HESAV
Haute École de Santé – Vaud

ELECTROTHÉRAPIE EN NEURORÉÉDUCATION ATELIERS PRATIQUES

Camille Zwissig

Nicolas Perret

Sylvie Ferchichi-Barbey

Module 2004 - 2026

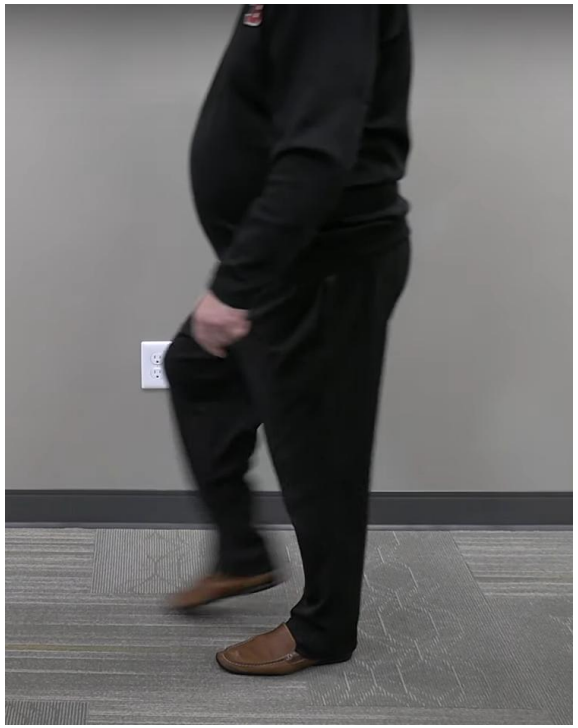
Hes·so

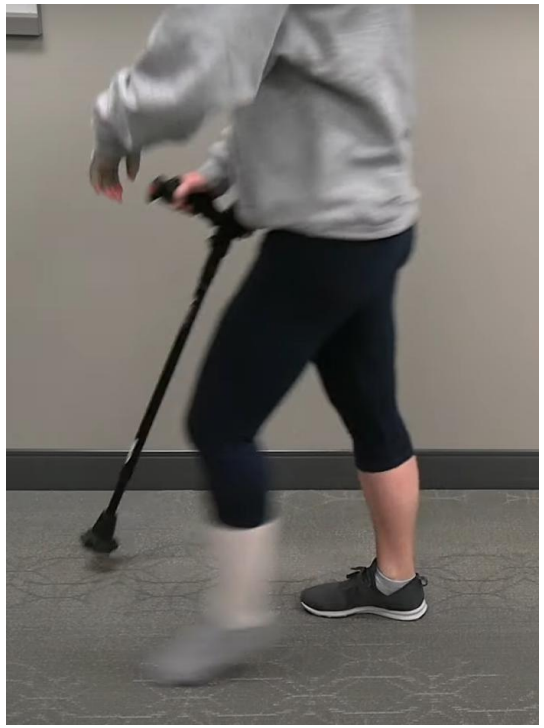
HESAV
Haute École de Santé – Vaud

ELECTROSTIMULATION NEUROMUSCULAIRE (NMES) DE LA JAMBE

Hes·so

Indications





Indications

ELECTROSTIMULATION NEUROMUSCULAIRE DE LA JAMBE



(Nussbaum et al., 2017)

Recommandations selon Nussbaum et al. (2017)

Placement des électrodes : 1 électrode sur le nerf fibulaire commun (sous la tête de la fibula, latéralement à la tubérosité tibiale) ; 1 électrode sur le point moteur du tibial antérieur ou tibial antérieur et fibulaires simultanément. Si utilisé en l'intégrant à la marche, possible d'ajouter un canal pour stimuler le moyen fessier durant la phase d'appui.

Position : phase oscillante à la marche ou patient assis ou debout (p.ex transfert du poids du corps ou assis-debout)

Forme d'onde : biphasique asymétrique

Fréquence : 30-50 Hz pour produire une tétanie

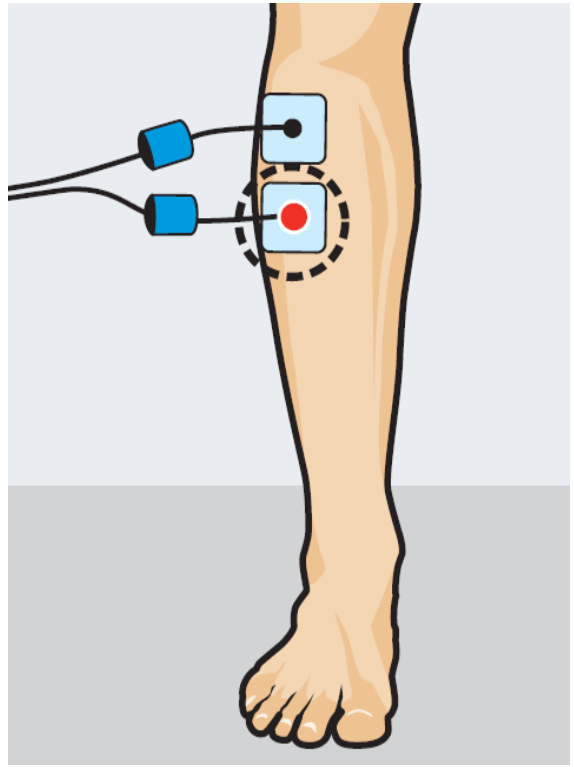
Durée de l'impulsion : 300 µs

Amplitude du courant : intensité maximale tolérée par l'individu pour obtenir FD cheville (neutre ou maximale)

Cycle travail-repos : ON:OFF = 5-10:6-30 s ; quand intégré à la marche, ON-OFF contrôlé par capteur sous le talon (Bioness) ou manuellement (Compex).

Programme de traitement : 30 min/j

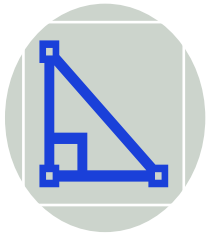
Fréquence des séances : 5 j/semaine au moins 3-4 semaines



Bénéfices selon Nussbaum et al. (2017)



↗ force FD cheville



↗ amplitude en FD cheville



↘ spasticité FP cheville (Ashworth)
(par réflexe d'inhibition réciproque)



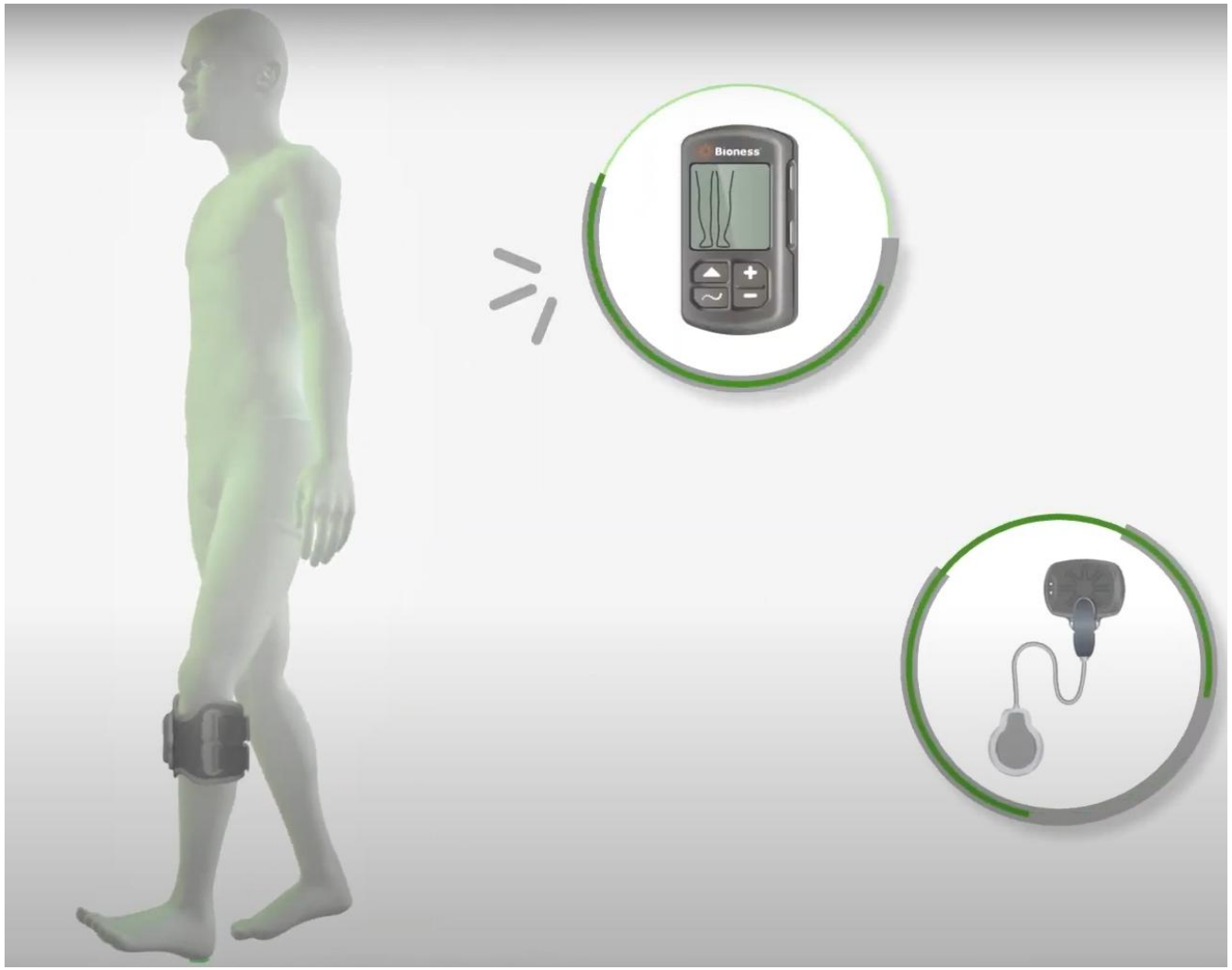
↗ vitesse de marche



↗ cinématique marche (symétrie, longueur foulée)



↗ équilibre (BBS)


Bioness

HESAV
Haute École de Santé – Vaud

TENS SUR LE NERF FIBULAIRE COMMUN

Hes·so

DÉFINITION

Transcutaneous Electrical Nervous Stimulation

Stimulation électrique indolore et de faible intensité:

Ne doit pas provoquer de contractions musculaires mais doit provoquer des paresthésies : sensation de fourmillement.

www.hug.ch/sites/hde/files/documents/tens_06_12.pdf

Utilisation courante contre les douleurs: stimulation des fibres de gros calibres et myélinisées qui viennent court-circuiter l'information de la douleur.

https://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_03/d_03_cl/d_03_cl_dou/d_03_cl_dou.html

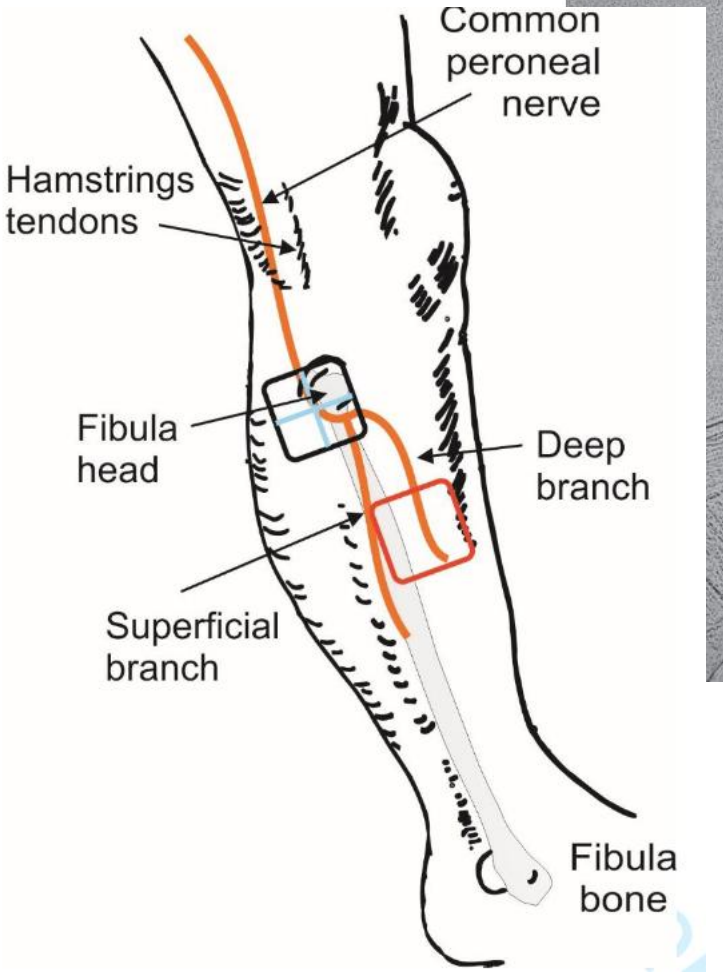
Spasticité: stimuler aussi les muscles antagonistes afin de réduire la spasticité des muscles agonistes correspondants dans la rééducation post-AVC.

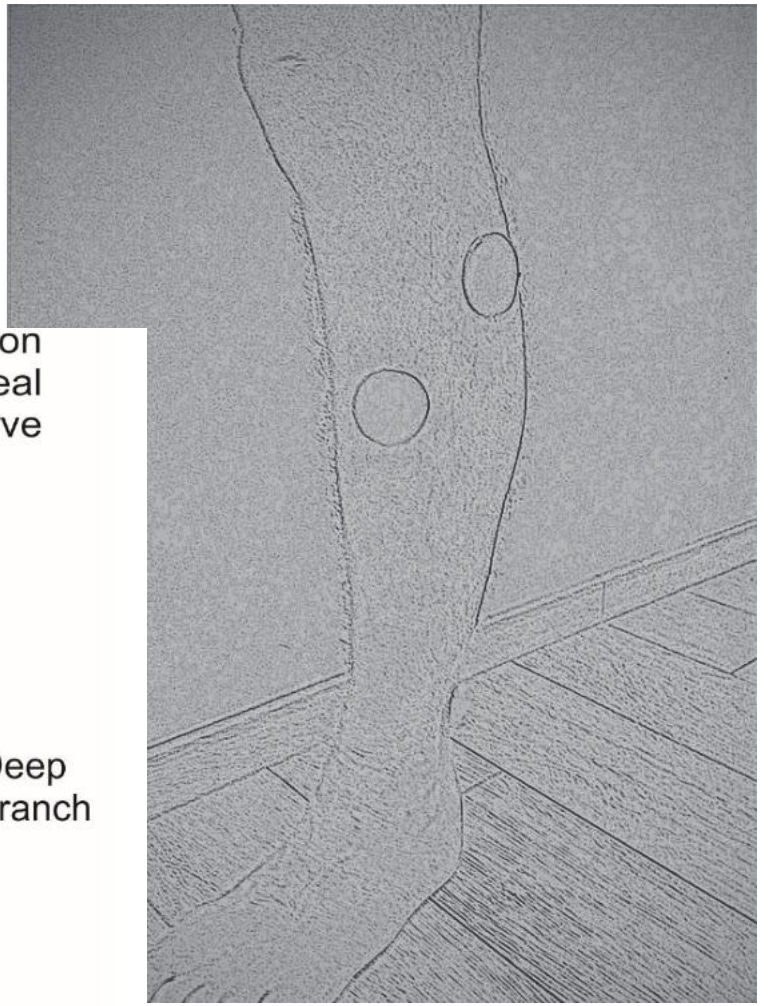
Teoli et al., 2019 ; Koyama et al., 2016

CARACTÉRISTIQUES

- Largeur d’impulsion courte pour stimuler fibres sensitives: dépend de la sensibilité de la peau mais entre 30 µs et 70 µs
- Fréquence correspondante aux fibres nerveuses de la sensibilité: 50hz à 150 hz (100 hz)
- Durée de traitement : 20 minutes
- Possibilité de faire varier en permanence la fréquence de stimulation pour éviter le phénomène d’accoutumance (TENS wobbulé)

PLACEMENT DES ÉLECTRODES





Springer (2015)

LES DIFFÉRENTS TYPES DE FIBRES SENSITIVES

Type de fibre nerveuse	Information véhiculée	Gaine de myéline	Diamètre (en micro-mètres)	Vitesse de conduction (en m/s)
A-alpha	Proprioception	myélinisée	13 - 20	80 - 120 
A-beta	Toucher	myélinisée	6 - 12	35 – 90 
A-delta	Douleur (mécanique et thermique)	myélinisée	1 - 5	5 – 40 
C	Douleur (mécanique, thermique et chimique)	non-myélinisée	0.2 - 1.5	0.5 - 2 

https://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_03/d_03_cl/d_03_cl_dou/d_03_cl_dou.html

CONTRE-INDICATIONS RELATIVES

- Patient porteur d'un pace maker, défibrillateur ou implant médical actif: courant proche peut créer des interférences et modifier le comportement de ces dispositifs.
- Femme enceinte
- Allergies cutanées: électrodes peuvent provoquer des réactions.
- Peut diminuer l'attention: déconseillé pour la conduite
- Ne pas placer les électrodes au niveau de la nuque

www.hug.ch/sites/hde/files/documents/tens_06_12.pdf

HYPOTHÈSES D'ACTION

- Régulation des informations sensitive au niveau du motoneurone en améliorant l'inhibition des muscles antagonistes sur les muscles spastiques
- Stimulation au niveau sensoriel aiderait la plasticité cérébrale à travers l'augmentation de l'activation des connections neuronales contra lésionnel

www.ebrsr.com/sites/default/files/ch.%209_Lower%20Extremity%20Motor%20Interventions_v20.pdf

RÉSULTATS SPASTICITÉ

SPASTICITY			
LoE	**Conclusion Statement**	**RCTs**	**References**
1a	**TENS** may produce greater improvements in spasticity than **sham stimulation** and **no stimulation**.	8	Ertzgaard et al. 2018; Gurcan et al. 2015; Park et al. 2014; Cho et al. 2013; Hussain et al. 2013; Yan & Hui-Chan 2009; Tekeoglu et al. 1998; Levin & Hui-Chan 1992
1b	**TENS + task-related training** may produce greater improvements in spasticity than **sham stimulation + task-related training, TENS,** and **no active treatment**.	1	Ng & Hui-Chan 2007
2	**TENS + task-related training** may produce greater improvements in spasticity than **task-related training alone**.	1	Laddha et al. 2016
1b	**TENS** may not have a difference in efficacy compared to **conventional therapy** for improving spasticity.	1	Gurcan et al. 2015

www.ebrsr.com/sites/default/files/Chapter%203_Lower%20Extremity_2020_ML.pdf

RÉSULTATS FONCTIONNELS

FUNCTIONAL AMBULATION			
LoE	**Conclusion Statement**	**RCTs**	**References**
1a	**TENS** may produce greater improvements in functional ambulation than **conventional therapy, sham stimulation,** and **no stimulation**.	6	Ertzgaard et al. 2018; Gurcan et al. 2015; Park et al. 2014; Hussain et al. 2013; Tyson et al. 2013; Ng & Hui-Chan 2009
1b	**TENS + task-related training** may produce greater improvements in functional ambulation than **sham stimulation + task-related training, TENS,** and **no active treatment**.	1	Ng & Hui-Chan 2007

GAIT			
LoE	**Conclusion Statement**	**RCTs**	**References**
1a	**TENS** may produce greater improvements in gait than **sham stimulation**.	2	Park et al. 2014; Tyson et al. 2013
1b	**Bilateral TENS** may not have a difference in efficacy compared to **unilateral TENS** for improving gait.	1	Kwong et al. 2018

www.ebrsr.com/sites/default/files/ch.%209_Lower%20Extremity%20Motor%20Interventions_v20.pdf

RÉSULTATS FONCTIONNELS

BALANCE			
LoE	**Conclusion Statement**	**RCTs**	**References**
1a	**TENS** may produce greater improvements in balance than **sham stimulation** and **no stimulation**.	5	Yen et al. 2019; Ertzgaard et al. 2018; Park et al. 2014; Cho et al. 2013; Tyson et al. 2013; Ng & Hui-Chan 2009
1b	**TENS + task-related training** may produce greater improvements in balance than **sham stimulation + task-related training** and **no active treatment**.	1	Chan et al. 2015
2	**TENS** may not have a difference in efficacy compared to **task-related training** for improving balance.	1	Laddha et al. 2016
1b	There is conflicting evidence about the effect of **bilateral TENS** to improve balance when compared to **unilateral TENS**.	1	Kwong et al. 2018
1b	**TENS** may not have a difference in efficacy compared to **NMES** for improving balance.	1	Yen et al. 2019

www.ebrsr.com/sites/default/files/ch.%209_Lower%20Extremity%20Motor%20Interventions_v20.pdf

HESAV
Haute École de Santé – Vaud

ELECTROSTIMULATION FONCTIONNELLE (ESF) DU MEMBRE SUPÉRIEUR (PRÉHENSION)

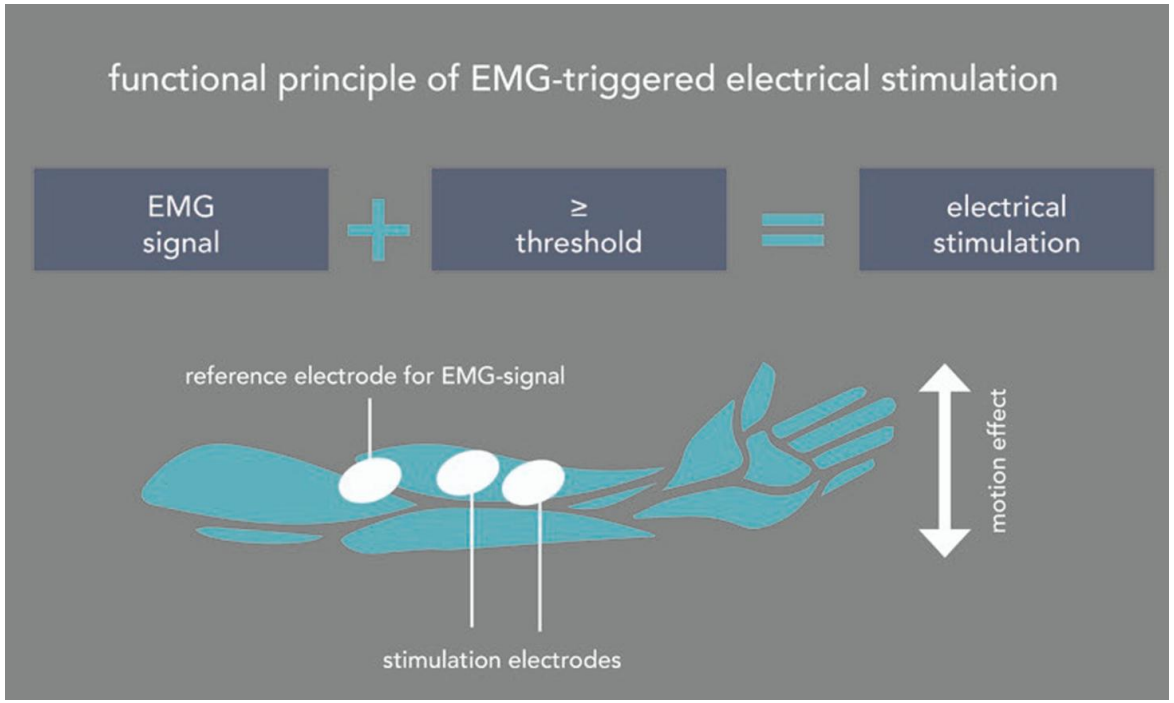
Hes·so

CONTRE-INDICATIONS

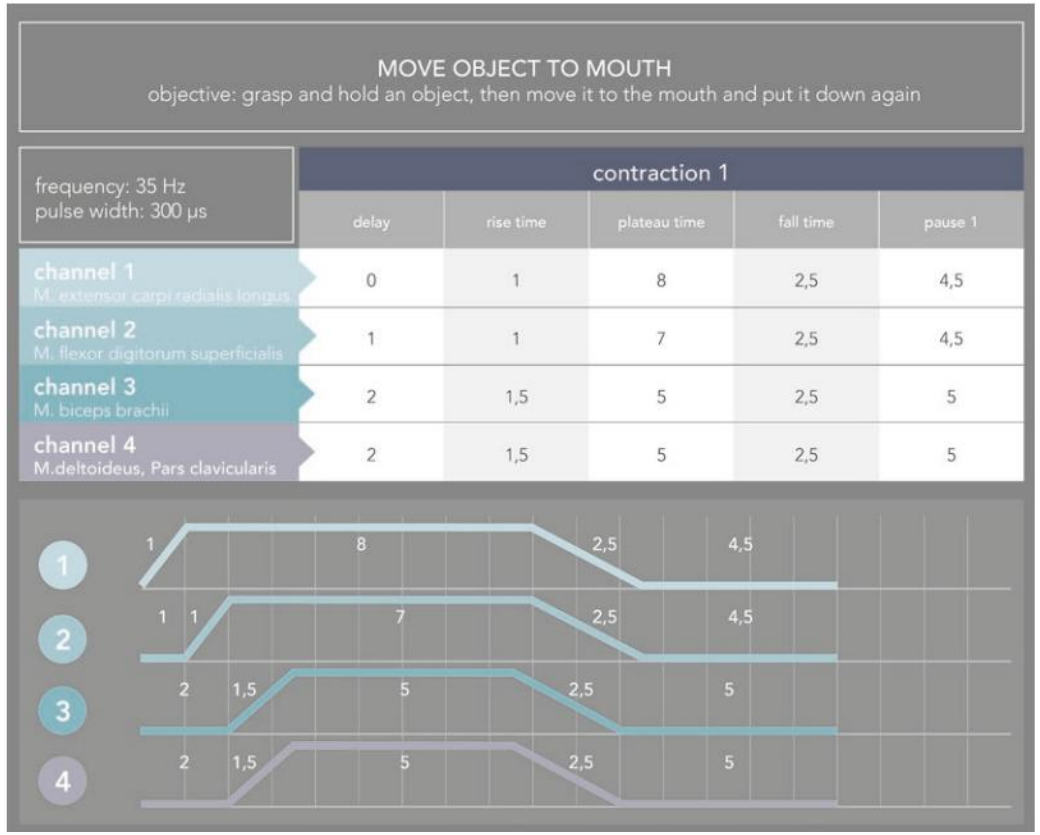
- **Pacemaker**, problèmes cardiaques, arythmies
- Tissu néoplasique
- Métastases osseuses
- Epilepsie
- Cancer
- Zone infectée, lésion cutanée
- Troubles cognitifs
- Electrodes sur abdomen :
  - Femmes enceintes (abdomen)
  - Stérilets (discuté)

ESF-EMG

FONCTIONNEMENT DE L'ESF DÉCLENCHÉE PAR EMG



Déclenchement par EMG



Contractions séquentielles

Schick et al. (2022)

ESF-EMG

Justification de l'ESF-EMG

- ✓ L'apprentissage moteur exige la participation active du patient
- ✓ L'ESF déclenchée par EMG favorise l'impulsion générée par le patient, l'initiation par le patient, ce qui soutient le processus d'apprentissage moteur



- ✓ a démontré un gain plus important de mouvements volontaires contrôlés et des activités quotidiennes auto-déclarées, de l'utilisation du bras et de la main, et de la récupération de l'AVC

(par rapport au traitement cyclique NMES du poignet uniquement)

Schick et al. (2022) *Healthcare*

BÉNÉFICES PROUVÉS (AVC)



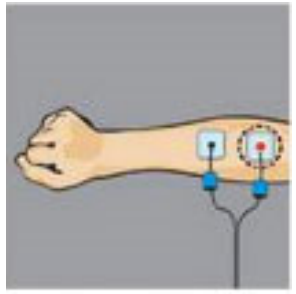


- Augmentation du recrutement musculaire
- Augmentation de l'extension du poignet et des doigts
- Augmentation de la force de préhension
- Augmentation de la mobilité du poignet
- Réduction de la spasticité des fléchisseurs et amélioration de la préhension
- Augmentation de l'activation corticale
- Amélioration de la fonction (p. ex. Box & Block Test, Fugl-Meyer Membre supérieur, indice de Barthel)

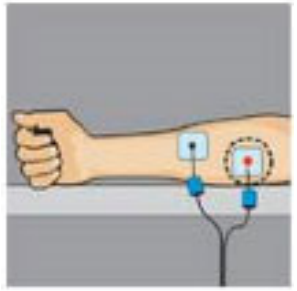
Nussbaum et al. (2017), Yang et al. (2019)

ESF-EMG

PRATIQUE: AMENER UN OBJET À LA BOUCHE (STIWELL)



Extensors of wrist and fingers



Flexor of wrist and fingers



Biceps



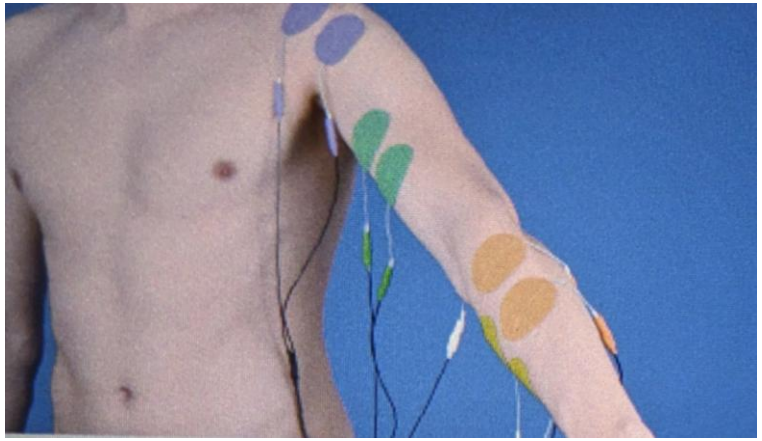
Deltoid

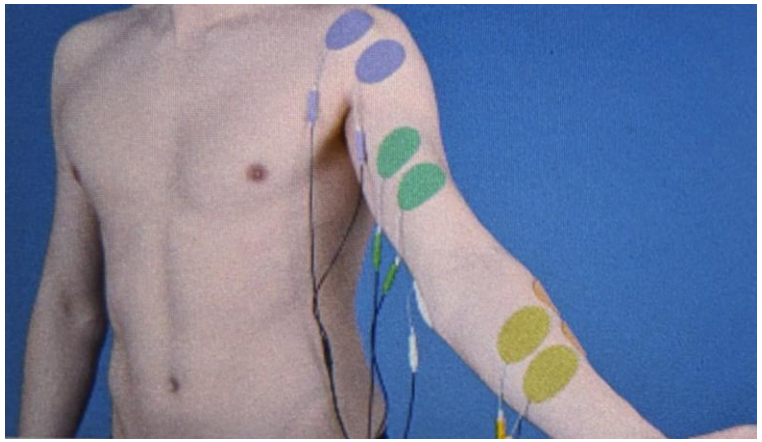


Schick et al. (2022)

ESF-EMG

POSITIONNEMENT DES ÉLECTRODES





Canal 1 (orange):

M. extensor carpi radialis longus

Canal 2 (jaune):

M. flexor digitorum superficialis

Canal 3 (vert):

M. biceps brachii

Canal 4 (violet):

M. deltoideus pars clavicularis

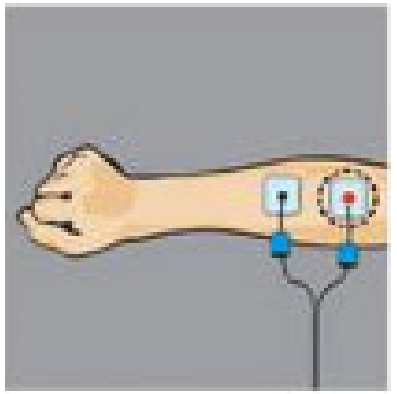
Utiliser l'électrode de référence (blanche)

ESF cyclique

RECOMMANDATIONS (SELON NUSSBAUM ET AL., 2017)

Placement des électrodes : en aval de l'origine de l'extenseur commun et à mi-chemin de la surface de l'extenseur de l'avant-bras (sur l'extensor carpi ulnaris, extensor carpi radialis, ou les 2 , afin d'obtenir une position neutre de deviation ulnaire /radiale)

Position : patient assis, coude fléchi à 90°, avant-bras en pronation



Extensors of wrist and fingers

Forme d'onde NMES : PC biphasique asymétrique

Fréquence : 30-40 Hz pour produire une tétanie

Durée de l'impulsion : 200 ou 300 µs

Amplitude du courant : intensité maximale tolérée par l'individu ; obtenir une extension complète du poignet et des doigts

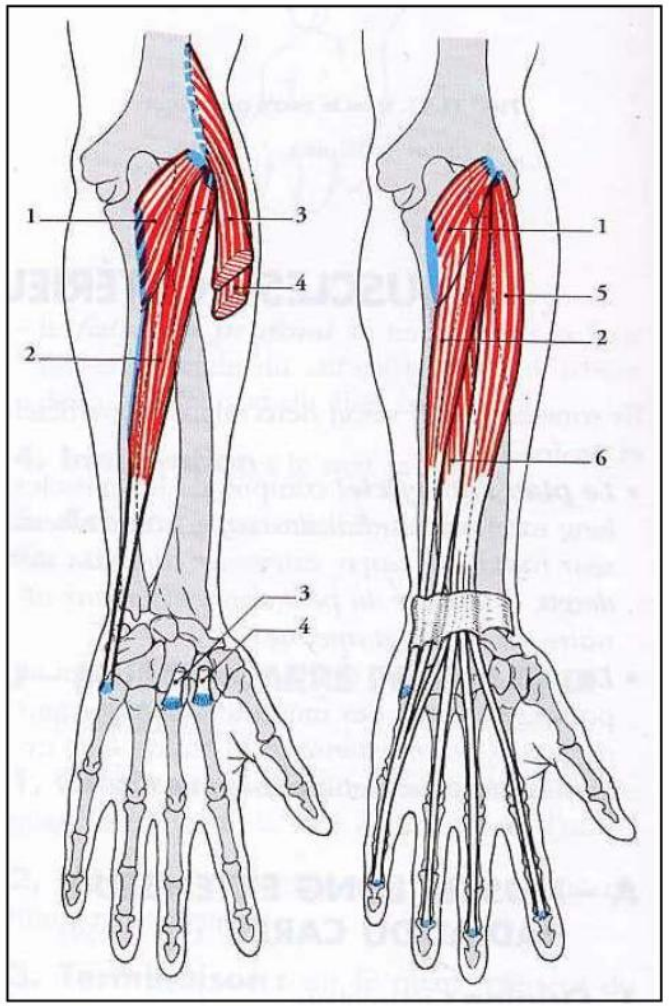
Cycle travail-repos : 10:30-60 sec pour éviter la fatigue musculaire

Programme de traitement : en moyenne 30 min/j

Fréquence des séances : 5 j/semaine sur 4-8 semaines,
1 semaine supplémentaire nécessaire si appliqué > 6 mois après l'AVC

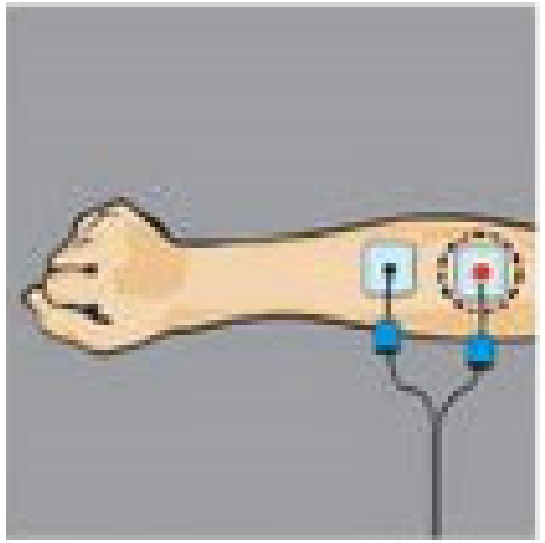
ESF cyclique

PRATIQUE : STIMULATION DES EXT POIGNET /DOIGTS



1. M. anconé
2. M. extenseur ulnaire du carpe
3. M. court extenseur radial du carpe
4. M. long extenseur radial du carpe
5. M. extenseur des doigts
6. M. extenseur du V

Kamina



Extensors of wrist and fingers

HESAV
Haute École de Santé – Vaud

ELECTROSTIMULATION NEUROMUSCULAIRE (NMES) POUR PRÉVENIR OU TRAITER LA SUBLUXATION D'ÉPAULE POST-AVC

Hes·so

GÉNÉRALITÉS – SÉCURITÉ

Il existe des sécurités sur la machine, mais… :

- Ne jamais effectuer un programme entraînement **pendant la charge de l'appareil**
- Ne **jamais retirer les électrodes** lorsqu'un programme est en marche (risque électricité passe par le cœur)
- Coller les électrodes sur une peau **propre et imberbe** (si nécessaire nettoyer peau ou raser)
- **Instructions au patient** tout au long du processus : s'assurer qu'il ait compris avant de le laisser effectuer le traitement seul (si c'est l'objectif ; p.ex. séances en dehors des thérapies ou location)

(Mode d'emploi Compex)

CONTRE-INDICATIONS

ABSOLUES

- Problèmes cardiaques : pacemaker
- Epilepsie
- Cancer
- Métastases
- Troubles cognitifs

PLACEMENT ÉLECTRODES :

- Faces latérales ou antérieure du cou (carotides)
- Thorax en cas d'arythmie
- Abdomen chez femme enceinte, port d'un stérilet (discuté), hernie abdominale ou inguinale
- Lésions cutanées ou zone infectée
- Thrombose

(Mode d'emploi Compex)

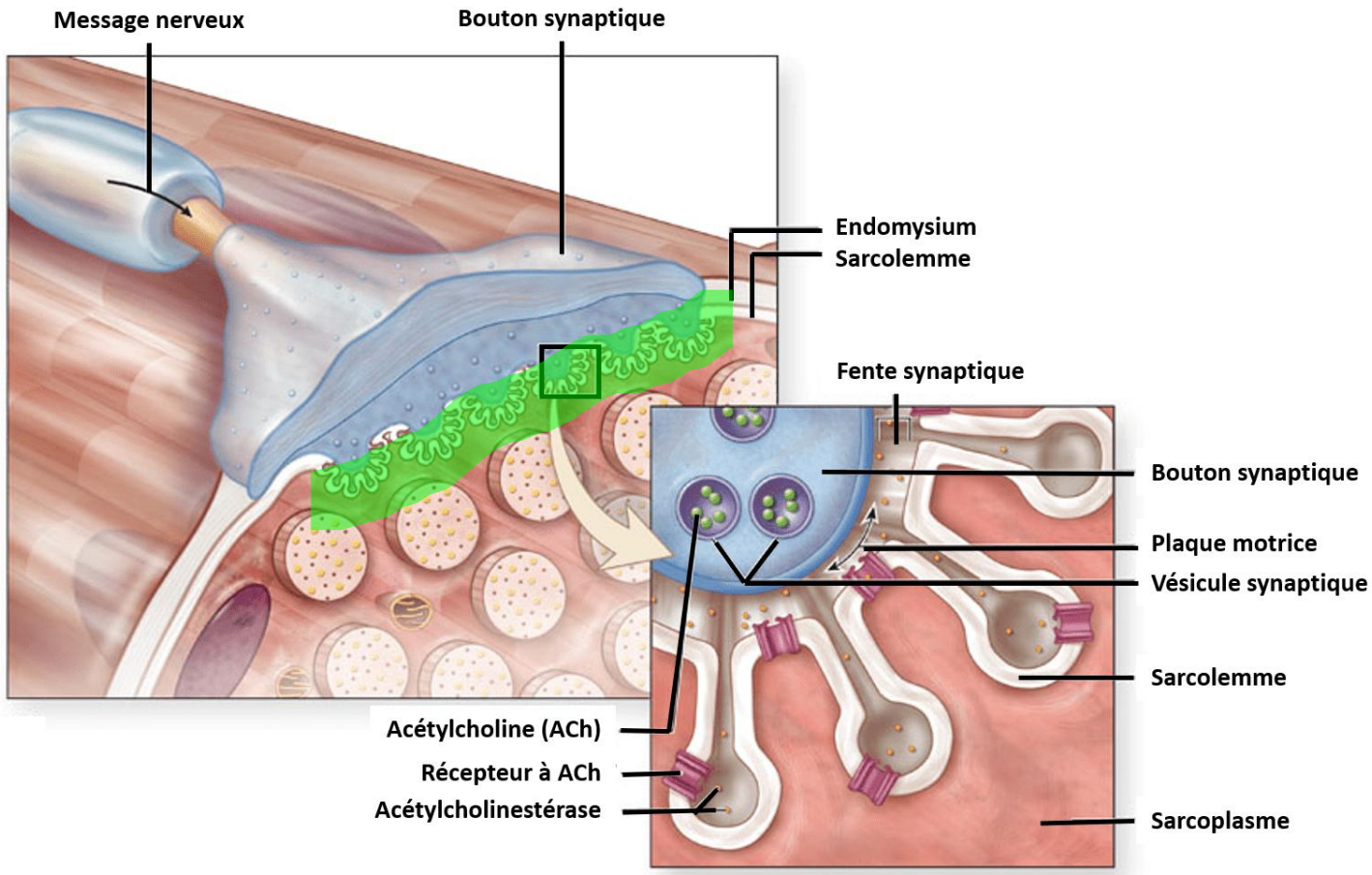
POINT MOTEUR

Zone où le muscle fournit une réponse maximale pour un stimulus électrique minimal.

Anatomiquement à **la plus grande concentration de plaques motrices**

➔ maximise le recrutement musculaire + minimise l'inconfort.

Vidéo 1 – recherche du point moteur



Synapse neuromusculaire

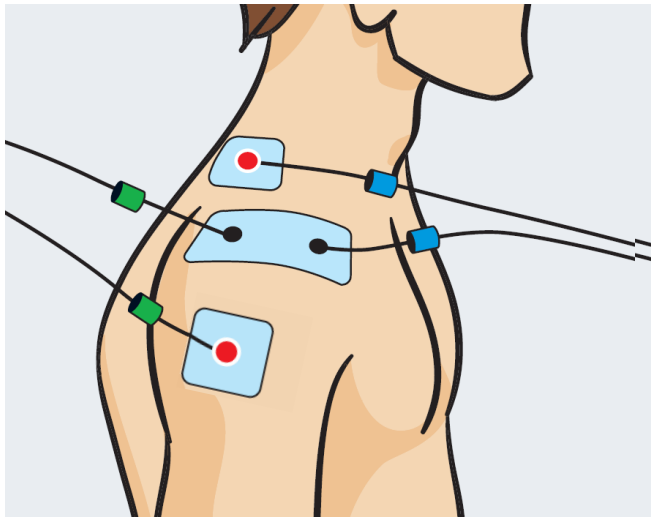
HESAV Hes·so

ESF cyclique

RECOMMANDATIONS (SELON NUSSBAUM ET AL., 2017)

Placement des électrodes : sur le corps du muscle du supraépineux et du deltoïde postérieur

Position : assis à côté d'une table, coude et avant-bras reposent sur coussin placé sur table. Position musculaire la plus confortable : contraction en course moyenne à longue.



Forme d'onde NMES : symétrique ou PC biphasique asymétrique

Fréquence : 30-35 Hz

Durée de l'impulsion : 250 ou 350µs

Amplitude du courant : suffisante pour produire une contraction agréable et maintenue réduisant la subluxation

Cycle travail-repos : ON-OFF 10-15 sec

Programme de traitement : **2-4 h /j**

Fréquence des séances : **7 j/semaine sur 4-6 semaines**, à initier **dès que la flaccidité se manifeste et avant l'apparition de douleur** (peut être débuté 24-72h après AVC).

SYNTHÈSE DE 3 PROGRAMMES

	AMYOTROPHIE	PIED HÉMIPLÉGIQUE	TENS (GATE CONTROL)
Positionnement d'électrodes	Monopolaire		Bipolaire
	Petite électrode (+) : point moteur du mm. Grande électrode (-) : proximalement sur muscle visé	Petite électrode (+) : tronc nerveux du mm. Grande électrode (-) : à proximité sur muscle innervé par même nerf	2 grandes électrodes de même surface par canal (= sensitif)
Type d'impulsions	biphasiques compensées symétriques (recrutement spatial maximal = max d'UM activées)		biphasiques compensées symétriques (adapté pour fibres sensitives si bipolaire)
Durée d'impulsion	Selon chronaxie des nerfs moteurs (pré-sélection de la partie du corps) + mi-SCAN	400 µs (chronaxie du nerf moteur fibulaire) + mi-SCAN	30/50/70 µs (chronaxie des fibres de la sensibilité tactile : très sensible/normal/peu sensible)
Fréquence	35 Hz / 45 Hz (tétanisation des fibres I - lentes)	50 Hz (tétanisation la plus basse pour développer F_{max})	100 Hz (fréquence des fibres nerveuses de la sensibilité tactile)
Durée rampe ↗	1,5 s	0,5 s	1,5 s
Durée phase	6 s	1,5 s	-
Durée rampe ↘	0,75 s	0,25 s	1,5 s
Durée totale	25 min	13 min	20 min
Intensité	Maximale selon confort (1ères séances : ↗ progressivement toutes les 3-4 contractions)	Minimale pour éviter la chute du pied lors de la marche	« Chatouillement » le plus fort possible sans stimulation musculaire » (mi-SENSOR)

LISTE DES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Etoom, M., Khraiwesh, Y., Lena, F., Hawamdeh, M., Hawamdeh, Z., Centonze, D., & Foti, C. (2018). Effectiveness of Physiotherapy Interventions on Spasticity in People With Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *97*(11), 793–807. https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000970

Gobbo, M., Maffiuletti, N. A., Orizio, C., & Minetto, M. A. (2014). Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 11, 17. https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-17

Nussbaum, E. L., Houghton, P., Anthony, J., Rennie, S., Shay, B. L., & Hoens, A. M. (2017). Neuromuscular Electrical Stimulation for Treatment of Muscle Impairment: Critical Review and Recommendations for Clinical Practice. *Physiotherapy Canada*, *69*(5), 1–76. https://doi.org/10.3138/ptc.2015-88

Schick, T. (2022). Functional Electrical Stimulation for Motor Function Disorders due to Damage to the Central Nervous System. In T. Schick (Ed.), *Functional Electrical Stimulation in Neurorehabilitation: Synergy Effects of Technology and Therapy* (pp. 53–94). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90123-3_6

Schick, T., Kolm, D., Leitner, A., Schober, S., Steinmetz, M., & Fheodoroff, K. (2022). Efficacy of Four-Channel Functional Electrical Stimulation on Moderate Arm Paresis in Subacute Stroke Patients—Results from a Randomized Controlled Trial. *Healthcare*, *10*(4), Article 4. https://doi.org/10.3390/healthcare10040704

Yang, J.-D., Liao, C.-D., Huang, S.-W., Tam, K.-W., Liou, T.-H., Lee, Y.-H., Lin, C.-Y., & Chen, H.-C. (2019). Effectiveness of electrical stimulation therapy in improving arm function after stroke: A systematic review and a meta-analysis of randomised controlled trials. *Clinical Rehabilitation*, *33*(8), 1286–1297. https://doi.org/10.1177/0269215519839165