

Dr. med. R. Hilbert

Neurophysiologische Grundlagen der elektrischen Muskelstimulation

Sensoren für äußere Reize, die auf den menschlichen Organismus wirken, liegen in den Muskeln (Mitte des Muskelbauches als Muskelspindeln - Längen-/Tonuskontrollsystem), in den Sehnen der Muskeln (Mitte der Sehnenfasern als Sehnenspindeln-Spannungskontrollsystem) und in der Haut (taktile Reize, thermische und chemische Reize). Eine elektrische Stimulation auf der Körperoberfläche führt zu einer Erregung aller Sensoren in der Muskulatur, in den Sehnen und in der Haut. Alle sensorischen Reize (taktile Sensationen, Positionssinn, Kinästhesie, physikalische Reize) werden als sogenannte Afferenzen sowohl über monosynaptische Regelkreise zu den Motoneuronen des Rückenmarkes als auch über propriozeptive Bahnen, sogenannte spinothalamische Afferenzen in verschiedene Bereiche des Zentralnervensystems wie Formatio reticularis, Basalganglien, Thalamus, motorischer Kortex weitergeleitet. Die als Antwort auf die sensorischen Reize von der grauen Substanz des Rückenmarkes und vom Zentralnervensystem ausgehenden sogenannten Efferenzen führen in der Peripherie auf der Ebene der Skelettmuskulatur zu mannigfaltigen motorischen Antworten und physiologischen Reaktionen: Von einer Änderung des Tonus, Länge und Spannungszustand des Muskels bis hin zu Veränderungen im Stoffwechsel der Einzelzelle. Jeder Skelettmuskel als regulatorischer Effektor der sensomotorischen Systeme des Körpers besitzt zwei Regelkreise zur Erhaltung des Muskeltonus, zur Sicherung der Orientierung im Raum. Vermittelt werden diese Regelkreise auf sensorischer Ebene im wesentlichen durch die Muskelspindeln (intramuskuläre Sensoren), in weitaus geringerem Maße durch die Spindeln, die in das Sehnengewebe eingelagert sind, die sogenannten Sehnenspindeln. Wird der Muskeltonus dauerhaft - immer wiederholend - überfordert (umgangssprachlich sollte man eher von: "der Muskeltonus wird gefordert, belastet" sprechen), führt das langfristig zu einer Vermehrung des kontraktile Apparates in der Muskulatur und damit zu einer regulatorisch-physiologischen Hypertrophie des Muskels.

Die Anwendung des EMS-Trainings als ganzheitliches und generalisiertes Training Zur Stabilisierung und zur Stärkung geschwächter Skelettmuskulatur, egal welcher Körperregion, ist herkömmliches Krafttraining eine weit verbreitete Methode. Die vorliegende Methode einer elektrischen Muskelstimulation (EMS-Training) ist nicht nur eine Alternative zum konventionellen Krafttraining sondern eine enorme Erweiterung des Wirkspektrums über ein bloßes Muskelaufbautraining hinaus.

1. Alle Muskelgruppen des Körpers werden gleichzeitig stimuliert und trainiert. Die stimulierenden Elektroden werden auf den größten Muskelgruppen des Körpers plziert. Dabei liegen die Elektroden auf dem Bereich, in dem sich im Muskelbauch intramuskulär die Muskelspindeln - der sensorische Apparat zur Regulation des Muskeltonus - befindet. Das hat zur Folge, dass die elektrischen Impulse - eine Entladung am postsynaptischen Bereich der neuromotorischen Endplatte bewirken. Es kommt zu einer andauernden Stimulation des Muskels und damit zu einer Dauerkontraktion der Muskulatur. - als Afferenzen die motorischen Zentren des Rückenmarkes aktivieren können, was zu einer unmittelbaren Kontraktion des stimulierten Muskels führt. - als Afferenzen über spinothalamische Bahnen in unterschiedliche Zentren des Zentralnervensystems gelangen. Von hier aus werden bei Dauer-Impuls-Stimulation über efferente Bahnen alle Muskelgruppen des Körpers

zur Kontraktion gebracht, auch jene, deren Muskelgewebe nicht in direktem Kontakt mit der Elektrode steht. Die Stimulation und das damit verbundene Training dieser anderen, nicht direkt stimulierten Muskelgruppen geschieht somit über den "Umweg - Zentralnervensystem", es entsteht also ein zentralnerval kontrollierter (ausgewogener, physiologischer) Trainingseffekt. Damit ist gewährleistet, dass durch Stimulation einiger weniger großer Muskelgruppen dennoch die gesamte Skelettmuskulatur stimuliert und trainiert wird, und zwar in der für den spezifischen Organismus effektivsten Form - durch eine zentralnervale Kontrolle.

2. Durch gleichzeitige Stimulation der propriozeptiven Hautrezeptoren erfolgt über polysynaptische Verschaltungen eine Stimulation von Motoneuronen mehrerer Segmente im Rückenmark; damit erfolgt eine zusätzliche Stimulation weiterer, nicht direkt stimulierter Muskelgruppen.

Die elektrische Stimulation auf der Hautoberfläche wird von den Hautrezeptoren über entsprechende Bahnen als Fremdreflex auf spinale Motoneuronen in mehreren Segmenten des Rückenmarks umgeschaltet. Diese als polysynaptische Reaktion bekannte Reizantwort führt dann zu einer Stimulation mehrerer Muskelgruppen. Eine polysynaptische Verschaltung führt zur Aktivierung von all jenen Muskelgruppen, die für die Ausführung komplizierter Bewegungen nötig sind; Bewegungen, die das geordnete Zusammenspiel vieler Muskelgruppen erfordern (Freihanteltraining, Bankdrücken). Eine Stimulation der Hautareale über einem einzelnen großen Muskel führt demnach zu einer Aktivierung, zu einem Training all jener Muskelgruppen, zu denen auch der einzelne, direkt stimulierte Muskel gehört.

3. Die Dauerstimulation führt zu einer physiologisch-kontrollierten Muskelhypertrophie.

Durch die elektrischen Impulse auf Muskel- und Hautgewebe werden Kontraktionen der Skelettmuskeln durch Depolarisationsvorgänge an der motorischen Endplatte des Muskels provoziert. Dauerstimulationen des Muskels - gleichbedeutend mit dauerhaften Überforderung des Muskeltonus - führen bei mehrfacher Anwendung zu einer Muskelhypertrophie. Da andererseits Zentren des Zentralnervensystems in die Stimulation involviert sind, erfolgt eine physiologisch kontrollierte Hypertrophie. Im Gegensatz dazu birgt ein Einzelmuskeltraining, egal welcher Art, bei unsachgemäßer Durchführung immer die Gefahr der Entwicklung einer unphysiologischen, einseitigen Muskelhypertrophie. Die Konsequenz dieser unphysiologischen Muskelhypertrophie ist im extremsten Falle eine Fibrosierung des Muskelgewebes (Umbau der Muskelfasern zu Bindegewebe = Gelosenbildung, Knötchenbildung) oder eine Einlagerung von Triglyzeriden und Cholesterin in das Muskelgewebe (Umbau der Muskelfasern zu Fettgewebe).

4. Die Stimulation führt zu einer Aktivierung von nichtmotorischen Zentren des Zentralnervensystems. Dadurch können viele, insbesondere vegetativ-regulatorische und hormonelle Funktionskreise im ganzheitlichen Sinne positiv/optimierend beeinflusst werden.

Die spinothalamischen Afferenzen, resultierend aus der Dauerstimulation der Muskelspindeln, werden im Rahmen des Lemniskussystems in viele nichtmuskuläre Regulationsbereiche des menschlichen Gehirns weitergeleitet. Von besonderem Interesse sind dabei - vegetative Zentren zur Herz-Kreislauf-Regulation, zur Atmungsregulation, zur Regulation der Stoffwechselorgane (Leber/Niere/Darm) als zentrale Verdauungs- und Entgiftungsorte des Organismus in der Formatio reticularis. -

Zentren im Zwischenhirn (Thalamus/Hypothalamus), die alle hormonellen Regelkreise des Körpers kontrollieren. Damit ist davon auszugehen, dass es im Rahmen der EMS-Anwendung zu einer positiven Beeinflussung, zur Normalisierung hormoneller Regelkreise und zum Ausgleich von Dysbalancen kommen wird. - Zentren zur Koordinations- und Positionskontrolle, wie die Basalganglien. Ausgesprochen interessant ist die Vorstellung, dass die Stimulation dieser Zentren möglicherweise Erkrankungen positiv beeinflusst, deren Pathogenese im Zusammenhang mit Veränderung in diesen Zentren steht (Mb. Parkinson, verschiedene Polyneuropathien) Eine moderate Dauerstimulation aller dieser Zentren, wie sie im Rahmen der EMS-Anwendung stattfindet, wird zur Optimierung und Effektivierung dieser Systeme führen. Die subjektiv geäußerten positiven Berichte von Trainingsprobanden bestätigen diese theoretischen Vermutungen. Weitere, bereits laufende wissenschaftliche Studien unter ärztlicher Aufsicht werden diese subjektiven Empfindungen objektivieren helfen.

5. EMS-Training-Anwendung als präventive, therapeutische und rehabilitative Methode bei einer großen Zahl sogenannter Volkskrankheiten.

Die positiven Wirkungen der EMS-Training-Anwendung bei vielen Beschwerden des gesamten Stütz- und Bewegungsapparates (Schmerzsymptomatiken, Degenerationen, Muskelatrophien, Muskelschwäche) sind subjektiv und teilweise auch objektiv bereits belegt. Viel interessanter und aussichtsreicher ist die mögliche positive Wirkung auf vegetative, hormonelle und stoffwechselregulatorische Systeme. Denkbar wird dies, weil die Stimulationen auf den großen Muskelgruppen über oben beschriebene Bahnen viele regulatorische Systeme des Zentralnervensystems erreicht. Es eröffnen sich völlig neue Perspektiven, die sogenannten Volkskrankheiten präventiv, rehabilitativ und/oder therapeutisch zu unterstützen. So können Systeme wie das Herz- Kreislauf-System (Hypertonie/ kardiale Beschwerden), verschiedene Stoffwechselsysteme (Fettleibigkeit/ Diabetes/Gicht) oder auch das Immunsystem (Infektionen/Rheuma) einem optimierenden Trainingseffekt unterliegen. Es erfolgt eine Art Konditionierung des gesamten Organismus.

Vergleich zu herkömmlichen "muskulären" Reizstromanwendungen

Die herkömmlichen Reizstromanwendungen (HRA) mit allen auf dem Markt zur Zeit verfügbaren Geräten zur Unterstützung muskulärer Rekonvaleszenz oder zur Stabilisierung der Muskulatur unterscheiden sich wesentlich von der dargestellten EMS-Training- Anwendung. Die HRAen werden über eine Stimulation der Sehnenspindeln realisiert - kleine Elektroden werden im Gebiet von Ursprung und Ansatz eines Muskels, also im Bereich der Sehne - appliziert. Zudem werden in den meisten Fällen nur einzelne Muskeln, oft nur ein einziger, in die Stimulation einbezogen. Damit sind die mit dem EMS-Training vergleichbaren Effekte weitaus geringer oder überhaupt nicht denkbar.

Zu 1. Gleichzeitigkeit der Stimulation vieler Muskelgruppen nicht gegeben.

Bei der HRA ist der Effekt im wesentlichen auf den stimulierten Einzelmuskel beschränkt. Sicher wird diese Stimulation auch Einfluß auf den Stoffwechsel der Muskelzellen haben, aber nur auf den des über die Sehnenspindeln spezifisch stimulierten Muskels. Es entfällt die bei EMS-Training-Anwendung so vorteilhafte generalisierte Wirkung auf alle anderen Muskeln, auf die gesamte quergestreifte Skelettmuskulatur.

Zu 2. Gleichzeitige, großflächige Stimulation der Propriozeptoren der Haut fehlt.

Schon allein aufgrund der Größe der bei HRA verwendeten Elektroden ist eine großflächige Wirkung nicht gegeben. Außerdem ist bekannt, dass die Verteilung der Rezeptoren in der Haut über den Sehnen spärlicher ist als über Muskelgewebe. Aus den beiden genannten Gründen ist eine analoge Wirkung auf das polysynaptische System der Fremdreiflexverarbeitung, wie man es bei EMS-Training beobachtet, kaum denkbar.

Zu 3. Hypertrophie der Muskulatur nicht möglich.

Beobachtungen haben zu der Erkenntnis geführt, dass eine Hypertrophie bei HRA erst sehr viel später eintritt und wenn, dann in nicht vergleichbarem Maße wie beim EMS-Training. Das macht natürlich auch Sinn im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtungsweise des gesamten Organismus. Würde die HRA zu einer analogen Muskelhypertrophie führen wie bei der Anwendung des EMS-Trainings, wäre aufgrund der Technik der HRA - es werden einige wenige Muskel oder gar nur einer - eine muskuläre Imbalance vorprogrammiert. Es würde also genau das Gegenteil von dem eintreten, was man sich von einem Muskeltraining erhofft.

Zu 4. Stimulation nichtmotorischer, vegetativer Zentren kaum denkbar.

Um eine generalisierte Wirkung auf nichtmotorische Zentren (vegetatives Nervensystem, Hormonsystem) im Gehirn zu erzielen, ist eine hohe Impulsdichte auf einer relativ großen Körperfläche nötig. Das ist im Gegensatz zur EMS-Training-Anwendung bei einer HRA nicht der Fall. Außerdem ist bekannt, dass bei Stimulationen der Sehnen-spindeln (HRA) die Reizschwelle wesentlich höher liegt als bei Stimulation der Muskelspindeln (EMS-Training). Das impliziert, dass bei HRA die Impulsintensität für eine Erregung nichtmotorischer Zentren nicht ausreichend ist.

Zu 5. HRA eignet sich nicht für eine Anwendung in Prävention und Rehabilitation von sogenannten Volkskrankheiten.

Aufgrund der fehlenden oder nur geringfügigen Wechselwirkungen der von den Sehnen-spindeln ausgehenden Afferenzen mit dem Zentralnervensystem ist davon auszugehen, dass eine HRA für Prävention und Rehabilitation nur geringfügig oder gar nicht geeignet ist. (Afferenzen der Sehnen-spindeln - sogenannte "Ib-Fasern"- sind wesentlich langsamer und uneffektiver als die von den Muskelspindeln ausgehenden Ia-Fasern.)