

H. U. MAY

Elektrochemische, elektrobiochemische und elektrophysikalische Grundlagen hormonähnlicher Wirkungen von Hochtonfrequenz-Strömen

Grundsätzliche Vorbemerkungen: Hormone - Definition und allgemeine Eigenschaften

Der Begriff "Hormon" ist abgeleitet von einem griechischen Verb, das "anregen", "antreiben", "erregen" bedeutet.

Hormone sind Botenstoffe, welche die Aktivitäten verschiedener Zellen in vielzelligen Organismen koordinieren.

Hormone sind Stoffe, die von spezifischen Geweben bzw. Organen (Hormondrüsen) synthetisiert werden.

Hormone werden von ihrem Bildungsort mit dem Blut an ihren Wirkungsort transportiert.

Hormone ändern in spezifischer Weise die Aktivitäten bestimmter Gewebe, die auf sie ansprechen.

Es gibt zahlreiche chemisch unterschiedliche Hormone. Entsprechend ihrem chemischen Aufbau lassen sie sich in Gruppen einteilen. Es ergeben sich zwei Hauptgruppen, wenn die Löslichkeit - in Wasser einerseits und in Lipiden (Fetten, Ölen, Wachsen und ähnlichen fett-ähnlichen Substanzen) andererseits - als Einteilungskriterium dient:

1. In Wasser lösliche und in Lipiden unlösliche Hormone bezeichnet man als "hydrophile", "lipophobe" Hormone.
2. In Lipiden lösliche und in Wasser unlösliche Hormone bezeichnet man als "lipophile", "hydrophobe" Hormone

Alle Hormone sind primär extrazelluläre Botenstoffe, die hydrophilen ausschließlich, die lipophilen zusätzlich sekundär auch intrazelluläre Botenstoffe, da sie durch die lipophilen Zellmembranen diffundieren können.

Konformation und Konformationsänderung

Hydrophile Hormone docken an bestimmten Stellen, "spezifischen Rezeptormolekülen" der Außenfläche der Zellmembran an und reagieren mit diesen membranständigen Rezeptormolekülen, genauer gesagt: Sie veranlassen sie zu einer sogenannten "**Konformationsänderung**".

Als **Konformation** bezeichnet man in der Chemie die räumliche Lagerung der Atome in einem Molekül, zum Beispiel die gerade anzutreffende genaue Form eines Proteins oder eines

anderen Makromoleküls im dreidimensionalen Raum, die sich allerdings, wie gesagt, ändern kann..

Eine **Konformationsänderung** eines in einer Zellmembran als Rezeptor dienenden Moleküls wird zu einem durch die Zellmembran ins Innere der Zelle übertragenen Signal: Dieses Signal gibt den Anstoß zur Veränderung der Konzentration mindestens eines spezifischen intrazellulären Botenstoffes.

Die Konformationsänderung als Schlüssel zum Verständnis hormonähnlicher Stromwirkungen

In der **Konformationsänderung** liegt auch der Schlüssel für das Verständnis der Ähnlichkeit von Wirkungen hydrophiler Hormone und von besonders interessanten Wirkungen bestimmter Ströme auf die Bildung intrazellulärer Botenstoffe.

Konformationsänderungen können nämlich offenbar nicht nur durch Hormone sondern auch durch bestimmte elektrische Beeinflussungen erreicht werden, denn auch mit elektrischen Kräften, z. B. elektrischen Wechselfeldern des Hochton- und Ultraton-Bereiches ließen sich in Zellkulturen Änderungen der intrazellulären cAMP-Konzentrationen bewirken.

Nach allgemeinen elektrophysikalischen bzw. elektrochemischen Gesetzen ist die Wahrscheinlichkeit von wiederholten und damit effektiveren Auslösungen von Konformationsänderungen eines Moleküls am größten, wenn die auslösende Frequenz des elektrischen Wechselfeldes und die Eigenfrequenz des angeregten Moleküls genau übereinstimmen oder in einem harmonischen, am besten in einem "Oktaven-Verhältnis", d. h. in einem durch Zweierpotenzen ausdrückbaren Verhältnis, stehen, so daß es zu Resonanzphänomenen kommt.. Aus diesem Grunde wurden die Hochton-Therapie-Geräte mit Hochton-Frequenz-Scan-Einrichtungen ausgestattet, die in feiner (Viertelton-)Abstufung pro Oktave 24 Tonschritte anbieten, um in ausreichender Frequenzdichte resonanzauslösende Töne zu erzeugen. Die ersten, therapeutisch schon sehr erfolgreichen Generationen der Hochton-Therapie-Geräte deckten dabei 1 ½ Oktaven ab, die weiterentwickelten neueren, leistungsfähigeren Hochton-"Power"-Therapie-Geräte 3 Oktaven, also doppelt so viel.

Intrazelluläre Botenstoffe

Spezifische intrazelluläre Botenstoffe werden zur Unterscheidung von den im extrazellulären Raum anzutreffenden "primären" Botenstoffen, den (hydrophilen) Hormonen, auch als "sekundäre" Botenstoffe (engl. "second messengers") bezeichnet.

Die wichtigsten der bisher bekannten intrazellulären "zweiten" Botenstoffe sind

1. cAMP, cyclisches Adenosin-Mono-Phosphat,
2. Ca⁺⁺, Calcium-Ionen,
3. Inositoltriphosphat,
4. Diacylglycerol

Beispiele für hydrophile Hormone, die intrazelluläre cAMP-Konzentrationsänderungen bewirken:

1. Adrenalin
2. Noradrenalin
3. Calcitonin
4. Parathormon
5. FSH, Follikelstimulierendes Hormon
6. LH, Luteinisierungshormon
7. Corticotropin

Hormonwirkungen im Bereich der Atemwege, die über sogenannte β -Rezeptoren vermittelt werden

Hormonwirkungen im Bereich der Atemwege sind pharmakotherapeutisch und wegen ihrer Nachahmbarkeit durch Ströme auch elektrotherapeutisch von besonderer Bedeutung. Die therapeutisch wichtigsten werden über sogenannte β -Rezeptoren ins Innere der Zelle vermittelt. Diese β -Rezeptoren reagieren physiologischerweise mit den natürlichen, vom Nebennierenmark ins Blut abgegebenen Hormonen Adrenalin und Noradrenalin; letzteres ist auch ein wichtiger Überträgerstoff des Nervensystems, speziell der postganglionären sympathischen Nervenfasern, die zum vegetativen Nervensystem gehören. Diese β -Rezeptoren reagieren aber auch mit sogenannten β -Mimetika, synthetischen Substanzen, die chemisch ähnlich wie die natürlichen Hormone strukturiert sind und pharmakologisch ähnlich wie diese wirken. β -Mimetika als spezifische pharmakologische Hormon-Imitatoren werden in der Medizin hauptsächlich zur Behandlung des allergischen und/oder durch psychische Faktoren ausgelösten Bronchialasthmas sowie verwandter obstruktiver Atemwegserkrankungen, wie z. B. asthmoide Bronchitis, eingesetzt.

Für das Verständnis ähnlicher Wirkungen von β -Mimetika und von bestimmten Strömen auf elektrobiochemischer Ebene, die zu vergleichbaren Therapie-Erfolgen, z. T. sogar mit deutlichen Vorteilen für die elektrische Hormon-Imitation führen, sind zusätzliche Wirkungs- bzw. Indikationsbereiche der β -Mimetika aufschlußreich, auf die wir später nochmals zurückkommen:

1. Lokale Juckreizlinderung
2. Vermehrung von Muskelproteinen, speziell von kontraktile Substanz, durch Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen kata- und anabolem Muskelproteinstoffwechsel zugunsten des letzteren, speziell
 - a) in der landwirtschaftlichen Fleischproduktion (in Europa nicht erlaubt)
 - b) in der Sportmedizin (illegal)
 - c) in der Onkologie zur Hemmung des Muskelabbaus bei beginnender tumorbedingter Kachexie
3. Verminderung des Fettansatzes zugunsten des Aufbaus von Muskelmasse (des "Fleischansatzes") durch offenbar zusätzliche Aktivierung der β -Rezeptoren der Fettgewebszellen, die über cAMP eine Aktivierung der intrazellulären Lipase und damit eine Förderung der Lipolyse bewirken. (Die Hemmung der Lipolyse als Nebenwirkung der β -Blocker ist in Pharmakologie und innerer Medizin lange bekannt.)

Die β -Blocker, therapeutisch bei arterieller Hypertonie, manchen Formen von Herzrhythmusstörungen, zur Migräneprophylaxe, bei essentiellen Tremor und Angstsyndromen verwendet, genießen in der Öffentlichkeit einen größeren Bekanntheitsgrad. Über rezeptorblockierende Wirkungen von Strömen gibt es unseres Wissens bisher keine Veröffentlichungen. Da Anwender nach regelmäßiger Applikation von Hochtonfrequenzströmen über eine Tendenz zur Normalisierung erhöhter Blutdruckwerte und über eine Abnahme der Häufigkeit von Migräneattacken berichtet haben und die Anwendung dieser Therapie sich gerade auch bei Angstsyndromen bewährt hat, ist eine ausgleichende, normalisierende Wirkung bei Unausgeglichheiten zwischen den Empfindlichkeiten bzw. Aktivitäten verschiedener und teilweise antagonistisch wirkender zellmembrangebundener Rezeptoren sehr wahrscheinlich, eine Wirkung, die allerdings nicht mit einer rezeptorblockierenden Wirkung gleichgesetzt werden darf.

Tabelle "β-Rezeptoren in den Atemwegen und ihre Funktionen"

β-Rezeptoren sind in den Atemwegen wie folgt verteilt und haben folgende Funktionen:

Zelltyp	Wirkung
1. Glatte Muskulatur	Relaxation
2. Mastzellen	Hemmung der Mediator-(Histamin-)Freisetzung
3. Kleine Bronchialgefäße	Verminderung der Permeabilität
4. Epithel	Zunahme des Flüssigkeitstransportes
5. Submuköse Drüsen	Zunahme der Sekretion
6. Pneumocyten Typ I ¹	Erhöhung der Flüssigkeitsresorption
7. Pneumocyten Typ II ²	Synthese von Surfactant ³ und Erhöhung der Flüssigkeitsresorption

Hydrophobe, lipophile Hormone⁴ können im Gegensatz zu den hydrophilen, lipophilen Hormonen durch die lipophilen Zellmembranen ihrer Zielzellen diffundieren und sich direkt intrazellulär an Rezeptorproteine binden. Durch die Bindung des Liganden wird der Rezeptor aktiviert, und die über das lipophile Hormon gesteuerte Reaktionskette wird in Gang gesetzt. Die intrazellulären Hormonrezeptoren sind hinsichtlich ihrer chemischen Struktur verwandt. Sie werden als die "Großfamilie der Steroid-Hormon-Rezeptoren" bezeichnet.

Hormonähnliche oder hormonimitierende Wirkungen von Strömen

Unter "hormonähnlichen" oder "hormonimitierenden" Wirkungen versteht man Stromwirkungen, die über direkte Einflüsse auf die Zellmembranen (von außen!), wie dies auch bei den hydrophilen Hormonen der Fall ist, "indirekt" im Inneren der Zellen zu Veränderungen der Konzentrationen intrazellulärer Botenstoffe führen.

Bislang gibt es lediglich experimentelle Hinweise auf diese hier erwähnte Art der hormonimitierenden Wirkung, die für wasserlösliche, "hydrophile" Hormone charakteristisch ist. Hydrophile Hormone können, wie schon erwähnt, weder irgendwelche Ionenkanäle der Zellmembranen noch deren hydrophobe Doppelschicht selbst passieren.

Für manche hormonimitierende Wirkungen von Strömen sind offensichtlich schon sensibel unterschwellige Intensitäten ausreichend. Die experimentell nachgewiesene Möglichkeit der Aktivierung der Adenylatcyclase (KORENSTEIN et al., 1984⁵; BRIGHTON & TOWNSEND, 1986⁶) mit der Folge der Auslösung der Bildung des intrazellulären Botenstoffes "cyclisches Adenosin-Mono-Phosphat", cAMP, vermag inzwischen viele Wirkungen zu erklären, die früher - ohne diese moderneren biochemisch-zellphysiologischen Erkenntnisse -

1 Pneumocyten Typ I bilden das flache Alveolarepithel.

2 Pneumocyten Typ II sezernieren Surfactant.

3 Surfactant ist ein Kunstwort, abgeleitet und verkürzt aus *Surface active agent* - oberflächenaktives Agens. Surfactant ist eine Mischung, genauer gesagt eine Emulsion aus Lipiden, Phospholipiden, Proteinen und Kohlenhydraten. Es bedeckt die Oberfläche der Alveolen. Es macht mit einer Schichtdicke von etwa 50 nm 3 % der "Blut-Luft-Schranke" aus.

4 Zu den "lipophilen" Hormonen gehören die Steroid-Hormone einschließlich Cortisol, Sexualhormonen, die Thyreoid-Hormone (Schilddrüsen-Hormone), Vitamin D und Vitamin A sowie dessen Derivate.

5 R. KORENSTEIN, D. SOMJEN, H. FISCHLER and I. BINDERMAN: Capacitive pulsed electric stimulation of bone cells. Induction of cyclic-AMP changes and DNA synthesis. *Biochimica et Biophysica Acta*, 803 (1984) 302-307 (Elsevier)

6 C. T. BRIGHTON and TOWNSEND: Increased cAMP production after short term capacitatively coupled stimulation of bovine growth plate chondrocytes. Transactions of the 6th Annual Meeting of the Bioelectrical Repair And Growth Society (BRAGS). October 19th - 22nd 1986. Utrecht, The Netherlands, Volume VI, page 43.

überraschten und deren Reproduzierbarkeit angezweifelt wurde.

Die wichtigsten Indikationen für die Nutzung dieser hormonimitierende Wirkungen sind in der Humanmedizin

1. Asthma,
2. Allergien,
3. Muskelatrophie bei Denervierung,
4. Störungen der Gewebetrophik unterschiedlicher Genese,
5. Obstipation,
6. Wund- und Knochenheilungsprozesse, insbesondere bei deren Störungen oder Verzögerungen
7. Osteoporose,
8. Neurodermitis,
9. Juckreiz unterschiedlicher Genese, z. B. auch nach Insektenstichen
10. Direkte Förderung der Lipolyse in Fettgewebszellen

und in der Veterinärmedizin

1. Sommerexzem der Pferde,
2. Störungen der Muskel- und/oder Bindegewebs-Trophik unterschiedlicher Genese
3. Verletzungen einschließlich Frakturen

Hauptunterschiede zwischen den hormonähnlichen oder hormonimitierende Wirkungen von Pharmaka einerseits und Hochtonfrequenzfeldern (HTFF) bzw. Strömen andererseits

1. Mit Pharmaka einschließlich Suchtmitteln wie z. Nikotin, das die nikotinartigen Wirkungen des Überträgerstoffes Acetylcholin im vegetativen Nervensystem imitiert, werden dem Organismus Stoffe zugeführt, die er nicht selbst synthetisiert hat, mit Strömen nicht.
2. Pharmaka belasten den Stoffwechsel, HTFF nicht.
3. Pharmaka haben unerwünschte Nebenwirkungen, HTFF in therapiegerechter Dosierung nicht.
4. Pharmaka greifen meist störend in körpereigene Regelmechanismen ein, HTFF nicht.
5. Pharmaka führen auf Grund der Auslösung körpereigener Gegenregulationsmechanismen meistens zu Tachyphylaxie, d. h. zur Wirkungsminderung eines Pharmakons bei mehrfacher Applikation in relativ kurzen zeitlichen Abständen. Man spricht auch von Gewöhnung. Als Beispiele seien hier nur die antiasthmatisch wirkenden β -Mimetika und die vasokonstriktorisch wirkenden, am häufigsten in Nasentropfen verwendeten α -Mimetika genannt. Bei HTFF ist in der Regel das Gegenteil der Fall: Die für die Linderung von Beschwerden chronischer Erkrankungen erforderliche Behandlungshäufigkeit ist zu Beginn der Therapie größer und nimmt nach einigen Tagen oder wenigen Wochen meistens ab. Für eine Erhaltungstherapie sind dann seltener therapeutische Sitzungen erforderlich.

6. Mit HTFF werden lediglich körpereigene Substanzen, die schon auf Grund der im Körper vorhandenen Wärme ständig in vorwiegend durch Zufälle bestimmter, ungeordneter Bewegung sind, in den durch die jeweils angebotenen hohen Töne in geordneter Weise "bewegt". Dabei werden die weitgehend frei beweglichen Ionen "geschüttelt" und ihre sonst nur durch Wärme angetriebene Diffusion beschleunigt, und zwar bevorzugt in den Verlaufsrichtungen der Feldlinien der Hochtonfrequenzfelder. Die in ortsfeste Strukturen eingebauten Moleküle mit ihren Ladungen werden zum Schwingen gebracht, und zwar um so effektiver, je mehr Resonanzphänomene zu diesem Schwingen beitragen. - Mit Pharmaka sind vergleichbare Effekte gar nicht auslösbar.
7. Für die Applikation vieler Pharmaka spielen die Funktionen der an Resorption, Verteilung, Abbau und Ausscheidung beteiligten Organe eine limitierende Rolle (z. B. Magen, Darm, Blut und Gefäße, Leber und Niere). Für HTFF gelten derartige Einschränkungen nicht - im Gegenteil: Von ihren generell stoffwechselerleichternden und funktionsverbessernden Wirkungen profitieren gerade meistens zusätzlich die genannten Organe, die von einer Pharmakotherapie belastet werden könnten bzw. deren Anwendung einschränken.
8. Der allgemeine Grundsatz jeder medizinischen Behandlung, "primum nihil nocere", läßt sich mit HTFF wesentlich leichter und unproblematischer verwirklichen als mit den meisten Formen der Pharmakotherapie.
9. Auf lange Sicht sind HTFF-Anwendungen wesentlich kostensparender als Langzeit-Pharmakotherapien.

Erklärungen

der bei den oben genannten Indikationen wichtigen Wirkungskomponenten:

A. Humanmedizinische Indikationen

1. Asthma
Die Tabelle "β-Rezeptoren in den Atemwegen und ihre Funktionen" auf Seite 5* oben zeigt, welche Wirkungen bei Durchströmung des Thorax und Anregung der cAMP-Bildung erwartet werden können, z. B. Verringerung des Atemwiderstandes durch Entspannung der Bronchialmuskulatur, Nachlassen der Atemnot, Hemmung der Histaminfreisetzung aus den Mastzellen (Basophilen), Verminderung entzündlicher Begleitsymptome, Normalisierung der Zusammensetzung der Bronchialsekrete und der Bildung und Resorption von Surfactant.
2. Allergien
Die diffusionsfördernde Wirkung verteilt Entzündungs-, Juckreiz- und ggf. Schmerzmediatoren und lindert damit Juckreiz und andere Entzündungssymptome, sie fördert Ver- und Entsorgungsvorgänge in dem betroffenen Gewebe und erleichtert und beschleunigt damit die Heilungsprozesse. Durch die auf enzymatischer Ebene bewirkte Stoffwechselerleichterung werden Heilungsprozesse zusätzlich beschleunigt.
3. Muskelatrophie bei Denervierung
β-Mimetika werden bekanntlich in Kanada und USA legal, in Europa hin und wieder

illegal zur Kälber- und Geflügelmast eingesetzt. Auch im Bereich der Sportmedizin ist der illegale Einsatz von β -Mimetika zur Förderung des Muskelaufbaus bekannt. Mit Infusionen, die β -Mimetika in geeigneter Dosierung enthalten, läßt sich der Muskelabbau bei Tumorkranken mit beginnender Kachexie aufhalten. Die Muskelatrophie wird offensichtlich nicht allein über das Ausmaß der durch Motoneurone vermittelten Aktivität gesteuert sondern auch in erheblichem Maße über die normalerweise mit jeder Muskelaktivierung gleichzeitig einhergehende Sympathikus- und damit auch Muskel- β -Rezeptoren-Aktivierung. Obwohl denervierte Muskeln nicht mit einer Kontraktion auf die Applikation von Mittelfrequenzströmen antworten, fördern diese Ströme doch deren Trophik und Stoffwechsel, was sich u. a. in einer verbesserten Ausstattung mit Enzymen, den "Werkzeugen" für diesen Stoffwechsel, nachweisen ließ. Dies läßt sich einerseits mit der hormonähnlichen Wirkung auf die β -Rezeptoren, andererseits mit den oben erwähnten diffusionsfördernden sowie mit den speziell auf enzymatischer Ebene wirkenden stoffwechselerleichternden Wirkungen erklären.

4. Störungen der Gewebetrophik unterschiedlicher Genese

Diffusions- und damit Ver- und Entsorgungsprozesse werden, wie unter Punkt 3 beschrieben, beschleunigt, und enzymatisch vermittelte Stoffwechselreaktionen werden erleichtert. Hormonimitierende Wirkungen tragen zusätzlich zur Verbesserung der intrazellulär ablaufenden Funktionen bei. So lassen sich Therapieerfolge z. B. bei amyotrophischer Lateralsklerose (ALS), Syringomyelie, Multipler Sklerose (MS) und sympathischer Reflekdystrophie (SUDECK'scher Dystrophie) erklären. Die Wirkungsmechanismen erfordern allerdings bei den meisten dieser Erkrankungen eine "Erhaltungstherapie".

5. Obstipation, Meteorismus und postoperative Darmatonie

Die schon 1935 von KOEPPEN⁷ in Tierexperimenten und am Menschen beobachtete darmmotilitätsfördernde Wirkung der "Tonfrequenzströme" erscheint nach den experimentell in Zellkulturen nachgewiesenen hormonähnlichen Wirkung dieser Ströme in einem neuen Licht, denn *direkte* in herkömmlicher Weise stimulierende Wirkungen durch Auslösung von Aktionspotentialen in Nerven und Muskeln als Erklärung für diese darmmotilitätsfördernden Effekte scheiden aus. Die darmmotilitätsfördernde Wirkung tritt oft als Nebenwirkung bei Behandlungen im Bereich des Rückens und des Abdomens, die aus anderen Gründen durchgeführt werden, auf.

6. Wund- und Knochenheilungsprozesse, insbesondere bei deren Störungen oder Verzögerungen

Diffusionsförderung und Stoffwechselerleichterung sowie Hormonimitation sind auch hier neben der für den Patienten angenehmen Ödemverminderung und Schmerzlinde- rung die wichtigsten Wirkungskomponenten der Hochtonfrequenz-Therapie. Die Kalzifizierung des Kallus nach Frakturen wird signifikant beschleunigt und die volle Belastbarkeit signifikant früher erreicht. Die enzymatische Ausstattung der am Heilungs-prozeß beteiligten Gewebe wird auf eindrucksvolle Weise ebenfalls sig- nifikant verbessert (LAABS et al., 1982⁸)

7 S. KOEPPEN: Über die Anwendung von Tonfrequenzströmen in der Medizin. Verhandl. der Deutschen Gesellschaft für innere Medizin, München, 47, 458 - 460 (1935).

8 W. A. LAABS, E. MAY, K.-D. RICHTER, H. J. HÖHLING, J. ALTHOFF, P. QUINT und A. HANSJÜR- GENS: Knochenheilung und dynamischer Interferenzstrom (DIC) - Erste vergleichende tierexperimentelle Studie an Schafen. Teil I: Experimentelles Vorgehen und histologische Ergebnisse. Teil II: Physikalische und chemische Ergebnisse. Langenbecks Arch. Chir. 356, 219 - 229 und 231 - 241 (1982)

7. Osteoporose
Diffusionsförderung, Stoffwechselerleichterung, Hormonimitation und Schmerzlinderung sind die hauptsächlich therapeutisch genutzten und zum sogar osteodensitometrisch dokumentierbaren Erfolg führenden Effekte.
8. Neurodermitis
Diffusionsförderung, Stoffwechselerleichterung, Hormonimitation, Entzündungs- und Juckreizlinderung und Heilungsbeschleunigung sind die Stichworte, welche die oben ausführlicher erörterten Wirkungsmechanismen und Therapieziele kurz umreißen.
9. Juckreiz unterschiedlicher Genese, z. B. auch nach Insektenstichen
Außer den bisher erläuterten Wirkungsmechanismen zur Juckreizlinderung sei ein pharmakologisch seit langem genutzter juckreizstillender Effekt von β -Mimetika erwähnt: Die Verwendung des alten Asthmamittels Isoprenalin, Aludrin[®], in den gegen Juckreiz empfohlenen Ingelan[®]-Präparaten (Puder, Salbe, Gel). Vielen Ärzten ist bekannt, daß sich natürlich auch moderne als Asthmamittel verwendete β -Mimetika in Sprayform zur lokalen Juckreizlinderung eignen. Die Hochtonfrequenzströme und β -Mimetika gemeinsame Eigenschaft, die intrazelluläre cAMP-Konzentration zu verändern, erklärt hier auch die Ähnlichkeit ihrer lindernden Wirkung bei Juckreiz.
10. Förderung der Lipolyse
Fettzellen besitzen β -Rezeptoren, die auf die Hormone bzw. Transmitter⁹ Adrenalin und Noradrenalin ansprechen und über cAMP-Bildung in der Zelle die zelleigene Lipase aktivieren, die Fette in Glycerin und freie Fettsäuren spaltet. Die freien Fettsäuren werden ins Blut abgegeben und stehen dem Stoffwechsel zur Verfügung, entweder - bei Energie-Bedarf - zur Verbrennung - oder andernfalls zur Resynthese von Fett in anderen Körperbereichen oder zum Umbau bzw. Einbau in Kohlehydrate.
Die "direkte" Förderung der Lipolyse durch elektrische Hormonimitation im Durchströmungsgebiet ist zu unterscheiden von der "indirekten" Förderung der Lipolyse durch elektrische Stimulation sympathischer Nerven, die Fettgewebe versorgen und aus ihren Reservoirs im Bereich ihrer peripheren Nervenendigungen (Varikositäten) Transmitter freisetzen, die elektrobiochemisch mit den β -Rezeptoren der Fettzellen reagieren und erst danach in den folgenden Reaktionsschritten in gleicher Weise die Lipolyse in Gang setzen. Die in Experimenten an Hunden ermittelte optimale Stimulationsfrequenz für die Förderung der Lipolyse beträgt 3 Hz (ROSELL¹⁰, 1966). Bei höheren Reizfrequenzen überwiegt die gleichermaßen über den Sympathikus vermittelte vasokonstriktorische Wirkung und hemmt damit die Durchblutung des Fettgewebes. Dies hat auch eine Hemmung der Lipolyse entsprechend dem Massenwirkungsgesetz über den Mechanismus der sogenannten Produkthemmung zur Folge.

B. Veterinärmedizinische Indikationen

1. Sommerekzem der Pferde
Die diffusionsfördernde Wirkung sorgt für die Verteilung und Verdünnung der Entzündungs-, Juckreiz- bzw. Schmerzmediatoren, für eine bessere Ver- und Entsorgung des Gewebes, für Stoffwechselerleichterung auch auf enzymatischer Ebene, für Linderung der Beschwerden und zur Heilungsbeschleunigung. Die hormonimitierende Wirkung hemmt die Freisetzung von Histamin aus den Mastzellen.

⁹ Transmitter bedeutet Überträgerstoff.

¹⁰ Sune ROSELL: Release of free fatty acids from subcutaneous adipose tissue in dogs following sympathetic nerve stimulation. Acta physiol. scand. 67, 343 - 351 (1966)

2. Störungen der Muskel- und/oder Bindegewebs-Trophik unterschiedlicher Genese
Die Diffusionsförderung bewirkt ein beschleunigtes "Herandiffundieren" elektrisch geladener Substanzen, die für den Stoffwechsel benötigt werden, und ein beschleunigtes "Wegdiffundieren" von Stoffwechselendprodukten. Die hormonähnlichen Wirkungen führen in der Muskulatur über die direkte Aktivierung der β -Rezeptoren zu einer Verbesserung der Muskeltrophik über eine Favorisierung des anabolen Muskelstoffwechsels. Die Erleichterung interzellulärer Kommunikation, Kooperation und Koordination fördert die Wiederherstellung bzw. Erhaltung der Sollstrukturen der Gewebe während der ständig ablaufenden Stoffwechsel- und Gewebsumbauprozesse.

3. Verletzungen einschließlich Frakturen
Diffusionsförderung und Stoffwechselerleichterung sowie Hormonimitation sind auch hier neben den abschwellenden Effekten und der Schmerzlinderung die wichtigsten Wirkungskomponenten der Hochtonfrequenz-Therapie. Die Kalzifizierung des Kallus nach Frakturen wird signifikant beschleunigt und die volle Belastbarkeit signifikant früher erreicht. Die enzymatische Ausstattung der am Heilungsprozeß beteiligten Gewebe wird auf eindrucksvolle Weise ebenfalls signifikant verbessert (LAABS et al., 1982, vgl. Seite 7 unten, Fußnote ⁸).

**Im Text zitierte und zusätzliche, z. T. auch ältere Literatur
mit Hinweisen auf hormonähnliche Wirkungen:**

ALBERTS, B., D. BRAY, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & D. WATSON:
Molecular Biology of the Cell.
3rd edition. New York: Garland Publishing Inc. 1994

Deutsche Übersetzung: JAENICKE; L. (Hrsg.):
ALBERTS et al.:
Molekularbiologie der Zelle.
3. Auflage. Weinheim, New York, Basel, Cambridge, Tokio: VCH 1995

ALTHAUS, J.:
A Treatise on Medical Electricity. - 3rd ed.
London: Longmans, Green 1873

ALTHAUS, J.:
The Value of Electrical Treatment. - 3rd ed.
London: Longmans, Green 1899

BEARD, G. M., & A. D. ROCKWELL:
On the Medical and Surgical Uses of Electricity. - 8th ed.
New York: Wood 1891

BRAUN, V.:
Behandlung eines seit dem 3. Lebensjahr an Asthma bronchiale leidenden 14jährigen Mädchens mit
4polig applizierter Mittelfrequenz-Tiefen-Therapie (Endosan-Therapie).
Persönliche Mitteilung vom 12. November 1991, Physiotherapeutisches Institut Volker Braun,
Johann-Sebastian-Bach-Str. 12 in D - 56288 Kastellaun

BRIGHTON, C. T., & P. F. TOWNSEND:
Increased cAMP production after short term capacitively coupled stimulation of bovine growth plate
chondrocytes.
Transact. 6th Annual Meeting of the Bioelectric Repair & Growth Society (BRAGS), Utrecht 1986,
p.43

BUTLER, J.:
A Text book of Electro-Therapeutics and Electro-Surgery.
New York: Boeric & Tafel 1878

DARNELL, J., H. LODISH & D. BALTIMORE:
Molecular cell biology. - 2d ed.
New York: Scientific American Books, Freeman 1990

ERB, W.:
Handbook of Electro-Therapeutics.
New York: Wood 1883

JACOBY, G. W., & J. R. JACOBY:
Electricity in Medicine.
Philadelphia: Blakiston 1919

JELLINEK, S.:

Medizinische Anwendungen der Elektrizität.

München: Oldenbourg 1906

JONES, H. L.:

Medical Electricity. - 7th ed.

Philadelphia: Blakiston 1918

KOEPPEN, S.:

Über die Anwendung von Tonfrequenzströmen in der Medizin.

Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für innere Medizin, München, 47, 458 - 460 (1935)

KORENSTEIN, R., D. SOMJEN, H. FISCHLER & I. BINDERMAN:

Capacitive pulsed electric stimulation of bone cells.

Induction of cyclic-AMP changes and DNA synthesis.

Biochimica et Biophysica Acta **803**, 302 - 307 (1984), Elsevier Science Publishers

LAABS, W. A., E. MAY, K.-D. RICHTER, H. J. HÖHLING, J. ALTHOFF, P. QUINT & A. HANSJÜRGENS:

Knochenheilung und dynamischer Interferenzstrom (DIC)

Erste vergleichende tierexperimentelle Studie an Schafen.

Teil I: Experimentelles Vorgehen und histologische Ergebnisse.

Teil II: Physikalische und chemische Ergebnisse.

Langenbecks Arch. Chir. 356, 219 - 229 und 231 - 241 (1982)

LAWRANCE, R. M.:

On the Application and Effect of Electricity and Galvanism in the Treatment of Cancerous, Nervous, Rheumatic, and other Affections.

London: Rhenshaw 1853

NEFTEL, W. B.:

Galvano Therapeutics.

New York: Appleton 1871

NIKOLOVA; L.: Lecenije s interferentent tok. (Treatment with interferential current.)

Sofia: Medicina i Fiskultura 1971

NIKOLOVA; L.: Treatment with interferential current.

Edinburgh, London. Melbourne. New York: Churchill Livingstone 1987, pp. 52 - 53

NOSZVAI-NAGY, M.:

Wirkung mittelfrequenter Ströme auf Zellen in Suspension.

Diplomarbeit, Universität Karlsruhe, Fakultät für Bio- und Geowissenschaften, März 1988

NOSZVAI-NAGY, M.:

Wirkung des Mittelfrequenzstromes auf nicht-erregbare Zellen.

Dissertation. Universität & Kernforschungszentrum Karlsruhe, 1993/1994

PHILIP, A. P. W.:

On the effects of galvanism in restoring the due action of the lungs.

Philos. Trans. **1**, 22 (1817)

ROSELL, S.:

Release of free fatty acids from subcutaneous adipose tissue in dogs following sympathetic nerve stimulation.

Acta physiol. scand. **67**, 343 - 351 (1966)

SCHECHTER, D. Ch.: Application of electrotherapy to noncardiac thoracic disorders.
Bull. N. Y. Acad. Med. **46**, 932 -951 (1970) (No. 11, November 1970)

TURRELL, W. J.:
The Principles of Electrotherapy and their Practical Application.
London: Frowde, Hodder & Stoughton 1922

WEBB, J. G.:
Elelectro- Therapy: Its Rationale and Indications.
Philadelphia: Blakiston 1920

ZIEMSEN, H. von:
Die Electricität in der Medizin.
Berlin: Hirschwald 1857

Stand 18. Februar 2008