53]

L'échelle PEDro permet d'évaluer la qualité méthodologique des essais cliniques randomisés grâce à l'évaluation des biais de sélection, de détection, d'attrition, et des informations statistiques des résultats.

Un biais est un élément perturbant la véracité des évènements, une distorsion de la réalité. Ils peuvent avoir plusieurs conséquences et tromper les résultats, il est donc important de les évaluer pour les connaître. Le biais de sélection apparaît lorsque la population étudiée ne correspond pas à la population touchée dans la vie réelle, il est déterminé par les items 2, 3 et 4 de l'échelle PEDro. Le biais de détection apparaît lorsque l'examineur sait à quel groupe le sujet appartient et si les résultats des tests requièrent le jugement personnel de l'examineur. Pour éviter qu'il n'apparaisse il est utile que l'examineur soit « en aveugle ». Ce sont les items 5, 6 et 7 qui nous renseignent sur ce biais. Le biais d'attrition s'observe lorsque des participants quittent l'étude en cours et cela engendre un biais dans les résultats de l'étude. Ce sont les items 8 et 9 qui nous en informent. [54]

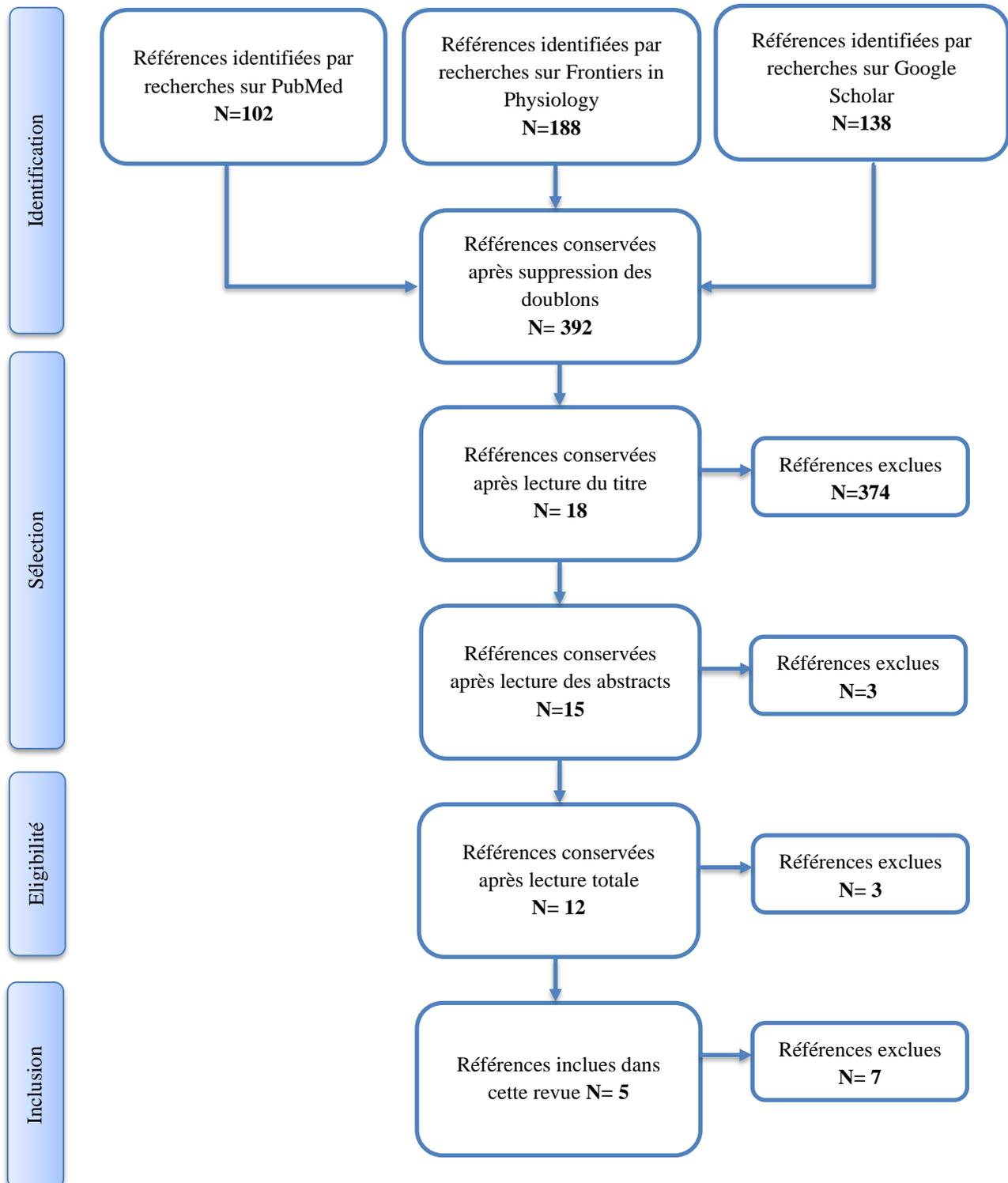
2.3.2 Méthode de synthèse des résultats

Dans cette revue systématique, j'ai analysé les résultats de façon qualitative. Dans un premier temps j'ai relevé chaque moyenne et écart-type donnés par les auteurs dans les différentes études. Ensuite, j'ai calculé la taille d'effet et l'intervalle de confiance à 95% inter-groupe. Toutes ces données ont été résumées dans un tableau, puis j'ai effectué une interprétation de ces résultats afin de pouvoir objectiver au mieux l'effet du traitement sur les critères de jugements.

3. Résultats

3.1 Description des études

3.1.1 Diagramme de flux



3.1.2 Etudes exclues

Les 7 études qui ont été exclues après leur lecture totale, sont décrites ci-dessous, ainsi que leur motif d'exclusion.

Titre des articles	Auteurs et dates	Motif de l'exclusion
Functional Exercise training and undulating periodization enhances the effect of WBEMS training on running performance	2018	Pas de groupe témoin, deux protocoles d'électrostimulation à corps entier
Impact of 2 WBEMS training modalities on body composition in recreational runners during endurance training	2018	Critères de jugement ne rentrant pas en compte dans ma sélection d'articles
Effect of WBMS versus high-intensity resistance exercise on body composition and strength : ECR	2015	Population non sportive
Effects of two modalities of WBEMS programs and resistance circuit training on strength and power	2019	Score PEDro égal à 3/10 ce qui est inférieur au critère de sélection fixé à 5/10
WBEMS improve performance related parameters in runners	2018	1 seul critère de jugement en commun, qui n'utilise pas le même outil de mesure
Effects of WBEMS on strength and batting velocity among female collegiate softball players	2018	Score PEDro égal à 4/10 ce qui est inférieur au critère de sélection fixé à 5/10
The influence of WB-EMS Training on the Performance of Ice Hockey Players of Different Competitive Status	2019	Différence majeure entre le groupe contrôle et expérimental au début de l'étude

Tableau 3: Etudes exclues et leur motif d'exclusion

3.1.3 Etudes incluses

Le tableau suivant, permet de synthétiser les différentes informations des 5 études incluses, dans cette revue.

Etudes	Schéma	Participants	Intervention	Comparateur	Critères de jugements	Durée de l'étude
Filipovic 2019	ECR en parallèle	28 hommes joueurs de football	<u>Groupe EMS</u> : WBEMS + 3x10 squats sautés + 2 fois par semaine + routine sportive.	<u>Groupe Saut</u> : 3x10 squats sauté 2 fois par semaine + routine sportive <u>Groupe Contrôle</u> : : routine sportive	➤ Force	Pendant 7 semaines 14 séances
Wirtz 2016	ECR en parallèle	20 hommes sportifs	<u>Groupe EMS</u> : WBEMS + 4 séries de squats (de 180° à 90°) : • 1 ^{ère} série à 50% de la 10 RM • 2 ^{ème} , 3 ^{ème} et 4 ^{ème} série à 100% de la 10 RM	<u>Groupe Contrôle</u> : 4 séries de squats (de 180° à 90°) : • 1 ^{ère} série à 50% de la 10 RM • 2 ^{ème} , 3 ^{ème} et 4 ^{ème} série à 100% de la 10 RM	➤ Force ➤ Puissance ➤ Sprint ➤ Hauteur de saut	Pendant 6 semaines 12 séances
Filipovic 2016	ECR en parallèle	22 hommes footballeurs professionnels	<u>Groupe EMS</u> : WBEMS + 2-3 min d'échauffement à intensité modérée + 3x10 squats sautés maximum	<u>Groupe Contrôle</u> : 2-3 min d'échauffement à intensité modérée + 3x10 squats sautés maximum	➤ Force ➤ Sprint ➤ Hauteur de saut	Pendant 14 semaines 28 séances
Dörmann 2019	ECR en parallèle	28 femmes étudiantes en sport études	<u>Groupe EMS</u> : WBEMS+ 2 séances différentes par semaine : • Une des exercices de force : split squat bulgare, nordic curl, knee tuck, side abs • Une des exercices de saut et de sprint : skipping, heeling, side jumps, box jumps, drop jumps	<u>Groupe Contrôle</u> : charges supplémentaires + 2 séances différentes par semaine : • Une des exercices de force : split squat bulgare, nordic curl, knee tuck, side abs • Une des exercices de saut et de sprint : skipping, heeling, side jumps, box jumps, drop jumps	➤ Force ➤ Puissance ➤ Sprint ➤ Hauteur de saut	Pendant 4 semaines 8 séances
Micke 2018	ECR en parallèle	20 hommes étudiants en sport	<u>Groupe EMS</u> : WBEMS + 5 exercices ; 2 exercices de force (split squat, glute ham raises), 3 exercices dynamiques de sauts (hurdle jumps, lateral jumps) ou de sprint (resistance band running, ABC running drills)	<u>Groupe Contrôle</u> : 5 exercices ; 2 exercices de force (split squat, glute ham raises), 3 exercices dynamiques de sauts (hurdle jumps, lateral jumps) ou de sprint (resistance band running, ABC running drills)	➤ Force ➤ Puissance ➤ Sprint ➤ Hauteur de saut	Pendant 8 semaines 16 séances

Tableau 4: Résumé des informations de chaque étude avec min=minutes

3.2 Risque de biais des études incluses

3.2.1 Grille d'analyse utilisée

L'évaluation des biais et celle de la validité interne des articles se sont faites grâce à l'échelle PEDro (*annexe 9*). Celle-ci décèle les différents biais de l'étude, le biais de sélection, de détection et d'attrition grâce à ces 11 items (comme expliqué dans le chapitre 2.3.3 Evaluation de la qualité méthodologique des études).

3.2.2 Synthèse des biais retrouvés

Etudes	Items											SCORE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Filipovic 2019	X	X		X			X	X		X	X	6/10
Wirtz 2016	X	X		X			X			X	X	5/10
Filipovic 2016	X	X		X			X			X	X	5/10
Dörmann 2019	X	X		X			X		X	X	X	6/10
Micke 2018	X	X		X			X	X	X	X	X	7/10

Tableau 5 : Score PEDro des 5 études

3.2.2.1 Le biais de sélection

Toutes les études incluses, ont eu recours à une répartition aléatoire des sujets, dans chaque article il est précisé que les sujets ont été randomisés (Item 2). Pour aucune des études, la répartition a respecté une assignation secrète (Item 3), ceci n'est jamais mentionné dans les articles, cela constitue un biais de sélection car on soupçonne que l'inclusion du sujet a pu être influencée. Les groupes expérimentaux et contrôles de chaque étude sont identiques au début de l'étude (Item 4). A cause du non-respect de l'item 3 on voit apparaître le biais de sélection, dans cette revue.

3.2.2.2 Le biais de détection

Aucun article ne précise si les sujets ou les thérapeutes sont en « aveugles » (Item 5 et 6) par rapport au traitement expérimental. Dans certains articles, ce sont des coaches spécialisés dans l'électrostimulation qui encadrent les séances d'électrostimulation à corps entier. On rencontre un biais important, celui de détection, en effet à cause de cela nous ne pourrions pas distinguer la part de bénéfices liée à l'effet placebo. De plus on ne peut pas écarter le fait que les thérapeutes peuvent être influencés dans leur démarche, puisqu'ils savent qui reçoit le traitement expérimental et celui contrôle.

Concernant les sujets « en aveugle », il est difficile de l'appliquer puisque le sujet sait s'il ressent une stimulation électrique ou non, bien que les sujets n'aient jamais expérimenté l'électrostimulation à corps entier d'après les critères d'inclusion des études 3, 4 et 5.

Les études de Filipovic 2019 [47], de Wirtz 2016 [48], de Dörmann 2019 [51] et de Micke 2018 [50] mesurent la force et la puissance à l'aide d'une machine de renforcement classique de la marque Gym80®, possédant des capteurs de force, matérialisés sous forme de boîtier s'accrochant à tous types de machines [55], et des capteurs de distance. Les efforts fournis par le sujet vont être mesurés par ces capteurs puis analysés par des logiciels « IsoTest » et « DynamicTest 2.0 ». Ainsi la part humaine est inexistante dans cette analyse, on peut donc affirmer que l'examineur est « en aveugle » puisque les machines, ne peuvent pas être influencées.

Dans les études de Wirtz 2016 [48], de Filipovic 2016 [49], de Dörmann 2019 [51], de Micke 2018 [50] ; la hauteur de saut, est mesurée à l'aide du système Optojump® muni de capteurs infrarouges permettant de détecter les mouvements et ainsi de donner la hauteur du saut et le temps de vol. Il y a des consignes précises données aux participants afin de réaliser les sauts les plus identiques possible entre eux tels que « les joueurs partent d'une position debout, effectuent un squat avec un angle de genou d'environ 90° pour prendre leur élan et effectuer un saut aussi haut que possible » [49]. Le système mis en place pour la mesure permet de juger les examineurs « en aveugle » car c'est une machine et celle-ci est non influençable.

Le dernier critère de jugement, est le temps de sprint il est évalué grâce à une double barrière photoélectrique infrarouge qui représente un détecteur de mouvement. Le moyen d'évaluation est encore une machine, mais la participation humaine, est bien présente, en effet les sprints simples ont une longueur de 30 mètres et les sprints pendulaires ont des changements de direction durant leur parcours. Il faut donc que l'examineur place les repères de changement de direction à leur emplacement précis. Ainsi selon moi la part humaine est importante et comme il n'est pas explicitement précisé dans le texte que les examineurs sont « en aveugle » cela représente donc un biais de détection.

Pour conclure, l'item 7 de l'échelle PEDro a pour intitulé « tous les examineurs étaient « en aveugle » pour au moins un des critères de jugement essentiels » on retrouve des examineurs qui sont des machines et non des humains, ainsi il ne peut pas y avoir d'influence de leur part entre le groupe contrôle et le groupe expérimental. On retrouve une part humaine pour le temps de sprint, qui est selon moi importante. L'item 7 est tout de même respecté dans toutes les études puisqu'au moins un des critères de jugement dans chaque étude à des examineurs « en aveugle ».

3.2.2.3 Le biais d'attrition

Ce biais est fortement présent dans ces articles en effet peu d'études précisent le nombre de participants restant à la fin des études et si les participants ont tous reçu le traitement ou ont été classés « en intention de traiter ».

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

L'étude de Filipovic 2019 [47] précise que sur les 28 participants de départ, 27 ont réalisé les 2 tests de force l'item 8 de l'échelle est donc positif en revanche, il n'est mentionné nulle part que les participants ont bien reçu le traitement, l'item 9 ne peut donc pas être validé.

L'étude de Wirtz 2016[48] et celle de Filipovic 2016 [49] ne mentionnent pas les effectifs à la fin de l'étude. Ainsi je ne peux pas savoir si les mesures ont été faites sur plus de 85% des participants et si tous les sujets ont reçu le traitement. Donc les items 8 et 9 ne peuvent pas être cochés, il y a donc l'apparition du biais d'attrition.

L'étude de Dörmann 2019 [51], présente au départ un effectif de 28 participantes et à la fin 22, les mesures ont donc été obtenues pour 78% des participantes, l'item 8 est négatif. L'item 9 est lui positif, puisqu'il est écrit qu'on observe un taux de participation de 100% pour les sujets restants.

L'étude de Micke 2018 [50] ne présente pas de biais d'attrition, car il est mentionné, que sur les 20 participants, seulement 2 ont arrêté l'étude ; donc les résultats ont été obtenus pour 90% des sujets initiaux. Le taux de participation aux séances était de 100% pour les deux groupes, donc tous les sujets ont reçu le traitement.

3.2.2.4 Les résultats statistiques

Tous les articles, effectuent une comparaison intergroupe, et une estimation de l'effet et de leur variabilité ; les items 10 et 11 sont donc positifs.

Ainsi en conclusion, les études 1, 2, 3 et 4 présentent les biais de sélection, de détection et d'attrition et l'étude 5 un biais de sélection et un biais de détection. Comme précisé précédemment les biais faussent les résultats et créent une distorsion de la réalité, il faudra donc en tenir compte lors de la lecture et l'analyse des résultats.

3.3 Effets de l'intervention

Pour chaque étude et pour chaque critère de jugement, j'ai réalisé un tableau récapitulatif mentionnant pour chaque période de test la moyenne \pm l'écart-type. La taille d'effet intergroupe et son intervalle de confiance (IC) à 95% ont été obtenus grâce un calculateur « excel » qui nous a été fourni, pour chaque période de test sauf celles réalisées au début de l'étude. Étant donné que les sujets sont répartis aléatoirement, les moyennes prises avant même le commencement de l'étude sont sensiblement identiques, de plus l'expérimentation n'a pas encore eu lieu donc il n'y pas de taille d'effet à observer.

3.3.1 Critère de jugement : la force

Filipovic et al 2019 :

EG représente le groupe expérimental TG est un groupe contrôle qui effectue les squats sautés sans électrostimulation et CG un autre groupe contrôle qui ne pratique que les séances de sport habituelles.

	Groupes	Mesure 1 semaine avant le traitement	Mesure à 8 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
LP (N.kg ⁻¹)	EG n :10	41,1 ± 9,3	47 ± 11,1	0,3 [11,67 à - 11,07]
	TG n :9	43,3 ± 11,5	46,7 ± 12,4	
	CG n :8	41,9 ± 11,4	43,8 ± 16,9	
LC (N.kg ⁻¹)	EG n :10	17,9 ± 1,5	19,3 ± 2,2	1,1 [3,02 à - 0,82]
	TG n :9	17,4 ± 2,4	18,2 ± 1,7	
	CG n :8	16,6 ± 2,2	16,4 ± 2,3	

Tableau 6 : Résultats de l'analyse de la force

Le but de cette revue est de comprendre ce que peut apporter l'électrostimulation à corps entier à un entraînement sportif, j'ai donc priorisé l'analyse des résultats des groupes EG et TG. Ce sont les deux groupes qui effectuaient la même chose à la seule différence que le groupe EG recevait l'électrostimulation à corps entier en plus. Il reste intéressant de comparer l'électrostimulation à corps entier plus la réalisation des squats sautés au groupe qui ne reçoit rien et qui ne réalise rien de plus que sa pratique sportive habituelle.

Ainsi la taille de l'effet et l'IC à 95% intergroupe EG et CG :

- Pour la LP 3,2 [17,22 à - 10,82]
- Pour la LC 2,9 [5,16 à 0,64]

Wirtrz et al 2016 :

	Groupes	Mesure 1 semaine avant le traitement	Mesure à 7 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 9 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
LP (N.kg ⁻¹)	S+E n :10	50,4 ± 3,3	63,3 ± 13,6	5,5 [19,76 à -8,76]	64,8 ± 8,8	3 [17,88 à - 11,88]
	S n :10	48,1 ± 11,1	57,8 ± 16,6		61,8 ± 20,6	
LC (N.kg ⁻¹)	S+E n :10	18 ± 1,5	19 ± 1,5	2,5 [4,44 à 0,56]	19,5 ± 1,5	3,7 [5,52 à 1,88]
	S n :10	15,7 ± 3,3	16,5 ± 2,5		15,8 ± 2,3	
AP (N.kg ⁻¹)	S+E n :10	12,6 ± 1,4	12,2 ± 1,4	0,6 [2,01 à -0,81]	12,5 ± 1,1	0,4 [1,43 à - 0,63]
	S n :10	11,9 ± 1,8	11,6 ± 1,6		12,1 ± 1,1	
BE (N.kg ⁻¹)	S+E n :10	18,4 ± 4,8	21,3 ± 4,8	1,1 [6,26 à - 4,06]	22,4 ± 5,0	2 [6,75 à - 2,75]
	S n :10	18,7 ± 6,0	20,2 ± 6,1		20,4 ± 5,1	

Tableau 7 : Résultats des mesures de la force avec S+E le groupe expérimental et S le groupe contrôle

Filipovic 2016 :

Dans cet article les résultats sont sous forme de diagramme à bandes avec une barre d'erreur indiquant l'écart-type. Cette mise en page a rendu complexe la lecture des résultats ainsi que de l'écart-type car la différence entre chaque résultat se compte en dixième de millimètre ce qui ne m'a pas permis de mesurer les écart types et les résultats avec une grande précision. J'ai d'ailleurs considéré que les écarts-types étaient illisibles, car trop petits. J'ai donc calculé uniquement les tailles d'effets, et je me suis fiée à la valeur de p donnée dans l'article.

Groupes	Mesure 1 semaine avant le traitement	Mesure à 8 semaines	Taille de l'effet	Mesure à 15 semaines	Taille de l'effet
EG n :12	1,67	1,91*	0,33	2*	0,38
TG n :10	1,58	1,58#		1,62#	

*Tableau 8 : Résultats des mesures de la force dans l'étude avec EG le groupe expérimentale et TG le groupe contrôle. * = $p < 0,01$ vs mesure 1 semaine avant le traitement et # = $p < 0,05$ vs EG*

Dörmann et al 2019 :

Groupes	Mesure avant le traitement	Mesure à 5 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 7 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	
LP (N)	S+E n :11	2905 ± 565	3087 ± 706	350 [960,86 à - 260,86]	2719 ± 781	100 [666,28 à - 466,28]
	S n :11	2616 ± 656	2737 ± 667		2619 ± 448	
	S+E n :11	725 ± 116	843 ± 177		857 ± 168	
LC (N)	S n :11	722 ± 243	859 ± 161	-16 [134,49 à - 166,49]	813 ± 195	44 [205,88 à - 117,88]
	S+E n :11	1507 ± 202	1657 ± 330		1697 ± 337	
	S n :11	1445 ± 255	1566 ± 277		1622 ± 258	
LE (N)	S+E n :11	1507 ± 202	1657 ± 330	91 [361,98 à - 179,98]	1697 ± 337	75 [341,94 à - 191,94]
	S n :11	1445 ± 255	1566 ± 277		1622 ± 258	
	S+E n :11	725 ± 116	843 ± 177		857 ± 168	

Tableau 9 : Résultats des mesures de la force de l'étude avec S+E le groupe expérimental et S le groupe contrôle

Micke et al 2018 :

Groupes	Mesure avant le traitement	Mesure à 9 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 11 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	
LP (N)	INT n :9	3255 ± 555	3526 ± 769	187 [908,18 à -534,18]	3744 ± 829	227 [1017,91 à -563,91]
	CON n :9	2905 ± 566	3339 ± 671		3517 ± 752	
LC (N)	INT n :9	1334 ± 192	1422 ± 198	83 [291,62 à -125,62]	1455 ± 233	91 [292,34 à -110,34]
	CON n :9	1348 ± 176	1339 ± 219		1364 ± 164	
LE (N)	INT n :9	2602 ± 367	2781 ± 361	267 [569,09 à -35,09]	2803 ± 291	249 [534,36 à -36,36]
	CON n :9	2502 ± 340	2514 ± 229		2554 ± 280	

Tableau 10 : résultats des mesures de la force de l'étude avec INT le groupe expérimental et CON le groupe contrôle

3.3.2 Critère de jugement : la puissance

Wirtz et al 2016 :

Groupes		Mesure 1 semaine avant le traitement	Mesure à 7 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 9 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
LP (W.kg ⁻¹)	S+E n :10	21,1 ± 3,6	22,3 ± 3,7	2,8 [6,72 à -1,12]	23,1 ± 4,5	2,1 [6,33 à -2,13]
	S n :10	19,6 ± 4,7	19,5 ± 4,6		21 ± 4,5	
LC (W.kg ⁻¹)	S+E n :10	9,8 ± 1,1	10,9 ± 1,5	1,8 [3,31 à 0,29]	10,5 ± 1,3	1,2 [2,84 à -0,44]
	S n :10	9,1 ± 2	9,1 ± 1,7		9,3 ± 2,1	

Tableau 11 : Résultats des mesures de la puissance de l'étude

Dörmann 2019 :

Dans cette étude il y a eu deux mesures de la puissance une avec une charge supplémentaire de 60% (tableau 12) et une avec une charge supplémentaire de 40% (tableau 13)

Groupes		Mesure avant le traitement	Mesure à 5 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 7 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
LP (W)	S+E n :11	742 ± 161	837 ± 140	0 [169,89 à -169,89]	804 ± 158	-93 [69,78 à -255,78]
	S n :11	820 ± 250	837 ± 231		897 ± 205	
LC (W)	S+E n :11	405 ± 81	445 ± 94	12 [101,11 à -77,11]	449 ± 95	8 [89,44 à -73,44]
	S n :11	382 ± 98	433 ± 106		441 ± 88	
LE (W)	S+E n :11	663 ± 143	707 ± 154	-13 [114,16 à -140,16]	684 ± 145	-93 [28,65 à -214,65]
	S n :11	714 ± 185	720 ± 131		777 ± 128	

Tableau 12 : Puissance maximale avec une charge supplémentaire de 60%

Groupes		Mesure avant le traitement	Mesure à 5 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 7 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
LC (N)	S+E n :11	339 ± 81	400 ± 100	10 [121,5 à -101,5]	392 ± 94	-30 [57,7 à -177,7]
	S n :11	333 ± 107	390 ± 102		422 ± 103	
LE (N)	S+E n :11	691 ± 150	768 ± 171	-44 [121,02 à -209,02]	784 ± 204	-11 [157,23 à -179,23]
	S n :11	717 ± 193	812 ± 199		795 ± 173	

Tableau 13 : Puissance maximale avec une charge supplémentaire de 40%

Micke et al 2018 :

	Groupes	Mesure avant le traitement	Mesure à 9 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 11 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
LP (W)	INT n :9	1674 ± 285	1710 ± 324	212 [518,79 à -94,79]	1774 ± 279	277 [546,49 à -7,51]
	CON n :9	1361 ± 251	1498 ± 289		1497 ± 260	
LC (W)	INT n :9	718 ± 205	774 ± 130	62 [184,18 à -60,18]	832 ± 190	113 [267,79 à -41,79]
	CON n :9	647 ± 97	712 ± 114		719 ± 109	
LE (W)	INT n :9	1141 ± 236	1199 ± 184	98 [284,90 à -88,90]	1225 ± 223	102 [308,56 à -104,56]
	CON n :9	1036 ± 169	1101 ± 190		1123 ± 189	

Tableau 14 : Résultats des mesures de la puissance de l'étude

3.3.3 Critère de jugement : la hauteur et la longueur de saut**Wirtz et al 2016 :**

	Groupes	Mesure 1 semaine avant le traitement	Mesure à 7 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 9 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
SJ (cm)	S+E n :10	34,6 ± 2,1	36,01 ± 3,3	-2,26 [1,56 à -6,08]	37,6 ± 5,2	-2,7 [2,48 à -7,88]
	S n :10	34,9 ± 4,9	38,27 ± 4,7		40,3 ± 5,8	
CMJ (cm)	S+E n :10	38,4 ± 3,1	40,4 ± 3,7	-2 [2,63 à -6,63]	41,1 ± 4,4	-1,9 [2,68 à -6,48]
	S n :10	39,3 ± 5,6	42,4 ± 5,9		43,0 ± 5,3	

Tableau 15 : Résultats des mesures de la puissance de l'étude

Filipovic et al 2016 :

	Groupes	Mesure 1 semaine avant le traitement	Mesure à 8 semaines	Taille de l'effet	Mesure à 15 semaines	Taille de l'effet
SJ (cm)	EG n :12	36,11	37,22	0,55	38,61*§	-0,83
	TG n :10	39,44	36,67*		39,44§	
CMJ (cm)	EG n :12	37,22	37,78	-1,66	40*§	-1,11
	TG n :10	40,56	39,44		41,11*	

Tableau 16 : Résultats des mesures de la hauteur de saut avec EG groupe expérimental et TG groupe contrôle.

* : p<0,05 vs mesure à une semaine avant le traitement et §<0,05 vs la mesure à 7 semaines

Dörmann et al 2019 :

	Groupes	Mesure avant le traitement	Mesure à 5 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 7 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
SLJ (longueur en cm)	S+E n :11	148,82± 17,13	159,30 ± 14,67	-2,25 [-10,82 à 15,32]	158,64± 13,24	-8 [-4,08 à 20,08]
	S n :11	155,55 ± 8,78	161,55 ± 14,71		166,64 ± 13,91	
SJ (hauteur en cm)	S+E n :11	25,25 ± 3,79	27,17 ± 3,59	-1,81 [-1,92 à 5,54]	27,58 ± 4,66	-2,88 [-1,26 à 7,02]
	S n :11	28,59 ± 4,03	28,98 ± 4,72		30,46 ± 4,65	
CMJ (hauteur en cm)	S+E n :11	27,36 ± 3,83	28,89 ± 3,14	-3,19 [-0,38 à 6,76]	30,97 ± 4,70	-2,39 [-1,95 à 6,73]
	S n :11	30,54 ± 3,89	32,08 ± 4,72		33,36 ± 5,05	
DJ (hauteur en cm)	S+E n :11	25,21 ± 2,66	27,04 ± 3,03	2,44 [6,97 à -2,09]	27,53 ± 3,35	3,32 [7,28 à -0,64]
	S n :11	24,85 ± 4,69	24,60 ± 6,53		24,21 ± 5,34	

Tableau 17 : Résultats des mesures de la longueur et de la hauteur de saut de l'étude

Micke et al 2018 :

	Groupes	Mesure avant le traitement	Mesure à 9 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 11 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
SJ (hauteur en cm)	INT n : 9	36,34 ± 6,09	38,28 ± 5,73	1,71[7,37 à -3,95]	40,17 ± 6,19	1,69 [7,02 à -3,64]
	CON n :9	34,89 ± 3,02	36,57 ± 5,59		38,48 ± 4,30	
CMJ (hauteur en cm)	INT n :9	42,48 ± 7,46	41,93 ± 6,21	0,87 [6,46 à -4,72]	43,50 ± 6,93	2,47 [8,48 à -3,54]
	CON n :9	39,18 ± 4,36	41,06 ± 4,89		41,03 ± 4,92	
DJ (hauteur en cm)	INT n :9	31,60± 4,94	33,16 ± 3,74	0,42 [4,26 à -3,42]	33,63 ± 3,44	0,23 [3,62 à -3,16]
	CON n :9	31,50 ± 4,10	32,74 ± 3,94		33,40 ± 3,34	
SLJ (longueur en cm)	INT n :9	225,33 ± 17,99	232,22 ± 15,50	-3,11 [-13,46 à 19,68]	240,11 ± 17,97	-0,45 [19,09 à -19,99]
	CON n :9	224 ± 14,82	235,33 ± 17,59		240,56 ± 21,02	

Tableau 18 : Résultats des mesures de la longueur et de la hauteur de saut de l'étude

3.3.4 Critère de jugement : le temps sprint

Wirtz et al 2016 :

	Groupes	Mesure 1 semaine avant le traitement	Mesure à 7 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 9 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
Sprint Linéaire sur 30m (s)	S+E n :10	4,21 ± 0,09	4,24 ± 0,11	0,02 [-0,11 à 0,15]	4,24 ± 0,09	0,06 [-0,07 à 0,19]
	S n :10	4,28 ± 0,17	4,26 ± 0,16		4,3 ± 0,17	
Sprint pendulaire 3x10m (s)	S+E n :10	7,52 ± 0,18	7,4 ± 0,2	0 [-0,19 à 0,19]	7,34 ± 0,2	0,13 [-0,05 à 0,31]
	S n :10	7,55 ± 0,19	7,4 ± 0,21		7,47 ± 0,18	

Tableau 19 : Résultats des mesures du temps de sprint de l'étude

Filipovic et al 2016 :

	Groupes	Mesure 1 semaine avant le traitement	Mesure à 8 semaines	Taille de l'effet	Mesure à 15 semaines	Taille de l'effet
Sprint linéaire 30m (sec)	EG n :12	4,25	4,25	-0,08	4,27	-0,1
	TG n :10	4,12	4,17		4,17	
Sprint avec changement de direction 15m (sec)	EG n :12	3,28	3,13*	0	3,08*	0
	TG n :10	3,18	3,13		3,08	

Tableau 20 : mesure du temps de sprint avec EG le groupe expérimental TG le groupe contrôle. *: $p < 0,05$ vs mesure 1 semaine avant le traitement

Dörmann et al 2019 :

	Groupes	Mesure avant le traitement	Mesure à 5 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 7 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
Sprint linéaire 30m (s)	S+E n :11	4,80 ± 0,23	4,75 ± 0,19	-0,08 [-0,26 à 0,10]	4,69 ± 0,24	-0,09 [-0,29 à 0,11]
	S n :11	4,73 ± 0,20	4,67 ± 0,21		4,60 ± 0,21	
Sprint avec changement de direction (s)	S+E n :11	8,72 ± 0,36	8,67 ± 0,25	-0,05 [-0,26 à 0,16]	8,56 ± 0,33	-0,11 [-0,35 à 0,13]
	S n :11	8,62 ± 0,33	8,62 ± 0,23		8,45 ± 0,19	

Tableau 21 : Résultats des mesures du temps de sprint de l'étude

Micke et al 2018 :

	Groupes	Mesure avant le traitement	Mesure à 9 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%	Mesure à 11 semaines	Taille de l'effet et IC à 95%
Sprint linéaire (s)	INT	4,16 ±	4,29 ±	-0,06[-0,22 à 0,1]	4,18 ±	0,01 [0,14 à -0,16]
	n : 9	0,10	0,10		0,13	
	CON	4,24 ±	4,23 ±		4,19 ±	
	n :9	0,22	0,20		0,17	
Sprint avec changement de direction (s)	INT	7,19 ±	7,19 ±	-0,08 [-0,36 à 0,2]	7,13 ±	-0,02 [-0,29 à 0,25]
	n :9	0,19	0,30		0,29	
	CON	7,25 ±	7,11 ±		7,11 ±	
	n :9	0,36	0,25		0,25	

Tableau 22 : Résultats des mesures du temps de sprint de l'étude

4. Discussion

4.1 Analyse des résultats

4.1.1 Analyse sur la force

Filipovic et al 2019 :

Dans cette étude on ne remarque pas un gain de force significatif du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle, que cela soit sur la LP ou la LC. Bien que les tailles d'effets soient positives, elles restent minimales puisqu'elles se rapprochent de 0. De plus leurs intervalles de confiance à 95% sont grands et nous indiquent que l'on peut retrouver une amélioration ou une détérioration de la force. Ceci est valable pour la comparaison entre le groupe EG et le groupe TG mais aussi entre le groupe EG et CG excepté sur la mesure de la force sur la LC. En effet on retrouve une taille d'effet positive et un IC à 95% compris entre deux bornes positives pour l'évaluation sur la LC. Il faut tout de même rester prudent puisque l'effet de l'électrostimulation à corps entier peut s'approcher de 0 comparé à des participants qui n'effectuent rien de plus que leur routine sportive habituelle.

Wirtrz et al 2016 :

Cet article nous rapporte, un gain de force significatif du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle, sur la LC à 7 semaines et à 9 semaines du début de l'étude. En effet concernant le gain de force des ischio-jambiers on retrouve des tailles d'effets positives et des intervalles de confiance positifs. Il faut noter tout de même qu'à 7 semaines la borne basse de l'IC à 95% est proche de 0 cela signifie que tous les participants auront une amélioration de la force des ischio-jambiers, mais chez certains l'amélioration sera de 0,56 ce qui me paraît faible. L'augmentation de la force des ischio-jambiers n'est pas immédiate au traitement, puisque les résultats mesurés deux semaines après l'arrêt de l'étude sont meilleurs que ceux mesurés à la fin de l'étude.

Concernant les autres mesures, elles ne sont pas suffisantes pour me permettre de conclure d'une quelconque efficacité de l'électrostimulation à corps entier sur la force d'un autre groupe musculaire, car même si les tailles d'effets sont positives, les intervalles de confiance sont trop larges et toujours compris entre une valeur positive et une valeur négative. Ce qui montre que chez certains sujets on va même observer une baisse de la force.

Je remarque que l'effet de l'électrostimulation à corps entier est simultané à son application, pour le quadriceps, les IJ, les fessiers, les adducteurs et le TS sollicités en chaîne cinétique fermée sur la LP, puisqu'on observe une diminution de la taille d'effet et de l'intervalle de confiance à 9 semaines par rapport au test de la 7^{ème} semaine.

Alors que l'effet est plus tardif pour les IJ sur la LC, ou les PV sur la BE, avec une taille d'effet plus importante 2 semaines après l'arrêt de la stimulation. Concernant les abdominaux, que ce soit à la fin du traitement ou deux semaines après la fin la taille d'effet est trop faible pour exprimer si l'effet est immédiat ou tardif.

Filipovic 2016 :

Dans cette étude les résultats ne sont pas significatifs, puisque même si les tailles d'effets sont positives que ce soit à 7 semaines du début de l'étude (soit à la moitié de celle-ci) ou à la fin de l'étude, à 14 semaines, elles restent trop faibles et trop proches de 0. L'auteur note que p est inférieur à 0,05 cela signifie que cette amélioration n'est pas uniquement due au hasard, mais au traitement. [56] Le faible taux d'amélioration ne me permet pas de confirmer l'efficacité de l'électrostimulation à corps entier.

Dörmann et al 2019 :

Après l'analyse des résultats de cette étude, on remarque qu'ils ne sont pas assez significatifs pour conclure de l'efficacité de l'électrostimulation à corps entier sur la force. En effet, on obtient des tailles d'effets positives sauf pour le test mené à la 5^{ème} semaine sur la LC où l'on retrouve une taille d'effet négative de -16. Tous les intervalles de confiance sont compris entre une borne positive et une borne négative. Cela signifie que l'on peut retrouver un effet positif avec une nette amélioration ou un effet négatif avec une diminution de la force qui peut s'avérer très grande.

Tout comme dans l'article de Wirtz et al je remarque que l'on retrouve un effet tardif de l'électrostimulation à corps entier sur la force des IJ sur la machine à flexion des genoux, et un effet simultané à l'expérimentation pour le quadriceps, les IJ, les fessiers, les adducteurs et le TS sollicités en chaîne cinétique fermée sur la LP.

Micke et al 2018 :

Les résultats obtenus dans cette étude, ne sont pas assez significatifs, pour témoigner de l'efficacité de l'application de l'électrostimulation à corps entier pendant 8 semaines sur le gain de force. J'observe que les tailles d'effets sont positives que ce soit pour la LP, la LC ou la LE. En revanche, les IC à 95%, sont compris entre une borne négative et une borne positive, même si pour certains, la borne haute, témoignant de l'augmentation maximale que l'on puisse observer, peut s'avérer très positive. La borne négative nous montre que l'effet retrouvé peut parfois être délétère et diminuer la force des participants.

Dans cette étude, je vois que l'arrêt de la stimulation entraîne une diminution de la force du quadriceps en chaîne cinétique ouverte sur la LE, alors que cela va entraîner une augmentation de la force du quadriceps, des IJ, des fessiers, des adducteurs et du TS sollicités en chaîne cinétique fermée sur la LP et des ischio-jambiers sur la LC.

4.1.2 Analyse sur la puissance

Wirtz et al 2016 :

Dans cette étude on remarque une amélioration significative de la puissance des IJ mesurée à la 7^{ème} semaine sur la LC. En effet la taille d'effet est positive (1,8) et l'IC à 95% est compris entre 3,31 et 0,29. Cette amélioration reste relative car dans certains cas elle se rapproche de 0, mais elle est dans tous les cas en faveur d'une amélioration de la puissance des IJ. Ceci n'est valable que pour la mesure à la fin de l'étude, puisque 2 semaines après l'arrêt du traitement la taille d'effet est inférieure et l'intervalle de confiance, n'est plus compris entre deux bornes positives. Ceci indique que cette amélioration ne serait valable que pendant l'application de l'électrostimulation à corps entier. Pour les autres valeurs, les résultats ne sont pas significatifs malgré les tailles d'effets positives, les IC à 95% sont compris entre une borne positive et une borne négative et nous indiquent que chez certains sujets on peut retrouver une diminution de la puissance.

Ainsi l'électrostimulation à corps entier a un effet significatif uniquement sur la puissance des IJ, après une application de 6 semaines, 2 fois par semaine, et couplée à des séries de squats.

Dörmann et al 2019 :

Dans cette étude, les résultats obtenus témoignent d'une détérioration de la puissance suite à l'application de l'électrostimulation à corps entier. En effet, que la puissance soit testée avec une charge supplémentaire de 40% ou de 60%, la majorité des résultats ont des tailles d'effets négatives, bien que les IC à 95%, possèdent une borne positive, ceci signifiant que chez certains sujets on retrouve une amélioration, chez d'autres (et la majorité d'entre eux) l'intervention à un effet délétère. Dans les autres cas où la taille d'effet est positive, les IC à 95% sont compris entre une borne positive et négative. A noter, que les valeurs de la puissance diminuent après les deux semaines d'arrêt de la stimulation excepté pour la valeur de la puissance du quadriceps en chaîne cinétique ouverte avec une charge supplémentaire de 40%, où l'effet est majoré deux semaines après l'arrêt du protocole.

Toutes ces valeurs me permettent d'affirmer que l'application de l'électrostimulation pendant 4 semaines couplée à des exercices de force, de saut et de sprint, n'a pas d'effet positif sur le gain de puissance, et même au contraire plutôt un effet délétère avec une diminution de celle-ci.

Micke et al 2018 :

Dans cet article les résultats ne sont pas assez concluants pour témoigner d'un effet significatif de l'électrostimulation sur la puissance. Les tailles d'effets sont toutes positives, en revanche les IC à 95% ont une borne positive et une borne négative, même si la borne positive est beaucoup plus haute que la borne négative, on peut quand même retrouver des participants chez qui l'électrostimulation à corps entier entraîne une perte de puissance par rapport au groupe qui ne reçoit rien.

On peut noter que deux semaines après l'arrêt de l'électrostimulation à corps entier on observe une diminution de la taille d'effet de la puissance du quadriceps en chaîne cinétique ouverte, et une augmentation de la taille d'effet de la puissance des IJ en chaîne cinétique ouverte, et des fessiers et du quadriceps en chaîne cinétique fermée.

4.1.3 Analyse sur le saut

Wirtz et al 2016 :

Dans cette étude, on observe une diminution de hauteur de saut pour le groupe recevant l'électrostimulation à corps entier sur les SJ ou les CMJ. En effet pour les tests effectués à 7 semaines et ceux à 9 semaines, on observe des tailles d'effets négatives. Les IC à 95% ont tous une borne positive et une borne négative. Cela signifie que pour certains participants à l'étude on retrouve tout de même une amélioration de quelques centimètres à leur hauteur de saut. Malgré cela il y a plus de risque que les participants ayant reçu l'électrostimulation à corps entier aient une diminution de leur hauteur de saut.

Ainsi l'électrostimulation à corps entier ne permet pas une amélioration systématique de la hauteur de saut.

Filipovic et al 2016 :

L'auteur n'évoque la valeur de p uniquement pour une comparaison intra-groupe ce qui ne m'intéresse pas. Je me suis donc uniquement basée sur les tailles d'effets. À 7 semaines du début de l'expérimentation on retrouve une différence intergroupe de 0,55 et à 14 semaines de -0,83 pour les SJ. Pour le CMJ à 7 semaines la taille d'effet est négative de -1,66 et de -1,11 à 14 semaines. Il est important de noter que lors des mesures faites avant le début de l'expérimentation, bien que randomisés les deux groupes partaient avec une légère différence.

N'ayant pas pu calculer l'IC à 95% je peux tout de même affirmer que le traitement mis en place, n'a pas de réelle efficacité sur le gain centimétrique de hauteur de saut, en effet soit les tailles d'effets sont négatives, soit elles sont très proches de 0.

Dörmann et al 2019 :

Dans cet article les auteurs évaluent plusieurs types de saut, concernant la mesure en longueur, du SLJ, la hauteur du SJ ou du CMJ, les tailles d'effets sont négatives, que ce soit au test à la fin de l'étude (à 5 semaines) ou 2 semaines après la fin de l'expérimentation (à 7 semaines). Les IC à 95% sont compris entre une borne négative et positive ce qui signifie que malgré la taille d'effet négative chez certains sujets on peut retrouver un gain de la longueur ou de la hauteur de saut. Il est important de noter, que l'on retrouve une légère différence entre le groupe contrôle et le groupe expérimental dès le début. En effet même si les participants ont été répartis aléatoirement dans chacun des groupes on retrouve une différence pouvant aller jusqu'à 7cm d'écart entre les deux groupes, ce qui est une différence non négligeable. Le groupe contrôle partait dès le début avec des sauts plus haut, ou plus long. Pour le DJ la taille d'effet est positive et les IC à 95% ont une borne positive et une borne négative.

Même si l'on retrouve une taille d'effet positive, dans le cas du DJ, on ne peut pas affirmer que l'électrostimulation à corps entier est efficace sur le gain centimétrique de la hauteur ou de la longueur de saut à cause de la grandeur des IC à 95%.

Micke et al 2018 :

Dans cette étude, le SJ et le CMJ, ont des tailles d'effets positives et des IC à 95% compris entre une borne négative et positive. Le DJ a une taille d'effet également positive mais très proche de 0 ce qui signifie proche de l'absence d'effet. Le SLJ à une taille d'effet négative à 9 semaines, et une positive mais proche de 0 à 11 semaines.

Pour toutes les valeurs données les IC à 95% nous indiquent que chez certains sujets on retrouve un effet bénéfique avec une augmentation de la hauteur de saut ou de la longueur de saut mais cela nous indique aussi que chez certains il n'y a aucun effet voire cela peut diminuer la hauteur ou la longueur de saut. L'application de ce protocole n'améliore pas systématiquement la hauteur ou la longueur de saut des participants.

4.1.4 Analyse sur le sprint

Wirtz et al 2016 :

Les tailles d'effet sont positives mais très proches de 0, on retrouve une différence qui se joue au centième de seconde, pour les sprints linéaire ou pendulaire. On observe même une taille d'effet égale à 0 pour le sprint pendulaire lors du test à 7 semaines. Tous les IC à 95% sont compris entre des valeurs positives et négatives, donc l'électrostimulation à corps entier peut entraîner une amélioration du temps de sprint, aucun effet ou une détérioration du temps de sprint.

Filipovic et al 2016 :

Les tailles d'effets mesurées dans cet article, sont pour le sprint linéaire de 30 mètres négatives, -0,08 secondes à 7 semaines et -0,1 secondes à 14 semaines. Et pour le sprint pendulaire de 15 mètres, elles sont égales à 0. Ainsi dans cet article, l'électrostimulation à corps entier a un effet nul ou néfaste sur le temps de sprint. Dans l'idéal il serait nécessaire d'avoir les écarts-types afin de calculer l'IC à 95% pour conclure si l'électrostimulation peut apporter tout de même des effets bénéfiques au temps de sprint chez certains participants.

Dörmann et al 2018 :

Pour les deux types de sprints (pendulaire ou linéaire) on retrouve une taille d'effet négative que ça soit à 4 ou 6 semaines de tests. Cela signifie que les sujets recevant l'électrostimulation à corps entier mettent plus de temps à parcourir le trajet indiqué que les sujets du groupe contrôle. Les IC à 95% sont compris entre une borne positive et une borne négative, cela montre que tout de même chez certains sujets, on va retrouver une amélioration de leur temps de sprint. Il est notable de remarquer que les deux groupes possèdent des mesures de départ différentes, ce qui peut fausser l'interprétation des résultats. Dès le début le groupe contrôle mettait moins de temps sur les deux sprints. Ces résultats ne me permettent pas d'affirmer de l'efficacité systématique de l'électrostimulation à corps entier sur le temps de sprint.

Micke et al 2018 :

On retrouve des tailles d'effets négatives pour le sprint pendulaire à 9 et 11 semaines de test, et à 9 semaines de test pour le sprint linéaire. Pour le test à 11 semaines du sprint linéaire, la taille d'effet est positive mais très minime puisqu'elle est égale à 0,01. Les IC à 95% sont tous compris entre une borne positive et une borne négative, donc les effets de l'électrostimulation à corps entier sur le temps de sprint, peuvent être une diminution, une augmentation du temps ou aucun effet. Ainsi les effets sont trop vastes pour affirmer de l'efficacité de l'électrostimulation à corps entier. J'ai remarqué que les deux groupes n'avaient pas les mêmes mesures de départ, et le groupe expérimental possédait le plus petit temps aux deux sprints.

4.1.5 Conclusion générale

Le tableau suivant, indique en résumé sur quels critères de jugement, l'application de l'électrostimulation à corps entier a eu un effet jugé significatif ou non.

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

	Force	Puissance	Sauts	Sprint
Filipovic et al 2019	Effet non significatif	NT	NT	NT
Wirtz et al 2016	Effet significatif uniquement sur l'augmentation de force des IJ	Effet significatif uniquement sur l'augmentation de puissance des IJ	Effet non significatif en faveur d'un effet négatif	Effet non significatif
Filipovic et al 2016	Effet non significatif	NT	Effet non significatif en faveur d'un effet négatif	Effet non significatif plutôt en faveur d'un effet nul ou négatif
Dörmann et al 2019	Effet non significatif	Effet non significatif et plutôt en faveur d'un effet négatif	Effet non significatif en faveur d'un effet négatif	Effet non significatif en faveur d'un effet négatif
Micke et al 2018	Effet non significatif	Effet non significatif	Effet non significatif	Effet non significatif en faveur d'un effet négatif

Tableau 23 : Résumé des conclusions observées dans chaque article avec NT = Non Testé

Pour résumer les résultats ne montrent pas d'effet assez concluant pour en déduire une véritable efficacité de l'électrostimulation à corps entier, c'est-à-dire que même si l'on retrouve une taille d'effet positive, les IC à 95% nous indiquent que chez certains participants aux études on retrouve tout de même une dégradation du critère de jugement étudié ou un effet nul.

Seulement l'étude de Wirtz et al 2016 présente des résultats significatifs, ces résultats sont positifs sur le gain de force et de puissance des IJ en chaîne cinétique ouverte. Mais la taille d'effet reste tout de même faible avec un gain qui est dans les deux cas relativement minime. Il faut noter que l'effet se retrouve dès la fin de l'expérimentation concernant la force des IJ mais également deux semaines après la fin de celle-ci. Pour la puissance l'effet est retrouvé uniquement à la fin du protocole, deux semaines après l'arrêt du traitement la taille d'effet a diminuée. J'en déduis que la force s'observe à partir de 6 semaines de traitement et augmente même après l'arrêt du protocole. L'effet de la force est donc décalé dans le temps par rapport à l'application du traitement, alors que pour la puissance, l'effet est immédiat après les 6 semaines de traitement et diminue avec l'arrêt de l'électrostimulation.

Ainsi une bonne application de l'électrostimulation à corps entier pour un gain de force et de puissance des IJ, serait 12 sessions pendant 6 semaines d'électrostimulation à corps entier couplées à une série de squats chargées à 50% de la 10 RM et trois séries de squats chargées à 100% de la 10RM.

Concernant les autres critères de jugement, qui sont la hauteur ou la longueur de saut, et le temps de sprint, les résultats des quatre études les analysant, ne sont pas assez significatifs, pour affirmer que l'électrostimulation à corps entier entraînerait une amélioration de ceux-ci. On observe même que dans l'étude de Wirtz et al 2016, l'électrostimulation à corps entier appliquée pendant six semaines aurait une forte tendance à entraîner une diminution de la hauteur de saut. Il en est de même pour l'étude de Dörmann et al 2019, où l'on observe le même phénomène pour la puissance, les sauts et le temps de sprint, les tailles d'effets sont majoritairement négatives, ce qui indiquerait que le protocole appliqué diminuerait les capacités des participantes, sur ces critères de jugements.

Dans l'étude de Micke et al 2018, on observe une tendance à la perte de temps de sprint avec une taille d'effet négative sur ce critère.

Toutefois il faut noter que pour chaque critère concerné, la diminution observée n'est pas systématique puisque les IC à 95% nous montrent que chez certains sujets on retrouve tout de même un effet positif, c'est juste une tendance à remarquer.

Les résultats obtenus dans cette revue de littérature sont trop peu significatifs pour affirmer que l'électrostimulation à corps entier améliore l'athlétisation des sportifs systématiquement.

4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Il est important de se rendre compte si en dehors du contexte expérimental ce type de protocole semble applicable dans une prise en charge d'un sportif. Pour cela il est important de constater si la population étudiée dans les articles est représentative d'une population que l'on pourrait retrouver dans les clubs de sports. Il faut également s'intéresser à l'intervention, si elle est suffisamment décrite pour être réalisée, au comparateur de l'intervention et aux critères de jugement pour lesquels on retrouve un effet bénéfique, afin de connaître la place de mon traitement dans une routine sportive. Je me suis également intéressée au coût d'un tel dispositif et à la balance bénéfices-risques.

4.2.1 La population étudiée

Dans cette revue le traitement s'applique à des sportifs de bon niveau, où même des professionnels pour l'article de Filipovic et al 2016. Les participants, toutes études confondues, ont entre 18 et 30 ans. On retrouve des sujets pratiquant des sports différents, comme du football, du fitness, des sports de combat, du basketball, du handball, du badminton, du skeleton ou du tennis. L'étude de Dörmann et al 2019 ne précise pas les sports pratiqués par ses participants. Les auteurs ont différencié les femmes et les hommes, seule l'étude de Dörmann et al 2019, s'applique uniquement sur des femmes, les quatre autres études ne s'appliquent que sur des hommes. Un point négatif est que les études appliquent leur expérimentation sur une faible population puisqu'il y a entre 9 et 11 patients par groupe sur les différentes études, l'échantillon est faible pour observer correctement toutes les réactions possibles en réponse au traitement.

La population testée représente un échantillon fiable de personnes que l'on pourrait retrouver dans des salles de sport par exemple, en revanche le nombre de participants dans chaque étude est trop faible, pour connaître les résultats de son application à grande échelle.

4.2.2 L'intervention et l'outil de mesure

La mise en place de l'électrostimulation à corps entier, est bien détaillée pour chacun des articles, on connaît systématiquement les muscles stimulés, les réglages de l'électrostimulation, comme le type de courant, sa fréquence, sa largeur d'impulsion et son intensité.

La durée générale de l'étude est également bien précisée. En revanche la durée d'une séance n'est pas toujours décrite notamment dans l'étude de Wirtz et al 2016 et celle de Dörman 2019, où on ne connaît pas le temps de l'application durant une session. La pratique physique associée à l'électrostimulation est bien décrite excepté l'étude de Wirtz et al 2016 qui ne précise pas le nombre de répétitions de squats effectués. Ces précisions nous permettent de réaliser les différentes expérimentations décrites, sauf celle de Wirtz et al en 2016 qu'on ne pourra pas reproduire à l'identique, ce qui est contraignant, étant donné que c'est la seule étude possédant des résultats relativement concluants.

Il faut savoir qu'un guide de bonne utilisation a été rédigé par W. Kemmler et al en 2016, afin de rendre l'électrostimulation à corps entier le plus efficace possible et le moins nocif. Ce guide conseille, que l'entraîneur soit formé en électrostimulation à corps entier pour que les participants soient encadrés par un professionnel et qu'il réalise un interrogatoire du sujet avant chaque début de session et en cas d'anomalie, une autorisation du médecin doit être délivrée avant de commencer toute prise en charge. Le sujet doit avoir une bonne hygiène de vie, une bonne alimentation et une bonne hydratation. Il est fortement recommandé qu'une séance de conditionnement soit réalisée avant le début de l'entraînement, afin d'adapter le corps à cette stimulation. La durée d'intervention ne doit pas dépasser 20 minutes. Dans ce guide il est écrit, qu'il est préférable de ne pratiquer qu'une séance par semaine pendant 8 à 10 semaines, et qu'ensuite on peut augmenter la fréquence de séance mais en gardant toujours un délai de 4 jours entre chaque session. [57] (*Voir annexe 10*)

Les protocoles étudiés ne respectent pas toutes les recommandations notamment le délai entre chaque session. Afin de rendre plus applicable les essais cliniques randomisés il serait intéressant qu'ils respectent ces recommandations.

Les outils de mesures diffèrent en fonction des critères de jugement mesurés, mais ce sont des dispositifs nécessitant peu de participation humaine. En effet ce sont des capteurs qui permettent de relever, la force la puissance, ou des capteurs infrarouges détectant le moindre mouvement pour déclencher le départ du chronomètre lors des sprints, ou pour déterminer la valeur de la hauteur ou la longueur du saut. Ceci permet de donner des résultats plus fiables, il faut tout de même que l'évaluateur dispose correctement les différents capteurs pour mesurer au mieux les critères de jugement. Si l'on veut être aussi fiable que dans les articles, il faudra se procurer ces outils de mesures.

4.2.2 Le comparateur utilisé

Dans chaque étude le groupe expérimental est comparé au groupe contrôle qui effectue exactement le même protocole mais sans le dispositif d'électrostimulation à corps entier, autrement dit, l'intervention est comparée à un traitement alternatif qui est très semblable à celui testé.

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

Un argument de vente principal pour beaucoup de marque d'électrostimulation à corps entier, est que 20 minutes d'électrostimulation à corps entier permettraient d'obtenir le même résultat qu'au bout de 4 heures de sport plus « traditionnel ». Cet argument n'a pas pu être vérifié puisque dans les études, le groupe contrôle effectuait les mêmes exercices pendant la même durée de temps que le groupe expérimental.

4.2.2 Le critère de jugement utilisé

Parmi tous les critères de jugement évalués, selon ma revue de littérature l'électrostimulation à corps entier, serait relativement efficace dans le gain de force et de puissance mais selon une application très précise et valable dans cette revue uniquement sur les ischios jambiers en chaîne cinétique ouverte. Pour l'amélioration de la longueur ou la hauteur de saut et le temps de sprint, l'électrostimulation à corps entier ne semble pas être la solution.

4.2.3 Le coût

Il faut savoir que cette technologie a un coût pour le praticien ou pour l'utilisateur. Le professionnel qui souhaite acquérir ce type d'équipement devra déboursé 15000 euros pour s'équiper [46]. Pour les particuliers les séances dans les salles sont proposées à environ 40 euros par séance pour une durée de 20 minutes [58]. D'autres dispositifs, plus réduits et sans réelle surveillance, stimulant moins de muscles et mis sous forme de patchs, sont au prix de 80 euros sur internet. Les particuliers le commandent et s'en servent seuls à la maison, ainsi cette technologie représente un coût non négligeable.

4.2.4 La balance bénéfiques-risques

L'électrostimulation à corps entier, n'est pas un traitement sans conséquence. En effet des études ont évalué les conséquences néfastes que peuvent apporter ce type de protocole et plusieurs inconvénients ressortent. On retrouve une plus grande fatigue musculaire avec des douleurs qui apparaissent, ceci pourrait être lié au fait que l'électrostimulation stimule en priorité les unités motrices proche des électrodes, les unités motrices les plus superficielles contiennent des fibres musculaires de type II, soit les fibres fatigables. Alors que physiologiquement le recrutement des unités motrices suit la loi de taille de Henneman, il y a donc une logique dans l'ordre de recrutement des unités motrices en fonction du travail musculaire fourni, permettant une économie d'énergie et une protection physiologique du muscle. [39][59]

On retrouve également une augmentation de la créatine kinase lors de l'application de l'électrostimulation à corps entier, [59] [60], comme étudiée dans l'étude de Filipovic et al 2016. La créatine kinase (CK) est une enzyme musculaire, son rôle est de produire de l'énergie sous forme d'ATP qui va être utilisable par les cellules.[39][38]

Il faut savoir que cette enzyme se localise dans les cellules musculaires physiologiquement, et on la retrouve dans la circulation sanguine lors d'une atteinte musculaire. [61] Dans cette étude, ils réalisent une prise de sang afin de connaître le taux de CK, ainsi si le taux est très élevé dans le sang du groupe expérimental, on peut soupçonner une atteinte musculaire anormale. On retrouve tout de même une augmentation de cette enzyme dans le sang du groupe contrôle mais qui est moindre et constante. On remarque qu'à la fin de l'étude, à 14 semaines, le taux de CK dans le groupe expérimental a diminué d'environ trois quarts par rapport à la mesure prise à 7 semaines. J'en conclus donc qu'au cours de l'application la présence de CK dans le sang diminue ce qui indiquerait qu'on ne retrouve plus l'atteinte musculaire du début. Cette augmentation pourrait avoir comme origine une intensité trop forte selon le guide d'utilisation de W. Kemmler et al en 2016. Il serait donc nécessaire d'avoir une intensité pas trop élevée afin de limiter l'augmentation de CK. [57]

On peut retrouver également une destruction du tissu musculaire strié appelée la rhabdomyolyse, qui entraîne une libération de myoglobine dans le sang. On peut observer ce phénomène à cause d'un exercice musculaire intense. La myoglobine s'élimine par le système rénal et sa présence peut entraîner une insuffisance rénale aigüe [62], les participants vont se plaindre de douleurs et de fatigue musculaire et d'une coloration foncée des urines. [59] [60][63]

Cet outil ne peut donc pas être utilisé sans connaître tous ses effets négatifs, il faudrait, que des protocoles, et des contre-indications soient plus clairement indiqués avant toute pratique de l'électrostimulation à corps entier. Il faut considérer ce dispositif comme médical ou thérapeutique, mais non sans risque. A l'heure actuelle ces précautions ne sont pas encore prises au sérieux, puisque ce type de dispositif est à la portée de tous, soit en salle de sport le pratiquant ou encore sur internet.

Il me semble que les bénéfices entraînés par l'application de l'électrostimulation à corps entier sont trop faibles par rapport aux risques encourus, pour intégrer cette pratique dans une routine d'entraînement sportif. Pour moi les risques sont autant d'ordre physique avec les différents effets secondaires que l'on peut retrouver sur les sujets, que d'ordre financier.

4.3 Qualité des preuves

Selon la haute autorité de santé, la qualité des preuves, repose sur le niveau de preuve scientifique des articles et leurs qualités méthodologiques.[64]

Si on se fie à la classification générale du niveau de preuve d'une étude donnée par la Haute autorité de Santé, (*voir annexe 11*), les 5 études de cette revue ont un niveau de preuve intermédiaire.

Tout d'abord ce sont 5 essais cliniques randomisés donc en adéquation avec la question posée qui est thérapeutique. Dans toutes ces études on retrouve des biais notables. En effet d'après les scores PEDro calculés, deux études ont un score PEDro à 5/10, deux autres à 6/10 et une à 7/10 et on retrouve les 3 biais possibles (de sélection, de détection et d'attrition) au travers ces études. Les tailles d'échantillon sont faibles, puisque les études comportent environ une vingtaine de sujets par étude.

Ainsi les 5 études de cette revue ; celle de Filipovic et al 2019, celle de Wirtz et al 2016, celle de Filipovic et al 2016, celle de Dörmann et al 2019 et celle de Micke et al 2018 possèdent un grade de recommandation B. [64] (*voir annexe 12*)

J'ai effectué une cotation via l'échelle AMSTAR [65] afin de connaître la qualité méthodologique globale de cette revue systématique [66], un score de 26/44 est observé.

4.2 Biais potentiels de la revue

Afin de tirer des conclusions correctes de cette revue il est important d'en connaître les biais. Tout d'abord cette revue est le fruit de mon travail dans lequel j'ai analysé et tiré moi-même des conclusions, il se peut donc que celles-ci soient biaisées par l'unique regard qu'il lui a été porté. Dans l'idéal il faudrait avoir plusieurs avis sur certains points pour être le plus impartial possible, notamment dans la cotation de l'échelle PEDro, dans l'interprétation des résultats qui comme étudiés précédemment sont visiblement non significatifs ou encore dans la cotation sur l'échelle AMSTAR.

C'est la première fois que je m'attèle à ce type de travail, la compréhension de la méthodologie du travail demandé fut longue et pas encore complète, malgré tous les supports de cours et les aides à notre disposition. L'utilisation des bases de données scientifiques dans mes recherches n'a pas été simple et l'impossibilité de trouver les « meshterms » correspondant à mon modèle PICO, me prive certainement d'études disponibles sur ces plateformes. Il est également possible que depuis le début de mes recherches de nouveaux articles donnant peut-être des conclusions différentes aient été publiés, pouvant ainsi apporter de nouveaux éléments à ma revue sans y être inclus. De plus certaines sources et articles n'ont malheureusement pas pu être étudié à cause du fait qu'ils soient payants.

Comparativement à d'autres revues de littérature, le nombre d'articles que j'ai intégré est relativement faible et les échantillons de populations sont minimes, ce qui représente difficilement la population générale.

Pour finir, je tiens à préciser que je ne déclare aucun conflit d'intérêt personnellement. En revanche il faut noter que toutes les études citées dans cette revue utilisent le dispositif de la même marque, qui est Miha Bodytec®, d'autres études non incluses dans cette revue l'utilisent également, est-il possible qu'il y ait un conflit d'intérêt ? D'autres marques proposent le même dispositif mais celles-ci sont rarement utilisées dans les protocoles des études.

5. Conclusion

D'après cette revue, l'électrostimulation à corps entier ne semble pas être le nouvel entraînement miracle pour améliorer les performances sportives.

Le seul protocole qui me paraît relativement concluant, est celui où la stimulation est appliquée pendant 6 semaines, 2 fois par semaine, associée à des squats chargés. Il faut rester prudent, puisque l'amélioration peut s'avérer très faible voire presque nulle.

Tout de même les autres protocoles peuvent se montrer concluant en effet, on a vu que chez certains sujets, cela ne marche pas mais chez d'autres cela améliore leurs capacités.

Il serait intéressant par la suite de retrouver des essais cliniques de meilleure qualité méthodologique avec moins de biais afin d'avoir une réelle estimation des effets de l'électrostimulation à corps entier. Ceci permettrait d'envisager son utilisation en complément d'autres techniques, à condition d'être très vigilant sur l'apparition de conséquences néfastes sur la santé du sujet ou sur la diminution de ses capacités sportives.

Dans un cadre préventif, cet outil ne semble pas pleinement adapté, en effet on voit apparaître des conséquences pouvant être nocives pour le sujet tel qu'une destruction des fibres musculaires, une fatigue intense alors que parfois peu de bénéfiques sur l'athlétisation sont visibles. Rappelons-le, le but de notre intervention en prévention est de choisir un traitement pour nos patients sportifs, afin d'éviter l'apparition de troubles néfastes, ou de sélectionner la meilleure thérapeutique pour améliorer les performances de notre sportif, mais sans entraîner de troubles. Malheureusement l'électrostimulation à corps entier ne remplit pas toutes ses conditions.

L'électrostimulation à corps entier se doit d'être encadrée dans son utilisation car, comme nous l'avons vu, cela peut être dangereux. Ces recommandations de bonnes pratiques, décrites par Kemmler et al en 2016 [57], ne sont pas toutes respectées malheureusement surtout concernant le nombre de sessions par semaine. Le fait d'être plus rigoureux sur ces règles diminuerait peut-être les risques encourus et rendrait l'électrostimulation à corps entier moins contraignante, avec des résultats peut-être meilleurs.

Grâce à cette revue je me suis aperçue que l'électrostimulation à corps entier n'était pas réellement adaptée à la prise en charge de sportifs sans antécédents. En revanche pourrait-elle être utilisée dans le cas d'une réathlétisation chez des athlètes ayant subi une blessure entraînant des faiblesses notamment musculaires ? Cela améliore-t-il le gain plus rapidement, sans être trop délétère puisque l'intensité est moindre ? Cette question doit faire le fruit de nouvelles recherches, afin de connaître l'applicabilité de cette technique sur des patients pathologiques en fin de rééducation.

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

Il faut savoir que lors de la phase de réathlétisation de notre rééducation notre but est de permettre à notre patient de retourner à sa pratique sportive le plus rapidement possible et à son niveau de performance antérieur à sa blessure. C'est une phase de remise à niveau où le patient présente des faiblesses et même si la blessure est lointaine, les performances antérieures ne sont pas encore atteintes.

Une revue de littérature écrite par A. Filipovic et al datant de 2011, a été réalisée sur des sujets sportifs et non sportifs. Les auteurs concluent en disant, qu'ils ont observé une plus grande amélioration chez les sujets non sportifs car ils ont plus de réserve d'évolution que les patients sportifs. Ainsi peut être que l'électrostimulation à corps entier entraînerait des meilleurs résultats sur des patients en phase de réathlétisation qui ont des performances sportives diminuées, ceci reste à vérifier.[33]

Bibliographie

- [1] R. Dolhem, "Histoire de l'électrostimulation en médecine et en rééducation," *Ann. Readapt. Med. Phys.*, vol. 51, no. 6, pp. 427–431, 2008.
- [2] L. Electrostimulation and H. De Labareyre, "L'électrostimulation," vol. m.
- [3] F. Crépon, J.-F. Doubrère, M. Vanderthommen, E. Castel-Kremer, and G. Cadet, "Électrothérapie. Électrostimulation," *EMC - Kinésithérapie - Médecine Phys. - Réadaptation*, vol. 3, no. 4, pp. 1–19, 2007.
- [4] D. A. Lake, "Neuromuscular Electrical Stimulation: An Overview and its Application in the Treatment of Sports Injuries," *Sport. Med. An Int. J. Appl. Med. Sci. Sport Exerc.*, vol. 13, no. 5, pp. 320–336, 1992.
- [5] "Cellule musculaire 2." [Online]. Available: <http://svtmarcq.e-monsite.com/pages/cellule-musculaire-2.html>. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [6] Association Française contre les Myopathies, "Le muscle squelettique."
- [7] "Les différents types de muscles - Institut de Myologie." [Online]. Available: <https://www.institut-myologie.org/enseignement/connaissances-sur-le-muscle/les-differents-types-de-muscles/>. [Accessed: 21-Apr-2020].
- [8] P. D. Seigneurin, "Tissu musculaire," 2012.
- [9] I. Fonctions, "Physiologie du muscle strié squelettique," *labo physio CHU Batna*, pp. 1–25, 2015.
- [10] "Myosine – Physiologie et Médecine Expérimentale du cœur et des muscles – PHYMEDEXP." [Online]. Available: <https://u1046.edu.umontpellier.fr/163-2/abrege-des-proteines-musculaires/myosine/>. [Accessed: 10-Apr-2020].
- [11] W. France, *Destination muscle laboratoires*.
- [12] "Histologie - Renate Lüllmann-Rauch - Google Livres." [Online]. Available: https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=ILfgBZxVRZUC&oi=fnd&pg=PT22&dq=tissus+musculaire+histologie&ots=QUCFGN7moH&sig=BSGwPcppFZVHqaLZXNpJKmjd4HU&redir_esc=y#v=onepage&q=tissus+musculaire+histologie&f=false. [Accessed: 18-Dec-2019].
- [13] C. KOHLER, "Collège universitaire et hospitalier des Histologistes , Embryologistes , Cytologistes et Cytogénéticiens (CHEC) Enseignement Histologie POLYCOPIE Sommaire."
- [14] "MYOSINE - Encyclopædia Universalis." [Online]. Available: <https://www.universalis.fr/encyclopedie/myosine/>. [Accessed: 18-Apr-2020].
- [15] E. Henneman, "Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge," vol. 1, no. December, pp. 1–3, 1957.
- [16] R. Dahmane, S. Djordjevič, B. Šimunič, and V. Valenčič, "Spatial fiber type distribution in normal human muscle: Histochemical and tensiomyographical evaluation," *J. Biomech.*, vol. 38, no. 12, pp. 2451–2459, 2005.
- [17] "Fuseaux neuro - musculaires." [Online]. Available: <https://www.anatomie-humaine.com/Fuseaux-neuro-musculaires.html>. [Accessed: 18-Apr-2020].
- [18] "2. Récepteurs somatosensoriels tendino-musculaires - Aphysionado." [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/aphysionado/home/fonctionssn/somesthesie/rcptrsensoriel>. [Accessed: 18-Apr-2020].
- [19] "Le muscle strié squelettique - Institut de Myologie." [Online]. Available: <https://www.institut-myologie.org/enseignement/connaissances-sur-le-muscle/les-differents-types-de-muscles/le-muscle-strie-squelettique/>. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [20] "jonction neuromusculaire." [Online]. Available: https://bio.m2osw.com/gcartable/systeme+nerveux/jonction_neuromusculaire.htm.

- [Accessed: 18-Apr-2020].
- [21] M. Catala, J.-M. André, G. Katsanis, and J. Poirier, "FMPMC-PS - Histologie : les tissus - Niveau PAES," *In : Faculté de médecine pierre & marie curie, Ressources pédagogique, histologie.* [Online]. Available: <http://www.chups.jussieu.fr/polys/histo/histoP1/POLY.Chp.5.2.html>. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [22] "DÉPOLARISATION - Encyclopædia Universalis." [Online]. Available: <https://www.universalis.fr/encyclopedie/depolarisation/>. [Accessed: 18-Apr-2020].
- [23] "La transmission synaptique."
- [24] F. Crépon, "Électrostimulation et muscle," in *Electrothérapie. Applications en Rééducation et Réadaptation*, Elsevier, 2012, pp. 45–99.
- [25] "PHYSIOLOGIE DU NEURONE - Fonctionnement de la synapse chimique." [Online]. Available: http://passeport.univ-lille1.fr/site/biologie/scbio/Neurone/Neurone_web.publi/web/co/04_Fonctionnement.html. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [26] P. Cau and R. Seite, "Biologie cellulaire."
- [27] "Mécanismes de la contraction - Institut de Myologie." [Online]. Available: <https://www.institut-myologie.org/enseignement/connaissances-sur-le-muscle/mecanismes-de-la-contraction/>. [Accessed: 18-Apr-2020].
- [28] Dufour M, "Anatomie.de.l.appareil.locomoteur.2e.Ed.T1_Membre.inferieur." .
- [29] "Michel Dufour - Anatomie de l'appareil locomoteur. 2_ Membre superieur 2(0, Masson).pdf." .
- [30] "Michel Dufour - Anatomie de l'appareil locomoteur. 3_ Tete et tronc 3(0, Masson).pdf." .
- [31] C. Collinet and P. Terral, "Une controverse scientifico-technique dans le monde des sciences du sport: Le cas de l'électrostimulation," *Soc. Contemp.*, vol. 64, no. 4, pp. 67–93, 2006.
- [32] W. Irnich, "The terms 'chronaxie' and 'rheobase' are 100 years old," *PACE - Pacing Clin. Electrophysiol.*, vol. 33, no. 4, pp. 491–496, 2010.
- [33] O. F. The, F. Of, E. On, and A. In, "Eview of the," *J. Strength*, vol. 26, no. 9, pp. 2600–2614, 2012.
- [34] P. Decherchi *et al.*, "Électromyostimulation Et Récupération Fonctionnelle D'Un Muscle Dénervé," *Sci. Sport.*, vol. 18, no. 5, pp. 253–263, 2003.
- [35] "Memoire Online - Etude comparative de différentes méthodes de renforcement musculaire sur les performances musculaires et aérobie - Guillaume Guiloineau et David Rousseau." [Online]. Available: https://www.memoireonline.com/02/09/1966/Etude-comparative-methodes-renforcement-musculaire-performances-musculaires-aerobie.html#_Toc111030036. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [36] "La stimulation électrique au service du corps - Interstices." [Online]. Available: <https://interstices.info/la-stimulation-electrique-au-service-du-corps/>. [Accessed: 04-Apr-2020].
- [37] "SOMMATION: Définition de SOMMATION." [Online]. Available: <https://www.cnrtl.fr/definition/sommation//1>. [Accessed: 06-Apr-2020].
- [38] A. C. Laboratoire, "Electrostimulation et Renforcement Musculaire," pp. 1–63.
- [39] X. Bigard and O. Galera, "électrostimulation : Effets sur le muscle normal," *Rev. des Mal. Respir. Actual.*, vol. 4, no. 4, pp. 298–300, 2012.
- [40] "EMS Electro Stimulation Musculaire - Fixbody." [Online]. Available: <https://www.fixbody.fr/ems-electro-stimulation-musculaire/>. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [41] F.-X. Schweyer, "Professions de santé," *BO Santé*, vol. 2014, no. 11, pp. 329–340, 2014.
- [42] "CHAMPS - Fédération Française des Masseurs Kinésithérapeutes Rééducateurs." [Online]. Available: <https://www.ffmkr.org/pratique-professionnelle/exercice-liberal/exercice-professionnel-ref232/champs-de-competence-du-mk>. [Accessed: 18-Mar-2020].

- [43] “Aspects méthodologiques des essais cliniques.” [Online]. Available: <https://pharmacomedicale.org/pharmacologie/developpement-et-suivi-des-medicaments/27-aspects-methodologiques-des-essais-cliniques>. [Accessed: 13-Apr-2020].
- [44] “Pourquoi et comment randomiser un essai thérapeutique ? - EM|consulte.” [Online]. Available: <https://www.em-consulte.com/rmr/article/143633>. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [45] “Méthodologies des essais cliniques - EUPATI.” [Online]. Available: <https://www.eupati.eu/fr/developpement-et-essais-cliniques/methodologies-des-essais-cliniques/>. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [46] “La gamme de produits miha bodytec | ems made in Germany.” [Online]. Available: <https://www.miha-bodytec.com/fr/produits/>. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [47] A. Filipovic *et al.*, “Superimposed whole-body electrostimulation augments strength adaptations and type ii myofiber growth in soccer players during a competitive season,” *Front. Physiol.*, vol. 10, no. SEP, pp. 1–11, 2019.
- [48] N. Wirtz, C. Zinner, U. Doermann, H. Kleinoeder, and J. Mester, “Effects of loaded squat exercise with and without application of superimposed EMS on physical performance,” *J. Sport. Sci. Med.*, vol. 15, no. 1, pp. 26–33, 2016.
- [49] A. Filipovic, M. Grau, H. Kleinöder, P. Zimmer, W. Hollmann, and W. Bloch, “Effects of a whole-body electrostimulation program on strength, sprinting, jumping, and kicking capacity in elite soccer players,” *J. Sport. Sci. Med.*, vol. 15, no. 4, pp. 639–648, 2016.
- [50] F. Micke, H. Kleinöder, U. Dörmann, N. Wirtz, and L. Donath, “Effects of an Eight-Week Superimposed Submaximal Dynamic Whole-Body Electromyostimulation Training on Strength and Power Parameters of the Leg Muscles: A Randomized Controlled Intervention Study,” *Front. Physiol.*, vol. 9, no. December, 2018.
- [51] U. Dörmann, N. Wirtz, F. Micke, M. Morat, H. Kleinöder, and L. Donath, “The effects of superimposed whole-body electromyostimulation during short-term strength training on physical fitness in physically active females: A randomized controlled trial,” *Front. Physiol.*, vol. 10, no. JUN, 2019.
- [52] “Startseite | Gym80 International GmbH.” [Online]. Available: <https://gym80.de/de/>. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [53] L. Brosseau *et al.*, “Une version franco-canadienne de la physiotherapy evidence database (PEDro) scale : L'Échelle PEDro,” *Physiother. Canada*, vol. 67, no. 3, pp. 190–197, 2015.
- [54] “Attrition bias - Catalog of Bias.” [Online]. Available: <https://catalogofbias.org/biases/attrition-bias/>. [Accessed: 18-Mar-2020].
- [55] “Test de la fonction musculaire du cas de mesure.” [Online]. Available: <https://www.digimax-systems.de/index.php/de/messtechnik/messkoffer-muskelfunktionstest#>. [Accessed: 24-Mar-2020].
- [56] “Que veut dire « statistiquement significatif » ? - EM|consulte.” [Online]. Available: <https://www.em-consulte.com/rmr/article/143553>. [Accessed: 01-Apr-2020].
- [57] “Whole-Body Electromyostimulation – The Need for Common Sense! Rationale and Guideline for a Safe and Effective Training.” [Online]. Available: <https://www.germanjournalsportsmedicine.com/archive/archive-2016/issue-9/whole-body-electromyostimulation-the-need-for-common-sense-rationale-and-guideline-for-a-safe-and-effective-training/>. [Accessed: 11-Apr-2020].
- [58] “Tarifs | EMS Body Coaching.” [Online]. Available: <http://emsbodycoaching.com/tarifs/>. [Accessed: 07-Apr-2020].
- [59] C. Stöllberger and J. Finsterer, “Side effects of whole-body electro-myo-stimulation,” *Wiener Medizinische Wochenschrift*, vol. 169, no. 7–8, pp. 173–180, 2019.
- [60] M. Teschler and F. C. Mooren, “(Whole-Body) Electromyostimulation, Muscle Damage, and Immune System: A Mini Review,” *Front. Physiol.*, vol. 10, no. November, pp. 1–7, 2019.

- [61] “Créatine phosphokinase : Définitions et explications | AFM-Téléthon.” [Online]. Available: <https://www.afm-telethon.fr/glossaire/creatine-phosphokinase-cpk-ou-creatine-kinase-ck-2610>. [Accessed: 07-Apr-2020].
- [62] “Encyclopédie Larousse en ligne - rhabdomyolyse.” [Online]. Available: <https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/rhabdomyolyse/15884>. [Accessed: 07-Apr-2020].
- [63] W. Kemmler, M. Froehlich, S. Von Stengel, and H. Kleinöder, “Ganzkörper-Elektromyostimulation – Eine Richtlinie zur sicheren und effektiven Anwendung,” *Dtsch. Z. Sportmed.*, vol. 67, no. 9, pp. 218–221, 2016.
- [64] HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ, “Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique,” *Etat des lieux*, p. 192, 2013.
- [65] INESSS, “R – amstar* – évaluation de la qualité des revues systématiques,” p. 6, 2015.
- [66] L. Brosseau *et al.*, “The French-Canadian version of the Assessment of Multiple Systematic Reviews (AMSTAR) tool,” *Physiotherapy Canada*, vol. 69, no. 1. University of Toronto Press Inc., pp. 20–29, 01-Dec-2017.
- [67] “WordPress.com.” [Online]. Available: <https://medecinsdusport.wordpress.com/quand-borg-nest-pas-borg-ou-comment-gerer-votre-intensite-dentrainement/>. [Accessed: 14-Apr-2020].
- [68] “Charge Maximale en Musculation - Calcul de la 1RM.” [Online]. Available: <https://entrainement-sportif.fr/charge-maximale-en-musculation.htm>. [Accessed: 17-Apr-2020].
- [69] “Electrothérapie et physiothérapie -... de Francis Crépon - Livre - Decitre.” [Online]. Available: <https://www.decitre.fr/livres/electrotherapie-et-physiotherapie-9782294709562.html>. [Accessed: 18-Apr-2020].

Annexes

Annexe 1 : L'échelle de Borg [67]

BORG 6-20 original	BORG 1-10 modifié	% FC maximale	Perception	Activité
6	0	50-60%	très très facile	repos
7				
8	1		très facile	marche
9				
10	2	60-70%	assez facile	léger jogging
11				
12	3	70-80%	un peu dur	jogging
13				
14	4	80-90%	dur	
15				
16	6	90-95%	très dur	seuil
17				
18	8	95-100%	très très dur	intervalles
19				
20	10			

Annexe 2 : Table de Berger [68]

% 1RM	Nbre Répétitions
100	1
96,9	2
93,1	3
89,8	4
87,4	5
85,8	6
82,9	7
80,4	8
78,6	9
76,2	10
70	15
65	20 – 25
60	25
50	40 – 50
40	80 – 100
30	100 – 150

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

Annexe 3 : tableau des essais cliniques randomisés inclus

	Titre	Auteurs	Année de publication
Etude 1	Superimposed WBEMS Augments Strength Adaptations and Type II Myofiber Growth in Soccer Players During a Competitive Season	A. Filipovic et al	2019
Etude 2	Effects of Loaded Squat Exercise with and without Application of Superimposed EMS on Physical Performance	W. Wirtz et al	2016
Etude 3	Effects of a WBEMS Program on Strength, Sprinting, Jumping and Kicking Capacity in Elite Soccer Players	A. Filipovic et al	2016
Etude 4	The Effets of Superimposed WBEMS During Short Term Strength Training on Physical Fitness in Physically Active Female : A Randomized Controlled Trial	U. Dörmann et al	2019
Etude 5	Effects of an Eight-Week Superimposed Submaximal Dynamic WBEMS Training on Strength and Power Parameters of the Leg Muscles : A Randomized Controlled Intervention Study	F. Micke et al	2018

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

Annexe 4 : Tableau résumant l'étude de Filipovic et al 2019

Superimposed WBEMS Augments Strength Adaptation and Type II Myofiber Growth in Soccer Players During a Competitive Season	
Auteurs et année de publication	Filipovic Andre, DeMarees Markus, Grau Marijke, Hollinger Anna, Seeger Benedikt, Schiffer Thorsten, Bloch Wilhelm, Gehlert Sebastian 2019
Schéma d'étude	Essai clinique randomisé en parallèle
Echantillon	28 joueurs de football (-1 à la fin) 1 groupe EMS (EG) = 10 1 groupe saut (TG) = 10 (-1) 1 groupe control (CG) = 8
Durée de l'étude	7 semaines, deux fois par semaines
Participants	Sexe : Hommes Age : Entre 19 et 29 ans Temps de sport par semaine : 2 à 3 entraînements par semaine + un match par semaine. En moyenne 6 heures d'activité par semaine Critères d'inclusion : <ul style="list-style-type: none"> - Joueurs de football en bonne santé - Niveau régional depuis 3 ans - 2 à 4 entraînements par semaine - Un match par semaine - Expérience dans le domaine de la musculation Critères d'exclusion : <ul style="list-style-type: none"> - Maladie cardiovasculaire ou métabolique - Non-fumeur - Pas d'alcool pendant l'étude
Intervention	Marque du dispositif : Miha Bodytec avec un gilet d'électrodes Muscles stimulés : 8 groupes musculaires : pectoraux, grand dorsal, abdominaux, paravertébraux, fessiers, ischio-jambiers, quadriceps, triceps sural Réglages de la machine : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Courants biphasiques à ondes rectangulaires ➤ Fréquence =80 Hz ➤ Largeur d'impulsion = 350µs ➤ Intensité de stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg Durée et séance : 8,5 min par session, avec un temps de stimulation de 2 minutes. Exercices : <u>Groupe EMS (EG)</u> : 3x10 saut de squats + WBEMS 2 fois par semaine + routine sportive. Pause de 60 secondes entre chaque saut et une impulsion de 4 secondes pour le saut et une pause de 10 sec entre chaque saut
Comparateur	<u>Groupe saut (TG)</u> : 3x10 saut de squat 2 fois par semaine + routine sportive <u>Groupe control (CG)</u> : routine sportive
Critères de jugement	➤ Force Mesurés avec l'appareil de presse et de flexion des jambes sur la machine « Edition-Line, gym 80 » équipée d'un dynamomètre numérique et de capteurs de force et de distance

Annexe 5 : Tableau résumant l'étude de Wirtz et al 2016

Effects of Loaded Squat Exercise with and without Application of Superimposed EMS on Physical Performance	
Auteurs et année de publication	Nicolas Wirtz, Christoph Zinner, Ulrike Doermann, Heinz Kleinoeder and Joachim Mester 2016
Schéma d'étude	Essai clinique randomisé en parallèle
Echantillon	20 sportifs (6 football, 5 fitness, 4 sports de combat, 2 basketball, 1 handball, 1 badminton, 1 skeleton) 1 groupe expérimental (S+E) = 10 1 groupe contrôle (S) = 10
Durée de l'étude	6 semaines 2 séances par semaine soit 12 séances
Participants	Sexe : Hommes Age : Entre 20 et 24 ans Temps de sport par semaine : En moyenne 3 à 6 heures d'activité par semaine Critères d'inclusion : <ul style="list-style-type: none"> - Niveau régional - Activité physique avec de la course ou des sauts - Expérience dans les exercices de résistance depuis plus de 2 ans - Expérience dans les backs squats Critères d'exclusion : <ul style="list-style-type: none"> - Incapacité à faire correctement les backs squats à 10 RM avec charge
Intervention	Marque du dispositif : Miha Bodytec avec un gilet d'électrodes Muscles stimulés : 9 groupes musculaires : abdominaux, paravertébraux, fessiers, adducteurs, ischio-jambiers, quadriceps, triceps sural, tibial antérieur + membres supérieurs mais pas de précision. Stimulation simultanée de tous les groupes musculaires Réglages de la machine : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Courants bipolaires à ondes rectangulaires ➤ Fréquence = 80 Hz ➤ Largeur d'impulsion = 350µs ➤ Intensité de stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg > 16 (dur) 5sec de stimulations (2sec excentrique 1 sec isométrique, 2sec concentrique) 1sec de repos Durée et séance : 10 min Exercices : 4 séries de squats (de 180° à 90°) : la 1 ^{ère} série à 50% de la 10 RM et les 3 autres séries à 100% de la 10 RM avec une pause de 2 minutes entre chaque série.
Comparateur	<u>Groupe contrôle (S)</u> : le même protocole que le groupe expérimental mais sans l'électrostimulation
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Force ➤ Puissance Flexion des jambes (LC), press (LP), machine à abdo (AP), et extension du dos (BE) sur la machine « Edition-Line, gym 80 » équipée d'un dynamomètre numérique et de capteurs de force et de distance <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sprint <ul style="list-style-type: none"> • Sprint linéaire de 30 mètres • Sprint pendulaire de 3 x 10 mètres avec 2 changements de direction de 180° Mesuré avec 2 barrières photoélectriques infrarouges avec un émetteur radio, position de départ à 50cm du faisceau lumineux. Le meilleur des 2 temps pour chaque sprint. ➤ Hauteur de saut (avec mains aux hanches) : <ul style="list-style-type: none"> • Saut squat (SJ) • Saut de contre mouvement (CMJ) Mesurée avec Optojump (en cm) le meilleur des 3 essais pour chaque saut. Évaluation une semaine avant l'étude, à la fin (6semaines), puis 3 semaines après (9semaines) + une formation de familiarisation

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

Annexe 6 : tableau résumant l'étude de Filipovic et al 2016

Effects of a WBEMS Program on Strength, Sprinting, Jumping and Kicking Capacity in Elite Soccer Players	
Auteurs et année de publication	Andre Filipovic, Marijke Grau, Heinz Kleinoeder, Philipp Zimmer, Wildor Hollmann, Wilhelm Bloch 2016
Schéma d'étude	Essai clinique randomisé en parallèle
Echantillon	22 footballeurs professionnels 1 groupe expérimental (EG) = 12 1 groupe contrôle (TG) = 10
Durée de l'étude	2 sessions par semaines pendant 14 semaines, soit 28 sessions
Participants	<p>Sexe : Hommes</p> <p>Age : Entre 21 et 30 ans</p> <p>Temps de sport par semaine : En moyenne 9 h 30 d'activité par semaine</p> <p>Critères d'inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4^{ème} division de la fédération Allemande de foot - 5ans d'expériences de renforcement - Maintenir leurs habitudes alimentaires et d'hydratation <p>Critères d'exclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pas d'activité de musculation des membres inférieurs pendant l'étude - Expérience avec l'électrostimulation à corps entier
Intervention	<p>Marque du dispositif : Miha Bodytec avec un gilet d'électrodes</p> <p>Muscles stimulés : 9 groupes musculaires : abdominaux, paravertébraux, fessiers, ischio-jambiers, gracile, quadriceps, triceps sural, pectoraux, trapèzes.</p> <p>Stimulation simultanée de tous les groupes musculaires</p> <p>Réglages de la machine :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Courants bipolaires à ondes rectangulaires ➤ Fréquence = 80 Hz ➤ Largeur d'impulsion = 350µs ➤ Intensité de stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg > 17 (dur) <p>4 secondes de stimulations (2sec excentrique 1 sec isométrique, 1sec concentrique) 10 sec de repos entre chaque stimulation</p> <p>Durée et séance : 13 minutes</p> <p>Exercices : 2 à 3 min d'échauffement à intensité modérée 3x10 squats sautés max, 1 min de pause entre chaque série</p>
Comparateur	<u>Groupe contrôle (TG)</u> : idem groupe expérimental mais sans WBEMS
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Force <p>Sur la machine à presse : 2 x 10 répétitions équipée d'un dynamomètre numérique et de capteurs de force et de distance</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sprint <ul style="list-style-type: none"> • 3 tentatives de sprint linéaire de 30 mètres • 3 tentatives de sprint pendulaire avec 2 changements de direction <p>Mesuré avec des doubles barrières photoélectriques infrarouges avec un émetteur radio, position de départ à 50cm du faisceau lumineux pour le linéaire, et 10 cm pour le pendulaire. Le meilleur des 3 temps pour chaque sprint.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Saut (avec mains aux hanches) : <ul style="list-style-type: none"> • Saut squat (SJ) • Saut de contre mouvement (CMJ) • Saut en chute (DJ) d'une boîte de 38cm <p>Mesuré avec Optojump, le meilleur des 3 essais pour chaque saut.</p> <p>Évaluation une semaine avant l'étude, après 7 semaines, puis après 14 semaines</p>

Annexe 7 : Tableau résumant l'étude de Dörmann et al 2019

The Effects of Superimposed WBEMS During Short-Term Strength Training on Physical Fitness in Physically Active Females : A Randomized Controlled Trial	
Auteurs et année de publication	Urike Dormann, Nicolas Wirtz, Florian Micke, Mareike Morat, Heinz Kleinoder and Lars Donath 2019
Schéma d'étude	Essai clinique randomisé en parallèle
Echantillon	28 étudiantes en sport-étude (-6) 1 groupe expérimental avec WBEMS (S+E) = 11 (-3) 1 groupe contrôle sans WBEMS (S) = 11 (-3)
Durée de l'étude	2 sessions par semaine pendant 4 semaines, soit 8 sessions
Participants	Sexe : Femmes Age : Entre 18 et 23 ans Temps de sport par semaine : Non précisé Critères d'inclusion : Maintenir leur habitude sportives, alimentaires, et d'hydratation Critères d'exclusion : <ul style="list-style-type: none"> - Expérience avec l'électrostimulation à corps entier - Absences ou séances manquées - Activité axée sur le sprint ou le saut pendant la période - Technique inadéquate dans les exercices de forces
Intervention	Marque du dispositif : Miha Bodytec avec un gilet d'électrodes Muscles stimulés : 8 groupes musculaires : abdominaux, paravertébraux, fessiers, ischio-jambiers, quadriceps, triceps sural, pectoraux, trapèzes Réglages de la machine : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Courants bipolaires à ondes rectangulaires ➤ Fréquence = 85 Hz ➤ Largeur d'impulsion = 350µs ➤ Intensité de stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg > 16 (dur) Durée et séance : 25 minutes en moyenne Exercices : 2 séances par semaines : <ul style="list-style-type: none"> • 1 séance d'exercices de force : split squat bulgare, nordic curl, knee tuck, side abs • 1 séance d'exercices de saut et de sprint : skipping, heeling, side jumps, box jumps, drop jumps
Comparateur	Groupe contrôle (S) : idem que le groupe expérimental mais sans WBEMS et avec des charges supplémentaires (des poids, des élastiques)
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Force ➤ Puissance Flexion des jambes (LC), press (LP), extension des jambes (LE) sur la machine « Edition-Line, gym 80 » équipée d'un dynamomètre numérique et de capteurs de force et de distance + logiciel « isotest » et « dynamictest ». Le meilleur des 3 essais <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sprint <ul style="list-style-type: none"> • 2 tentatives de sprint linéaire de 30 mètres • 2 tentatives de sprint en T voir annexe Mesuré avec des doubles barrières photoélectriques infrarouges. Le meilleur des 2 temps pour chaque sprint. 2 min de récup entre chaque tentative <ul style="list-style-type: none"> ➤ Saut (avec mains aux hanches) : <ul style="list-style-type: none"> • Saut squat (SJ) • Saut de contre mouvement (CMJ) • Saut en chute libre (DJ) d'une boîte de 38cm • Saut en longueur (SLJ) Mesuré avec Optojump, le meilleur des 3 essais pour chaque saut. Évaluation une semaine avant l'étude, à la fin de l'étude à 4 semaines, puis 2 semaines après soit 6 semaines + séance de familiarisation

L'électrostimulation à corps entier chez les sportifs

Annexe 8 : Tableau résumant l'étude de Micke et al 2018

Effects of an Eight-Week Superimposed Submaximal Dynamic WBEMS Training on Strength and Power Parameters of the Leg Muscles : A Randomized Controlled Intervention Study	
Auteurs et année de publication	Florian Micke, Heinz Kleinoder, Urike Dorman, Nicolas Wirtz, Lars Donath 2018
Schéma d'étude	Essai clinique randomisé en parallèle
Echantillon	20 étudiants en sport (-2) 1 groupe expérimental avec WBEMS (INT) = 12 (-1) 1 groupe contrôle sans WBEMS (CON) = 10 (-1)
Durée de l'étude	2 sessions par semaine pendant 8 semaines, soit 16 sessions
Participants	<p>Sexe : Hommes Age : Entre 18 et 30 ans Temps de sport par semaine : Non précisé Critères d'inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pratiquant du sport nécessitant de la course et du saut - 2 ans d'expériences de renforcements - Maintenir leurs habitudes sportives, alimentaires, et d'hydratation <p>Critères d'exclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expérience avec l'électrostimulation à corps entier
Intervention	<p>Marque du dispositif : Miha Bodytec avec un gilet d'électrodes Muscles stimulés : 9 groupes musculaires : abdominaux, paravertébraux, fessiers, ischio-jambiers, quadriceps, triceps sural, pectoraux, trapèzes. Stimulation simultanée de tous les groupes musculaires Réglages de la machine :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Courants bipolaires à ondes rectangulaires ➤ Fréquence = 85 Hz ➤ Largeur d'impulsion = 350µs ➤ Intensité de stimulation (0-120mA) déterminée individuellement par échelle de Borg > 16 (dur) <p>4 secondes de stimulations (2sec excentrique 1 sec isométrique, 1sec concentrique) 10 sec de repos entre chaque stimulation Durée et séance : 13 minutes Exercices : 5 exercices ; 2 exercices de force (travail des IJ ou des quadriceps), 3 exercices dynamiques de sauts ou de sprint</p>
Comparateur	<u>Groupe contrôle (CON)</u> : idem groupe expérimentale mais sans électrostimulation
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Force ➤ Puissance <p>Flexion des jambes (LC), press (LP), extension des jambes (LE) sur la machine « Edition-Line, gym 80 » équipée d'un dynamomètre numérique et de capteurs de force et de distance + logiciel « isotest » et « dynamictest ». Le meilleur des 3 essais</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sprint <ul style="list-style-type: none"> • 3 essais de sprint linéaire de 30 mètres • 3 essais de sprint pendulaire de 3x10 mètres avec 2 changements de direction de 180° <p>Mesuré avec des doubles barrières photoélectriques infrarouges avec un émetteur radio, position de départ à 50cm du faisceau lumineux. Le meilleur des 3 temps pour chaque sprint. 2 min de récup entre chaque tentative</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Saut (avec mains aux hanches) : <ul style="list-style-type: none"> • Saut squat (SJ) • Saut de contre mouvement (CMJ) • Saut en chute (DJ) d'une boîte de 38cm • Saut en longueur (SLJ) <p>Mesuré avec Optojump, le meilleur des 3 essais pour chaque saut.</p> <p>Évaluation une semaine avant l'étude, à la fin de l'étude à 8 semaines, puis 2 semaines après soit 10 semaines + une séance de familiarisation</p>

Annexe 9 : L'échelle PEDro [53]

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:

Annexe 10 : Guide de bonne utilisation de l'électrostimulation à corps entier décrit par Kemmler et al [63]

Guideline for Safe and Effective WB-EMS

In General

1. Safe and effective Whole-Body-EMS Training must be advised and accompanied by a trained and licensed WB-EMS trainer or scientifically trained personnel familiar with this field of application.
2. Before the first training session of every beginner, an anamnesis of possible contraindications based on a list of questions must be taken and then documented in writing, confirmed by the client's signature and archived. Where relevant anomalies are found, a doctor is to be consulted and training only be commenced if clearance has been given.

Preparing for Training

1. As with any kind of intensive training, Whole-Body EMS training must only be carried out in a good physical condition and free of pain. This includes abstaining from alcohol, drugs, stimulants/muscle relaxants or stress ahead of the training session. Training must never be carried out by anybody suffering from an illness with fever.
2. Whole-Body-EMS training leads to very high metabolic stress of the organism because of very high volume of muscle mass addressed. This factor has to be taken into account through sufficient food intake that is as high in carbohydrates as possible. If this is not possible, then at least a high carbohydrate, but light snack (~250kcal) should be eaten, ideally about 2 hours before training.
3. So as to avoid possible renal stress (especially with undiagnosed problems) through intensive WB-EMS, additional fluids should be consumed before/during and after training (500ml each).
4. Generally, medical – ideally sport-medicinal – consultation and clarification is advisable in the case of any discomfort, physical restrictions, infections or other internal, cardiological or orthopedic illnesses.

Training

1. Regardless of physical status, sport experience and the user's wishes to that effect, under no circumstances may WB-EMS training to exhaustion take place during the first training session or trial training. In the past, this has led to undesired side effects and negative health consequences and must be avoided at all costs.
2. After moderate initial WB-EMS, the stimulation level or current must be successively increased and adapted to the individual goals. The highest level is to be reached only after 8-10 weeks of systematic training at the earliest (user's subjective effort impression: hard-hard+). Training to complete exhaustion, especially in the sense of painful, continuous tetanus during the current phase, must generally be avoided.
3. In addition, the initial training should be conducted with a reduced effective training period. Advisable is 5min impulse familiarization and a curtailed training session with moderate stimulus intensity (user's subjective effort impression: a bit hard) and 12min intermittent load with short impulse phase (~4s). Only then should the training duration be cautiously increased and never exceed 20min.
4. To ensure sufficient conditioning and to minimize or rule out possible health impairments, training frequency may not exceed one training unit per week during the first 8-10 weeks.
5. Even after this conditioning phase, an interval of ≥ 4 days must be maintained between training units in order to avoid accumulation of muscle breakdown products, permit regeneration and adaptation and thus ensure a successful training outcome.

Safety Aspects During and After Training

1. During the training session, the trainer or the trained and qualified personnel should concentrate exclusively on the interests of the user(s). Before, during and after training the trainer verbally and visually checks the user's condition so as to rule out health risks and ensure effective training. Training is to be stopped immediately if there are any contraindications.
2. During training, the equipment's operating controls must be directly in reach of the trainer and the user at all times. Operation/adjustment must be simple, quick and precise.
3. Actually, we generally advise against private use of technology without support of a qualified and licensed trainer/instructor or correspondingly scientifically trained personnel.

Annexe 11 : Classification générale du niveau de preuve d'une étude [64]

Niveau de preuve	Description
Fort	<ul style="list-style-type: none"> - Le protocole est adapté pour répondre au mieux à la question posée ; - La réalisation est effectuée sans biais majeur ; - L'analyse statistique est adaptée aux objectifs ; - La puissance est suffisante
Intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> - Le protocole est adapté pour répondre au mieux à la question posée ; - La puissance nettement insuffisante (effectif insuffisant ou puissance a posteriori insuffisante) ; - Et/ou des anomalies mineures
Faible	Autres types d'études.

Annexe 12 : Grade des recommandations [64]

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
<p>A</p> <p>Preuve scientifique établie</p>	<p>Niveau 1</p> <ul style="list-style-type: none"> – Essais comparatifs randomisés de forte puissance ; – Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; – Analyse de décision fondée sur des études bien menées
<p>B</p> <p>Présomption scientifique</p>	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> – Essais comparatifs randomisés de faible puissance ; – Études comparatives non randomisées bien menées ; – Études de cohortes.
<p>C</p> <p>Faible niveau de preuve scientifique</p>	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> – Etudes cas-témoins. <p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> – Études comparatives comportant des biais importants ; – Études rétrospectives ; – Séries de cas ; – Études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Résumé

Introduction : Récemment l'électrostimulation à corps entier (WBEMS) a vu le jour comme méthode d'entraînement. Cette technologie repose sur le principe d'électrostimulation simple à la différence de stimuler un plus grand nombre de muscles simultanément. Ceci est rendu possible par le port d'une combinaison avec des électrodes intégrées, reliées à un générateur.

Objectifs : Cette revue de littérature a pour objectif de savoir si WBEMS permet un gain sur les performances sportives. Notamment la force, la puissance, le saut et le temps de sprint chez les sportifs comparativement à une séance de sport « traditionnelle ».

Méthodologie de recherche : Les bases de données utilisées dans cette revue sont PubMed et Frontiers in Physiology, afin de trouver des essais cliniques randomisés (ECR) expérimentant WBEMS chez des sportifs.

Résultats et analyses : Au final 5 ECR datant de moins de 5 ans ont été sélectionnés. Pour chaque critère de jugement la taille d'effet retrouvée pouvait être positive et parfois négative en fonction des articles. Les intervalles de confiance (IC) à 95% ont tous une borne positive et une borne négative. Seule exception, la mesure de la force et la puissance des ischio-jambiers avec une application de 6 semaines de WBEMS où l'IC est positif mais proche de 0.

Discussion : Les données actuelles ne permettent pas de confirmer l'efficacité systématique de WBEMS sur les performances sportives car tous les résultats sont non significatifs, d'autres études sont nécessaires.

Mots clés : électrostimulation à corps entier, stimulation électrique, sportifs, amélioration des performances sportives

Abstract

Background : Recently whole body electromyostimulation (WBEMS) has become a new training method. This technology is based on simple electrostimulation with the difference that it stimulates more muscles at the same time. This is possible thanks to a suit with electrodes inside, connected to a generator.

Objective : The purpose of this review is to understand if WBEMS is able to enhance sportive performances such as strength, power, jump and sprint in athletes comparatively to a "traditional" sport session.

Methods : In order to find randomized clinical trial (RCT) looking at WBEMS in athletes, this review used PubMed and Frontiers in Physiology databases.

Results : Finally, 5 RCT published in the last 5 years have been selected. For each judgement criteria, size effect could be positive or negative according to articles. Also, confidence intervals (CI) at 95% all have a positive terminal and a negative terminal. The only exception is the strength and power measurements of hamstrings following application of WBEMS for 6 weeks, where CI is positive but near 0.

Discussion : The current data cannot confirm systematic effectiveness of WBEMS on sportive performances because all results are not significant, other studies are necessary.

Keywords : whole body electromyostimulation, electrical stimulation, athletes, enhanced sportive performance