

**Zeitschrift:** Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

**Herausgeber:** Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

**Band:** 6 (1950)

**Heft:** 3-4

**Artikel:** Selektive elektrische Reizung degenerierter Muskeln

**Autor:** Fleisch, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-309049>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Physiologisches Institut der Universität Lausanne

## Selektive elektrische Reizung degenerierter Muskeln

Von A. Fleisch

Seit langem wird in der Klinik die elektrische Reizung der sich in Degeneration befindenden Muskulatur durchgeführt, in der Absicht und mit dem kaum fraglichen Erfolg, daß es dadurch gelinge, die Degeneration der Muskeln nach Unterbrechung der motorischen Innervation, wenn nicht zu verhindern, so doch zu verlangsamen. Dadurch wird der anatomische und funktionelle Zustand des entnervten Muskels verbessert, was sich im Zeitpunkt der Reinnervation durch Regeneration der motorischen Fasern günstig auswirkt. Die große Mehrzahl der Autoren bestätigt, daß tägliche Elektrotherapie die Muskelatrophie nach Unterbruch der motorischen Innervation wesentlich vermindern kann. Es erhebt sich aber die Frage, ob das Optimum des therapeutischen Erfolges mit den heutigen Methoden schon erreicht ist. Diese Frage ist um so berechtigter, als die adäquate Stromform noch ungenügend abgeklärt ist. Tatsächlich wird ungefähr alles verwendet: Induktionsströme, d. h. sehr kurz dauernde elektrische Schläge, andererseits galvanische Ströme, desgleichen sinusförmiger Wechselstrom. Wissenschaftlich untersucht sind namentlich der Gleichstrom und der Wechselstrom in Sinusform, wobei die verschiedensten Frequenzen zur Anwendung kommen.

Es schien uns, daß ein systematisches Studium der verschiedenen Stromformen nicht nur für die Physiologie, sondern namentlich auch für die therapeutische Anwendung von Interesse sein könnte, weshalb ich mit meinen Mitarbeitern *Baud*, *Waridel* und *Hofstetter* seit einiger Zeit dieses Thema experimentell untersuchte. Zur Anwendung kamen folgende Stromformen (Abb. 1): rechteckige Stromstöße von variabler Frequenz, die nach oben und nach unten um das elektrische Nullpotential schwanken (Abb. 1a); Kondensatorentladungen, wie sie in Abb. 1b abgebildet sind, wobei der Sinn der Stromrichtung dauernd wechselt, so daß ein Impuls aufsteigend, der andere absteigend das zu reizende Organ durchfließt; exponentielle Stromformen (Abb. 1c), die

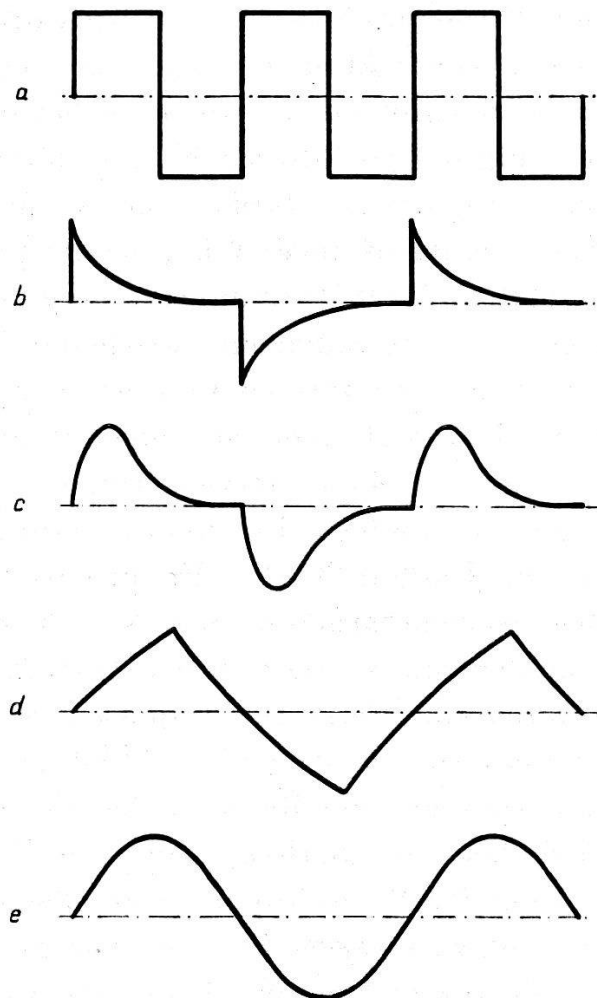


Abb. 1. Die hauptsächlich verwendeten Stromformen.

durch das System des Doppelkondensators erzielt werden, wobei die Dauer des einzelnen Impulses sowie die Anstiegszeit beliebig variiert werden können; Sägezahnform (Abb. 1 d) und Sinusform (Abb. 1 e). Bei allen diesen Stromformen werden die Frequenz bei 1 b und 1 c auch die Dauer des Impulses, unabhängig von der Frequenz, variiert. A priori kann vermutet werden, daß verschiedene Elemente von Einfluß sind, nämlich: 1. die Frequenz der Stromstöße pro Sekunde; 2. die Zeitdauer des Stromimpulses; 3. die Geschwindigkeit des Stromanstieges.

Bei Verwendung des sinusförmigen Wechselstromes 1 e oder des sägezahnförmigen 1 d hängen alle Faktoren zusammen und werden bei Änderung der Frequenz gemeinsam verändert. Ebenso ist die Dauer des Impulses bei 1 a eine reine Funktion der Frequenz. Mit den Formen 1 b und 1 c hingegen können die Faktoren Anstiegszeit und Impulsdauer unabhängig von der Frequenz verändert werden. Bezüglich der Apparatur und der technischen Details muß auf die Originalliteratur verwiesen werden (*Fleisch und Baud* [1], *Fleisch und Waridel* [2], *Fleisch* [3]). Als Untersuchungsobjekt verwendeten wir zunächst den Lumbal-

plexus und den Sympathicus des Frosches. Die Antwort auf Reizung des Plexus bestand in einer Kontraktion des *M. gastrocnemius*. Die gleichzeitige Reizung der beiden lumbalen sympathischen Grenzstränge erzeugte Gefäßverengung in den unteren Extremitäten, die bei künstlicher Durchströmung registriert wurde. Die erhaltenen Resultate wurden im Bull. Schweiz. Akad. med. Wiss. bereits publiziert (3). Wir beschränken uns deshalb auf eine Zusammenfassung der Resultate.

Obwohl die biologische Verschiedenheit zwischen den cerebrospinalen Fasern des Plexus und den vegetativen Fasern des Sympathicus groß ist, müssen wir feststellen, daß jede beliebige Stromform und jede beliebige Frequenz fähig ist, beide Nervensorten zu erregen. Auf die cerebrospinalen Fasern ist eine reine Frequenzänderung ohne Änderung der Stromform fast ohne Einfluß. Niedere Frequenzen von 0,8 bis 10 Hz wirken schwach auf den Sympathicus, da es sich hier um sogenannte iterative Systeme handelt, die weniger durch einen Einzelimpuls, sondern vorzugsweise durch eine Serie von Impulsen erregt werden. Alle Änderungen von Stromform, Anstiegszeit, Abfallszeit und Frequenz bedingen nur relative Änderung der Reizschwelle. Es gelingt aber nicht, eine Stromform zu finden, die überhaupt nur eine Nervenart erregen würde. Nur in der Nähe der Reizschwelle ist es möglich, die eine oder andere Nervenart isoliert zu erregen. Fast durchwegs sind die cerebrospinalen Fasern des Plexus viel empfindlicher als die sympathischen. Immerhin gibt es Stromformen, die stärker auf das vegetative System wirken. Dies ist der Fall bei langer Dauer des Einzelstimulus und langsamem Ansteigen des Potentials. Damit kann es gelingen, den Sympathicus selektiv zu reizen. Am wirksamsten ist immer der rechteckige Stromstoß 1a, d. h. der rasche Anstieg des Potentials. Jede Verlangsamung des Anstieges setzt die Reizschwelle in die Höhe.

Diese Untersuchungen über die selektive Reizung der sympathischen Fasern sind für das Studium der Reizung des degenerierenden Muskels von Bedeutung, weil der sich in Degeneration befindende Muskel in seinen elektro-physiologischen Eigenschaften sich demjenigen des Sympathicus angleicht.

Untersucht wurde die quergestreifte Muskulatur der Ratte, die sich nach Durchschneidung der motorischen Nerven in Degeneration befindet. Die klassische Reaktion auf Degeneration, auf die namentlich *Bourguignon* (4) hinweist, besteht in folgendem:

a) Verschwinden der Nervenerregbarkeit an der Eintrittsstelle in den Muskel;

b) Verminderung der faradischen Erregbarkeit des Muskels und Erhöhung der galvanischen Erregbarkeit.

*Technik.* Männlichen Ratten von 200 g wird in Narkose der Ischiadicus durchschnitten. Der zentrale Stumpf wird unter die Haut eingenäht, damit das Zusammenwachsen der durchschnittenen Enden unmöglich ist. In Zeitabständen von 2 Stunden bis zu 2 Monaten wird das Verhalten des durchschnittenen Nerven und des M. gastrocnemius untersucht. Die durch elektrische Reize ausgelösten Kontraktionen werden registriert.

Der periphere Nervenstumpf ist nur während der ersten zwei Tage erregbar. Nach dem dritten Tag hört seine Erregbarkeit plötzlich auf, welches auch die Intensität und die Art des Stromimpulses seien. Es handelt sich da um ein bekanntes Phänomen, das von *Richter* (5), *Rosenblueth* (6) und *Dempsey* (7) beschrieben ist. Verwenden wir zuerst die rechteckige Stromform (Abb. 1a) und ändern die Frequenz. Die Resultate sind folgende: Sowohl für den Nerv als für den Muskel, den normalen und den degenerierten, ist dies die wirksamste Stromform. Frequenzänderungen zwischen 1 und 500 Hz haben fast keinen Einfluß auf die Reizschwelle des Nerven und des normalen Muskels. Für den degenerierten Muskel hingegen ist die niedere Frequenz mit dem langdauernden Stromimpuls günstiger.

Verwenden wir die exponentielle Stromform von Abb. 1c und verändern die Anstiegszeit. Zu betonen ist, daß mit der Verlängerung der Anstiegszeit auch die Impulsdauer verlängert wird. Die Resultate gibt Abb. 2. Niedrigste Reizschwelle, also höchste Empfindlichkeit, zeigt der motorische Nerv. Mit zunehmender Verlängerung der Anstiegszeit steigt auch seine Reizschwelle. Für kurze Anstiegszeit (linkes Ende der Kurve) sind die Schwellen für den normalen und degenerierten Muskel gleich hoch. Verlängerung der Anstiegszeit und der Stromdauer setzt die Reizschwellen herab, besonders diejenigen des degenerierten Muskels, der gegenüber dem normalen Muskel wesentlich empfindlicher ist. Wenn wir somit zu einer selektiven Reizung der degenerierten Muskulatur kommen wollen, so müssen wir lange Anstiegszeiten und lange Stromimpulse verwenden, was andererseits eine niedrige Frequenz bedingt. Tatsächlich sind Anstiegszeiten von 60 msec ( $= 1/1000$  sec) nur bis zu Frequenzen von ungefähr 8 pro sec möglich.

Ähnliche Resultate gibt uns auch die Sägezahnform 1d (Abb. 3). Nach rechts nimmt die Frequenz ab, d. h. die Anstiegszeit und die Dauer des Einzelimpulses nehmen zu. Dies begünstigt die selektive Reizung der degenerierten Muskeln. Wenn eine systematische Therapie der denervierten Muskulatur gemacht werden soll, um sie vor Degeneration zu schützen, so ist es zum mindesten wünschenswert, die degenerierende Muskulatur allein oder wenigstens vorzugsweise zu reizen und nicht hauptsächlich die normale Muskulatur. Diese selektive Reizung des degenerierten Muskels ist möglich eben durch Verwendung niederer Fre-

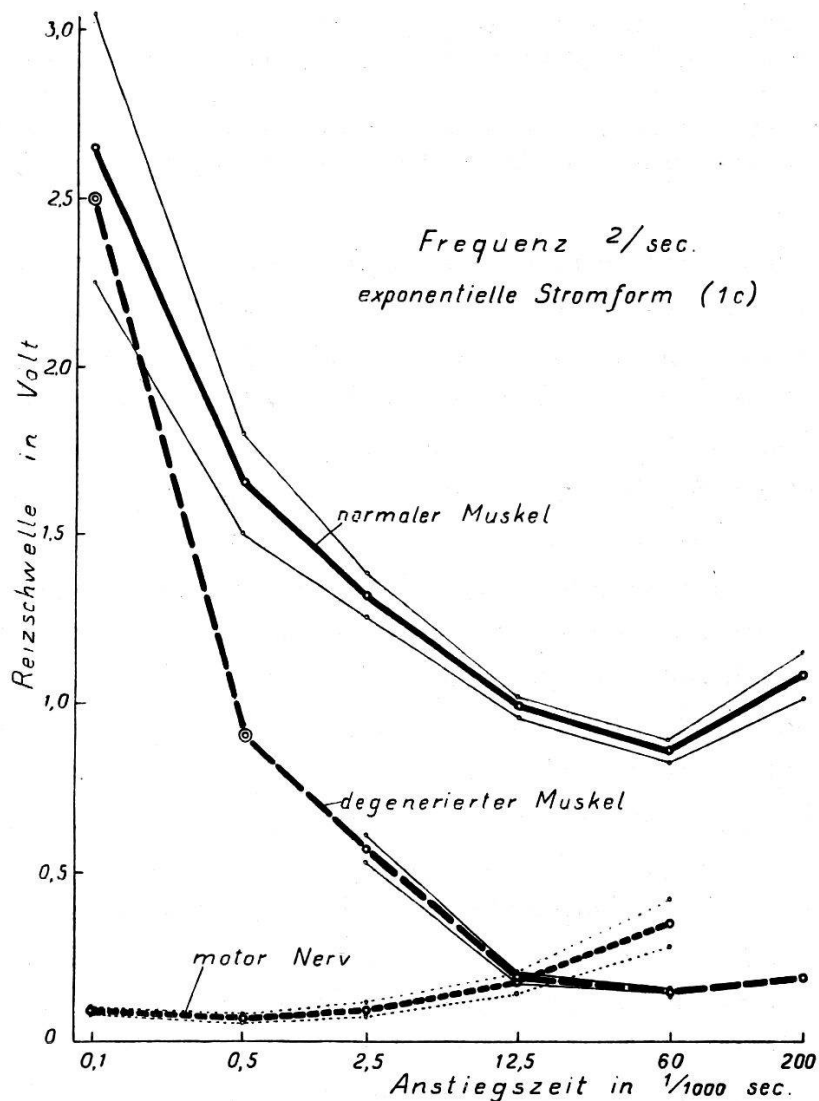


Abb. 2. Abhängigkeit der Reizschwellen von der Anstiegszeit (Abszisse) des Stromimpulses und damit auch der Impulsdauer (Stromform 1c). Fette Linien = Mittelwerte. Die dünnen Linien entsprechen  $\pm \varepsilon$  des Mittelwertes.

quenzen mit langsamem Stromanstieg und langer Dauer des Einzelimpulses. Dabei ist es ziemlich gleichgültig, ob wir eine exponentielle Stromform (Abb. 1c) oder die Sägezahnform (1d) oder den langsamen sinusoidalen Wechselstrom (1e) verwenden. Das Wesentliche ist langsamer Anstieg, lange Dauer des Stromimpulses und damit niedere Frequenz. Dabei sind die Reizschwellen für den degenerierten Muskel nur ungefähr  $\frac{1}{5}$  derjenigen des normalen Muskels. Es ist uns im Experiment an der Ratte wohl gelungen, die degenerierte Muskulatur selektiv zu reizen, aber es dürfte in der Therapie die ausschließliche Reizung der degenerierten Muskulatur kaum möglich sein; denn verschiedene Autoren weisen darauf hin, daß es nicht genügt, schwache Kontraktionen der degenerierenden Muskulatur hervorzurufen, sondern es brauche intensive Kontraktionen, die nur durch intensive Reize ausgelöst werden können. Sobald aber der therapeutische elektrische Reiz 5–10mal größer ist als

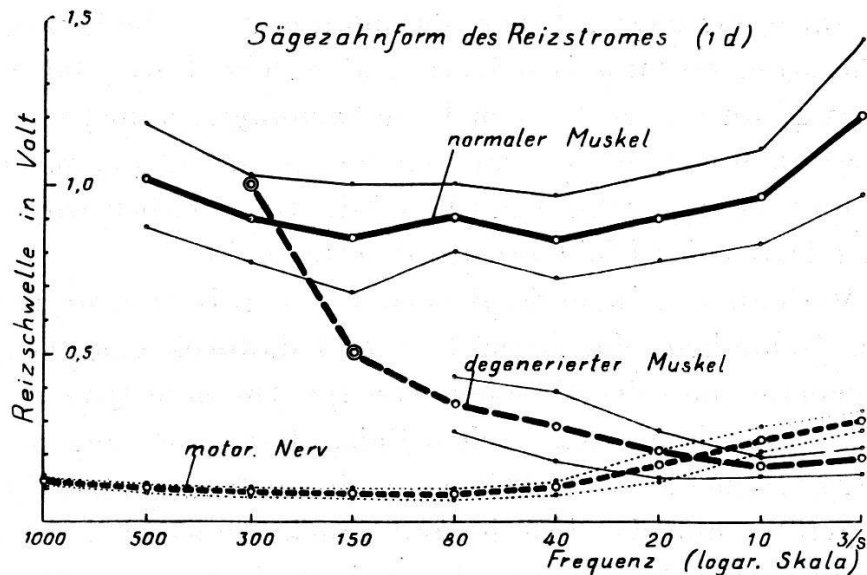


Abb. 3. Abhängigkeit der Reizschwellen von der Frequenz. Die Stromimpulse haben die Sägezahnform von Abb. 1d. Fette Linien = Mittelwerte. Die dünnen Linien entsprechen  $\pm \epsilon$  des Mittelwertes.

die Reizschwelle, reagiert auch die normale Muskulatur. Je langsamer der Stromanstieg, also je kleiner die Frequenz ist, um so spezifischer wird die degenerierende Muskulatur erregt; aber allzu niedere Frequenzen sind für den degenerierenden Muskel wenig wirksam. Dementsprechend haben amerikanische Autoren (*Grodins, Osborne, Johnson, Arana* und *Ivy* [8]) für Wechselstrom gefunden, daß Frequenzen von ungefähr 25 pro Sekunde notwendig sind, um kräftige Kontraktionen zu erzeugen und damit die Atrophie zu verhindern.

Diese Untersuchungen haben also zu einem in gewisser Hinsicht enttäuschenden Resultat geführt, nämlich daß keine Stromform existiert, die nur bei der degenerierten Muskulatur kräftige Kontraktionen erzeugt, ohne die gesunde Muskulatur namentlich über deren motorische Fasern ebenfalls zu erregen. Noch in einer anderen Hinsicht ist dieses Resultat enttäuschend. Wir haben eingehende Untersuchungen darüber ausgeführt, welche Stromform die Schmerzempfindung am leichtesten auslöse. Für die Elektrotherapie wäre es wünschenswert, eine Stromform zu besitzen, die wohl die degenerierende Muskulatur stark erregt, auf die Schmerzempfindung aber nicht einwirkt. Dies existiert nun aber nicht. Auch für die Schmerzempfindung müssen wir sagen, daß praktisch jede Stromform und jede Frequenz wirksam ist. Am stärksten wirken auf Schmerzempfindung gerade diejenigen Stromformen, die für den degenerierten Muskel günstig sind, nämlich niedere Frequenz, langsamer Anstieg des Potentials und lange Dauer des Einzelimpulses. Eine Elektrotherapie degenerierender Muskeln ohne Schmerzempfindung kann durch Wahl der Stromform nicht erreicht werden.

Wir kommen zur letzten Frage, dahinlautend, ob die Elektrotherapie die Degeneration hintanhalten kann und welche Form dafür geeignet ist. Auf Grund unserer bisherigen Untersuchungen haben wir nur noch zwei Stromformen verwendet, nämlich den sinusförmigen Wechselstrom (Abb. 1e) und die Sägezahnform (Abb. 1d). Dann haben wir weiter den Einfluß der Dauer der Elektrotherapie untersucht.

Unsere Methode war folgende. Bei erwachsenen Ratten wird auf beiden Seiten der Ischiadicus durchgeschnitten und dadurch eine Atrophie des M. gastrocnemius und des M. soleus erzeugt. Die eine Hinterextremität wird nachher täglich der elektrischen Behandlung unterzogen. Die Reizstärke betrug immer 2,5 mA. 28 Tage nach der Nervenresektion werden die Tiere getötet und das Frisch- und Trockengewicht des Komplexes Gastrocnemius und Soleus auf der behandelten und unbehandelten Seite bestimmt. Die nachfolgenden Prozentzahlen bedeuten das Mehrgewicht der behandelten Muskulatur, die unbehandelte gleich 100 gesetzt.

Untersuchen wir zunächst einmal den Einfluß der Reizfrequenz mit sinusförmigem Wechselstrom. Die Elektrotherapie dauerte in allen diesen Fällen 15 Minuten pro Tag (Abb. 4). Auf der Abszisse befindet sich die Frequenz pro Sekunde, auf der Ordinate die Gewichtserhöhung in Prozent. Die oberen Punkte entsprechen der Gewichtserhöhung

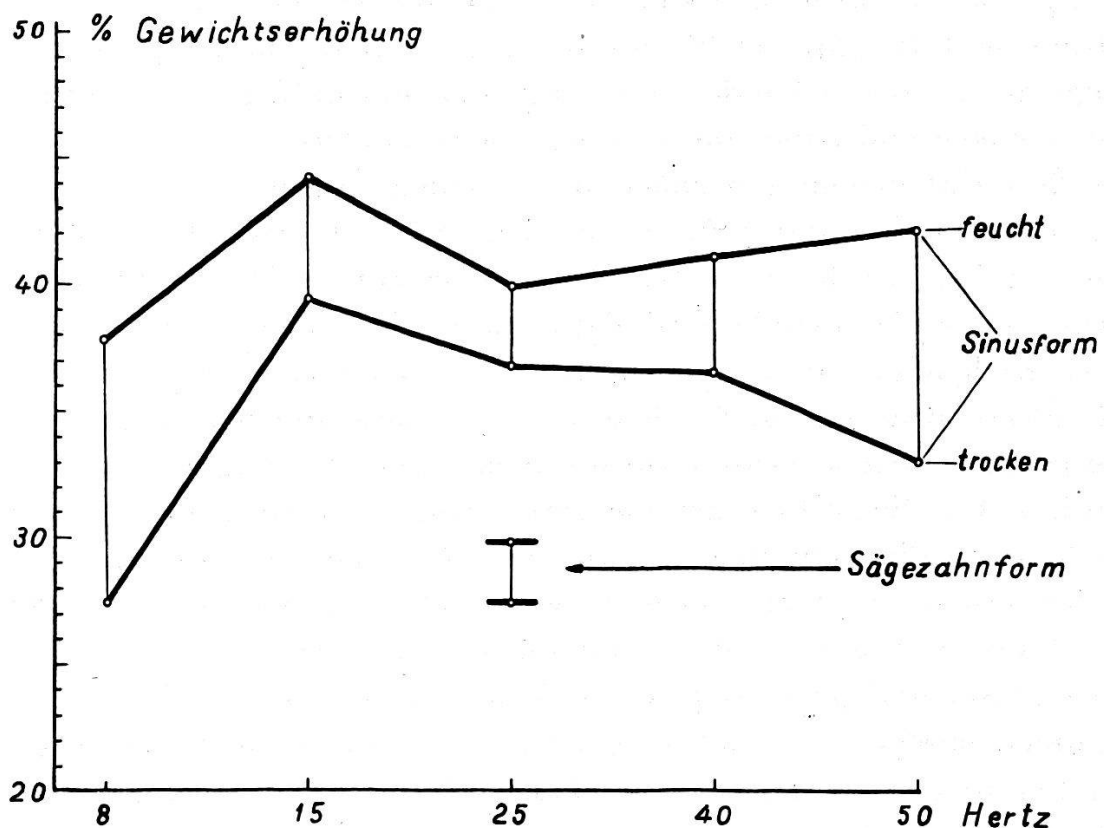


Abb. 4. Gewichtserhöhung (Ordinate) denervierter Muskulatur durch Elektrotherapie bei verschiedener Frequenz (Abszisse). Dauer der Behandlung 15 Min. pro Tag, Stromstärke 2,5 mA.



feucht gewogen, die unteren Punkte der Gewichtserhöhung trocken gewogen. Die Frequenz von 8 pro Sekunde ergibt die niedrigsten Werte. Alle anderen geprüften Frequenzen von 15–50 ergeben höhere Resultate, die unter sich aber annähernd identisch sind. Die beobachteten Unterschiede zwischen 15 und 50 Hz sind nicht signifikant. Die Sägezahnform mit 25 Hz wirkt deutlich schlechter als die Sinusform. Wir können also zusammenfassend feststellen, daß zur Verhinderung der Atrophie nach Entnervung der sinusförmige Wechselstrom günstiger ist als die Sägezahnform und daß alle Frequenzen zwischen 15 und 50 pro Sekunde ähnliche Wirksamkeit besitzen und daß niedrige Frequenzen eher weniger geeignet sind.

Im weiteren haben wir eine große Versuchsserie durchgeführt, um den Einfluß der täglichen Behandlungsdauer abzuklären. In Abb. 5 ist als

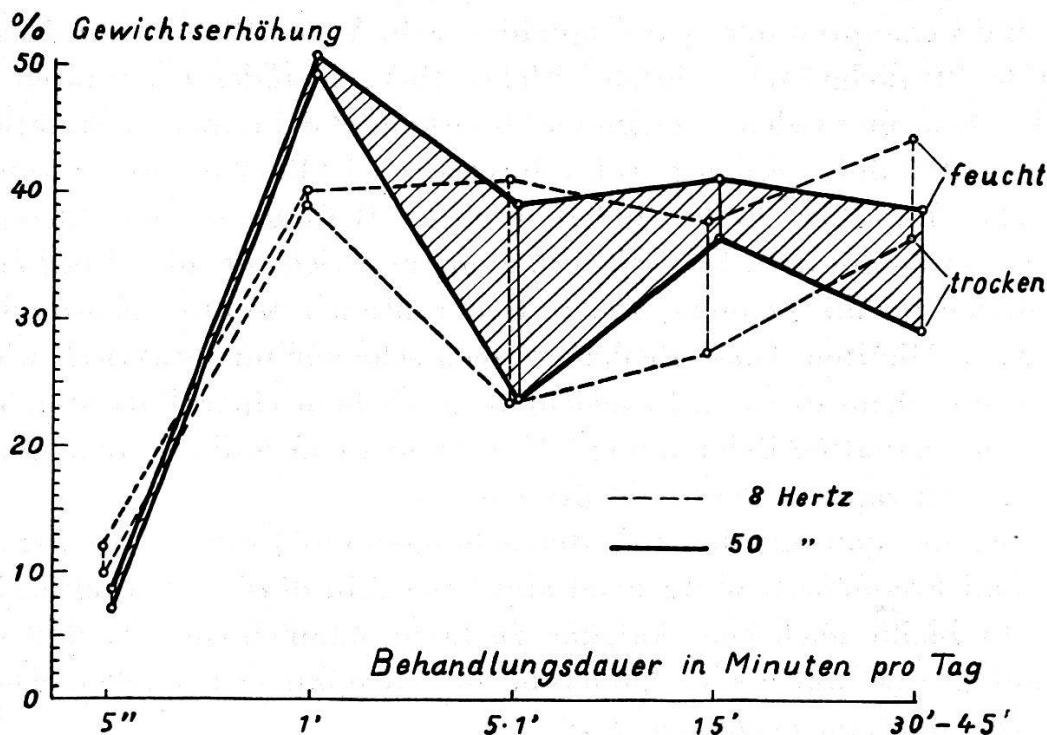


Abb. 5. Gewichtserhöhung (Ordinate) denervierter Muskulatur durch Elektrotherapie in Abhängigkeit von der täglichen Behandlungsdauer. Stromform sinusförmiger Wechselstrom von der Frequenz 8/s (punktirierte Linien) und der Frequenz 50/s (ausgezogene Linien). Stromstärke 2,5 mA. Die obere Kurve entspricht der prozentualen Gewichtserhöhung des feucht gewogenen, die untere des trocken gewogenen Muskels.

Abszisse die Behandlungsdauer pro Tag aufgetragen und als Ordinate die Gewichtserhöhung der denervierten Muskulatur. Die obere Linie bedeutet die Gewichtserhöhung der feucht gewogenen, die untere Linie die Gewichtserhöhung der trocken gewogenen Muskulatur. Die punktierten Linien sind bei der Frequenz 8 pro Sekunde, die ausgezogenen bei 50 pro Sekunde erhalten worden. Das Resultat ist überraschend.

Eine tägliche Behandlungsdauer von 1 Minute oder 5mal 1 Minute oder 15 Minuten oder 40–45 Minuten ergibt praktisch immer dasselbe Resultat. Die Unterschiede sind nicht signifikant. Nur der äußerste linke Punkt, nämlich die Behandlungsdauer von nur 5 Sekunden einmal im Tag, produziert eine wesentlich kleinere Gewichtserhöhung, und der Unterschied gegenüber allen anderen Punkten ist statistisch signifikant. Diese Resultate sind gültig sowohl für die Frequenz von 8 pro Sekunde (punktierte Linie) wie auch für die Frequenz von 50 pro Sekunde (ausgezogene Linie). Es ist höchst erstaunlich, daß eine Elektrotherapie von 1 Minute Dauer pro Tag den gleichen Effekt erzeugt wie 5mal 1 Minute oder halbstündige Sitzungen, und dies gibt dem Physiologen schwierige Probleme auf. Man muß sich fragen, ob es sich wirklich um eine Arbeitstherapie handelt, dann könnten sich Sport- und Turnstunden auf 1 Minute pro Tag beschränken, was wohl niemand behaupten oder gar empfehlen will. Vermutlich ist die Erhaltung des Muskelgewichtes infolge Elektrotherapie anderen Faktoren zuzuschreiben, aber welchen, bleibt vorläufig Objekt der reinen Spekulation.

Unsere Befunde werden gestützt durch ähnliche Beobachtungen amerikanischer Forscher. *Eccles* (9) hat ähnliche Befunde für die Atrophie infolge Immobilisation im Gips erhalten, und *Solandt* mit Mitarbeiter (10) finden für die Atrophie infolge Denervation 1 Minute ebenso wirksam wie 5 Minuten. Diese Beobachtungen scheinen uns praktisch wichtig zu sein, denn es ist nicht gleichgültig, ob man einen Patienten mit einer schmerzhaften Behandlung 1 Minute oder eine halbe Stunde quält, wenn der therapeutische Effekt derselbe ist.

Es scheint, daß mit diesen Untersuchungen das Problem der Stromform und Frequenzen weitgehend abgeklärt sein dürfte. In praktischer Hinsicht bleibt noch eine Aufgabe zu lösen, nämlich, den Einfluß der Stromintensität auf die Verhinderung der Atrophie festzustellen. Diese Versuche sind erst begonnen worden.

### *Zusammenfassung*

Zusammenfassend können wir feststellen, daß mit jeder Stromform und jeder Frequenz praktisch alles gereizt werden kann. Es gibt keine qualitative, sondern nur quantitative Selektion. Am wirksamsten ist immer der rechtwinklige, d. h. der rapid ansteigende Stromstoß. Vegetative Fasern und degenerierte Muskeln können selektiv gereizt werden mit langsam ansteigenden Stromimpulsen von längerer Dauer. Unglücklicherweise ist die optimale Stromform für den degenerierenden Muskel auch die optimale Stromform für Auslösung der Schmerzempfindung.

Kurz dauernde Elektrotherapie von ca. 1 Minute Dauer pro Tag gibt den gleichen Erfolg wie mehrmalige Sitzungen oder Sitzungen von langer Dauer.

### *Résumé*

L'action de différentes formes et fréquences d'impulsions électriques est examinée dans le but d'une excitation sélective de différentes fibres nerveuses et du traitement de muscles dénervés. On a varié indépendamment la fréquence, la vitesse d'ascension, la vitesse de descente et la durée des impulsions électriques. Bien que la différence biologique soit grande entre les fibres nerveuses cérébrospinales et végétatives, il n'existe ni de formes ni de fréquences de courants qui n'exciteraient qu'un seul système. Ce n'est qu'au voisinage du seuil d'excitation qu'il est possible d'exciter isolément l'un ou l'autre des types de nerfs. Les fibres cérébrospinales sont presque toujours plus sensibles que les fibres sympathiques; toutefois il est possible d'exciter sélectivement le sympathique par des stimuli de longue durée dont le potentiel s'élève lentement. La musculature en dégénérescence est caractérisée par un seuil d'excitation nettement plus bas que celui de la musculature normale. Ici non plus il n'existe point de formes ou de fréquences qui provoquent une contraction forte de la musculature en dégénérescence sans exciter simultanément les fibres nerveuses motrices de la musculature normale. Les formes de courants particulièrement favorables pour l'excitation de la musculature en dégénérescence – ascension lente du potentiel et longue durée de l'impulsion – sont malheureusement aussi particulièrement efficaces pour le déclenchement de la douleur.

Il est possible par une électro-thérapie quotidienne d'augmenter le poids de la musculature dénervée de 30 à 50% relativement à la musculature dénervée non-traitée. Des effets favorables identiques sont obtenus par des courants alternatifs sinusoïdaux à toutes les fréquences entre 15 et 50 par seconde. Des fréquences plus basses par contre semblent être moins efficaces. Il est frappant de constater qu'une électro-thérapie quotidienne d'une durée de 1 minute par jour produit le même effet qu'une application de 1 minute répétée 5 fois, ou qu'un traitement quotidien de 15 ou de 30 minutes. Cependant, une durée de traitement de 5 secondes seulement par jour ne produit qu'un effet nettement plus faible.

### *Riassunto*

L'A. ha eseguito ricerche sul modo di azione dei diversi tipi e frequenze d'impulsi elettrici, in rapporto alla stimolazione selettiva dei diversi sistemi di fibre nervose e all'influenza terapeutica sui muscoli denervati.

Furono isolatamente sperimentati la frequenza, la durata come pure la rapidità dei cambiamenti di potenziale del singolo impulso.

Sebbene la diversità biologica tra le fibre cerebrospinali e vegetative è grande, non si è riusciti a trovare il tipo o la frequenza di corrente che stimoli isolatamente o l'una o l'altra delle fibre. Ciò è invece possibile in prossimità della soglia d'eccitamento. Quasi sempre le fibre cerebrospinali sono più sensibili delle simpatiche; si riesce però a stimolare selettivamente il simpatico con uno stimolo di lunga durata, il cui potenziale venga aumentato lentamente.

La muscolatura in corso di degenerazione è caratterizzata da una soglia di eccitamento molto più bassa di quella normale. Anche in tal caso non esiste nè tipo nè frequenza di corrente che stimoli fino a forte contrazione, solo il muscolo leso, senza che quello sano, tramite le fibre motorie, vi partecipi pure.

Sfortunatamente i tipi di corrente molto favorevoli per il muscolo in corso di degenerazione - aumento lento del potenziale e lunga durata del singolo stimolo - irritano allo stesso tempo le terminazioni dolorifiche. Applicando giornalmente l'elettroterapia, si riesce ad aumentare del 30-50% il peso del muscolo denervato in confronto di quello denervato e non trattato. Le correnti alternate sinusoidali producono i medesimi effetti favorevoli anche se la frequenza varia tra 15 e 50 periodi. Le frequenze minori sembrano invece essere meno efficaci. Strano è il fatto che l'elettroterapia applicata giornalmente una sol volta per la durata di 1 minuto è altrettanto efficace quanto se applicata 5 volte per 1 minuto o giornalmente per 15 o 30 minuti. L'applicazione giornaliera per soli 5 secondi invece lo è molto meno.

### *Summary*

The way in which the most varied forms and frequencies of electrical impulses act was investigated with respect to the selective irritation of various nerve fibre systems and the therapeutic on denervated muscles. In the current impulses the frequency, the duration of increase, the speed of decrease and the duration of the single impulse were separately varied.

Although the biological difference between cerebrospinal and vegetative fibres is great, it is not possible to find a type of current or frequency which only irritates the one system. It is only possible to stimulate the one or the other nerve type separately in the vicinity of the stimulus-threshold. The cerebrospinal fibres are almost throughout more sensitive than the sympathetic; however, the sympatheticus was

successfully irritated selectively by a long duration of the single stimulus and by a gradual increase of the potential.

Musculature in degeneration is characterized by a considerably lower stimulus-threshold, as compared with normal musculature. Here, too, there is no current type or frequency which causes only the degenerating musculature to contract sharply without also likewise stimulating the healthy musculature by way of its motor fibres. Unfortunately the types of current which are particularly advantageous for degenerating musculature – a slow increase in potential and a long duration of the single impulse – are also particularly effective in eliciting pain.

By daily electrotherapy, the weight of denervated muscles can be successfully raised by 30–50%, compared with denervated untreated musculature. Sinus-shaped alternating current yields the same good effect with all frequencies between 15 and 50 per second. Lower frequencies, on the other hand, seem to be less effective. Very remarkable is the finding that daily electro-therapy of only 1 minute duration gives the same effect as five times 1 minute, or 15 or 30 minutes. Only 5 seconds daily treatment time, on the other hand, has a much weaker effect.

1. *Fleisch, A., und Baud, Ch.*: *Helv. physiol. Acta* **6**, 157 (1948). – 2. *Fleisch, A., und Waridel, A.*: *Helv. physiol. Acta* **6**, 739 (1948). – 3. *Fleisch, A.*: *Bull. Acad. suisse Sci. méd.* **4**, 295 (1948). – 4. *Bourguignon, G.*: *Traité de physiologie normale et pathologique* **8**. – 5. *Richter, J.*: *Pflügers Arch.* **237**, 319 (1936). – 6. *Rosenblueth, A.*: *Amer. J. Physiol.* **128**, 19 (1939). – 7. *Dempsey, O.*: *Amer. J. Physiol.* **128**, 19 (1939). – 8. *Grodins, F. S., Osborne, S. L., Johnson, F. R., und Ivy, A. C.*: *Amer. J. Physiol.* **142**, 216 u. 222 (1944). – 9. *Eccles, J. C.*: *Med. J. Austral.*, **181** (1941). – 10. *Solandt, D. J., Delury, D. B., und Hunter, J.*: *Arch. Neur.* **49**, 802 (1943).