

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/303750567>

Was sind die Risiken in der Elektrotherapie.

Thesis · March 2009

DOI: 10.13140/RG.2.1.3634.9048

CITATIONS

0

READS

15

1 author:



Pieter van Kerkhof

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Currently no projects planned [View project](#)

Gemeinsamer Studiengang Physiotherapie (Master)
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg und
des Fachbereichs Pflege & Gesundheit der Fachhochschule Fulda.



Hausarbeit

gemäß Prüfungsordnung Physiotherapie vom 17. Januar 2007 zur Unterrichtseinheit
Angewandter Forschung 1.

Was sind die Risiken in der Elektrotherapie? Ein Literaturreview

vorgelegt von

Pieter van Kerkhof, B. Sc. Phys.
aus Steckborn, Schweiz
Matrikelnummer 2205076

Steckborn, 29. März 2009

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen und bei Zitaten kenntlich gemachten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Diese Arbeit ist bislang keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden und auch nicht veröffentlicht worden.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Steckborn, 29. März 2009,

Pieter van Kerkhof

Erklärung zum Verbleib beider Exemplare dieser Hausarbeit.

Nach Abschluss des Prüfungsverfahrens

- überlasse ich ein Exemplar beide Exemplare der Hausarbeit zur Archivierung und inhaltlichen Nutzung dem Fachbereich
- nehme ich ein Exemplar oder beide Exemplare zurück oder
- stimme ich der Vernichtung der/des Exemplare/s zu.

Steckborn, 29. März 2009,

Pieter van Kerkhof

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Einleitung	2
3	Material und Methoden	3
3.1	Suchstrategie	3
4	Ergebnisse	4
4.1	Qualität der Publikationen	4
4.2	Iontophorese	4
4.3	Sonophorese	5
4.4	TENS	5
4.5	Mittelfrequente Reizströme und Interferenz	7
4.6	Neuromuskuläre Elektrostimulation	8
4.7	Ultraschall-Therapie	8
4.8	Hochfrequenztherapie: Diathermie mit Kurzwellen, Dezimeterwellen und Mikro- wellen	11
4.9	Low Level Laser Therapy	14
5	Diskussion	15
5.1	Die Meinungen der Lehrbuchautoren und ihre Referenzen	15
5.2	Hochfrequenz	15
5.3	Iontophorese und Sonophorese	17
5.4	Laser	17
5.5	Mittelfrequente Ströme und Interferenz	17
5.6	TENS/NMES	18
5.7	Ultraschall	19
5.8	Schlussfolgerungen	21

Verwendete Abkürzungen

BNR Beam Nonuniformity Ratio

CRPS Chronic Regional Pain Syndrom

ERA Effective Radiation Area

f Frequenz

FDA Food and Drug Administration

FES Funktionelle Elektrostimulation

ICD Implanted Cardioverter Defibrillator

IEC International Electrotechnical Commission

IUD Intrauterine Device

LLLT Low Level Laser Therapy

MW Mikrowellen

NMES Neuromuskuläre Elektrostimulation

T Time = Phasendauer = Impulsdauer

TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation

UKW Ultrakurzwellen

US Ultraschall

W/cm² Watt pro Quadratcentimeter

1 Zusammenfassung

Ich berichte über die Resultate meiner Literaturrecherche zum Thema "Risiken in der Elektrotherapie". Ausgangslage für die Recherche sind die Kontraindikationen und Risiken wie diese in fünf aktuellen deutschen Lehrbüchern der Elektrotherapie beschrieben werden. Die Lehrbuchmeinungen stimmen nicht immer mit der Literatur überein. Neue Erkenntnisse betreffend der Eindringtiefe von Ultraschall, Hochfrequenztherapie und Reizstromtherapie bei Schrittmacherpatienten und Patienten mit implantierten Hirnstimulationselektroden werden nicht berücksichtigt. Die Verbreitung nosokomialer Infektionen mittels Elektrotherapiegeräte und dessen Zubehör wird nicht thematisiert. Die Autoren begründen ihre Behauptungen hinsichtlich Kontraindikationen und Risiken in den allerwenigsten Fällen. Physiotherapeuten sollten sich kritisch mit den Risiken ihrer Anwendungen auseinandersetzen. Wir müssen eine Kultur entwickeln, die es ermöglicht über unerwünschte Ereignisse zu berichten damit wir von den eigenen Fehlern und die von anderen lernen können.

Im Nachfolgenden wird zur besseren Lesbarkeit nur die männliche Form verwendet.

2 Einleitung

Risikomanagement bedeutet, dass man relevante Risiken identifiziert und Strategien zur Verhinderung und Reduktion von Schäden entwickelt. Die Identifizierung ist wichtig, da Sicherheitsmaßnahmen nur dann entwickelt werden können wenn die Risiken bekannt sind. Elektrotherapeutische Anwendungen sind risikobehaftet. Der Anwender muss die Risiken kennen, damit er abschätzen kann, ob der erwartete therapeutische Effekt in einem vernünftigen Verhältnis zum Risiko steht. Leider wissen wir sehr wenig über die wahren Risiken von vielen elektrotherapeutischen Anwendungen. Empirische Untersuchungen sind häufig nicht angebracht. Viele Kontraindikationen basieren auf gemachten Erfahrungen oder logische Annahmen über mögliche biologische oder physikalische Eigenschaften und Effekte. Viele Kontraindikationen und vermeintliche Risiken wurden aus älteren Büchern übernommen und ohne empirische Beweise oder theoretische Rechtfertigung erneut aufgelistet.

Aus juristischen Gründen ist anzunehmen, dass weniger Schäden rapportiert werden als tatsächlich auftreten. Für Physiotherapeuten gibt es keine zentrale Meldestelle für unerwünschte Ereignisse. Deshalb ist die Häufigkeit des Auftretens und das Ausmaß der Folgen unerwünschter Ereignisse unbekannt und es besteht keine Grundlage für die wissenschaftliche Analyse dieser Risiken.

Dies bedeutet, dass allgemeine Richtlinien zwangsmäßig unvollständig sind und kritisch hinterfragt werden sollten wenn neuere Erkenntnisse zur Verfügung stehen. Das Risiko für gewisse Anwendungen ist wahrscheinlich niedriger als allgemein angenommen wird. Trotzdem spricht manchmal das Ausmaß potentieller Schäden gegen die Durchführung einer Anwendung.

Ziel dieser Literaturrecherche ist es, aktuelle Literatur zu Risiken in der Elektrotherapie zu suchen und zu analysieren. Zudem werde ich die gefundene Publikationen mit den Lehrmeinungen aus fünf aktuellen deutschsprachigen Elektrotherapie-Lehrbüchern vergleichen und untersuchen, in wie fern die Autoren Ihre Behauptungen begründen können.

3 Material und Methoden

3.1 Suchstrategie

Ich habe Literatur gesucht in Pubmed, Cochrane und Pedro. Eingeschlossen wurden sämtliche Arbeiten die im Zusammenhang mit Risiken von Anwendungen der Elektrotherapie die in englischer, deutscher oder niederländischer Sprache publiziert wurden. Tierversuche habe ich nicht ausgeschlossen, da die Ergebniss teilweise klinische Konsequenzen haben.

Ich habe die Suche nicht zeitlich eingeschränkt. Hätte ich dies gemacht, ergäbe dies ein unvollständiges Bild vom Thema. Untersuchungen, bei denen die Behandlungsparameter nicht der gängigen Praxis entsprachen wurden ausgeschlossen.

Die eingeschlossene Elektrotherapieanwendungen waren Gleichstrom, Iontophorese, TENS, Mittelfrequente Reizstromtherapie und Interferenzstrom, Neuromuskuläre Elektrostimulation, Ultraschall, Sonophorese, Low Level Laser Therapy, Kurzwellentherapie und Mikrowellentherapie.

Die formulierte Risiken basieren auf Lehrmeinungen hinsichtlich Kontraindikationen für den erwähnten Anwendungen aus fünf aktuelle im deutschsprachigen Raum verbreiteten Lehrbüchern von Bossert(5), Fialka(17), Hütter-Becker(45), Pothmann(40) und Wenk(54).

Ich habe nach Literatur gesucht zu den Themen Komplikationen, Schäden, Verbrennungen, Störungen von Herzschrittmachern, Infertilität, Probleme während der Schwangerschaft, Probleme mit Metallimplantaten, Probleme bei Thrombosen, Durchblutungsstörungen und Patienten mit erhöhter Blutungsneigung, allergische Reaktionen, Wachstumsstörungen, Infektionsgefahr, Patienten mit kognitiven Problemen und Störungen von tiefen Hirnstimulatoren bei Parkinsonpatienten. Dies in Zusammenhang mit den obenerwähnten Anwendungen. Außer der Literaturrecherche habe ich die Lehrbuchmeinungen von Bossert, Fialka, Hütter-Becker, Pothmann und Wenk mit der gefundenen Literatur verglichen. Die berücksichtigte Bücher wurden alle nach 2003 publiziert und sollten somit auf den neuesten Stand bezüglich der Risiken der Elektrotherapie sein.

4 Ergebnisse

4.1 Qualität der Publikationen

Die Qualität der Untersuchungen erfüllt in wenigen Fällen die Anforderungen der Evidence Based Medicine.

Bei 17 der berücksichtigten 42 Publikationen handelt es sich um Fallbeschreibungen (7; 8; 9; 15; 18; 19; 20; 22; 32; 36; 37; 41; 44; 47; 49; 52; 53). Bei vier Arbeiten wurden Untersuchungen an Patienten durchgeführt (11; 24; 26; 49), allerdings waren die Gruppen teilweise sehr klein (n=4–30). Bei keiner dieser Untersuchungen wurde eine Randomisierung oder Verblindung durchgeführt. Bei zwei Publikationen handelte es sich um Literaturreviews (3; 16). Bei vier Untersuchungen (12; 30; 39; 38) handelt es sich um retrospektiven epidemiologischen Studien. Bei diesen Publikationen werden die Ein- und Ausschlusskriterien und die statistische Auswertungen ausführlich beschrieben. Sieben Publikationen beschreiben *in vitro* Untersuchungen (2; 25; 29; 42; 46; 48; 55) zwei beschreiben Tierversuche (14; 31). Neun Publikationen wurden von Physiotherapeuten verfasst (1; 12; 20; 25; 42; 43; 48; 49; 55), eine davon wurde nicht in einer physiotherapeutischen Fachzeitschrift publiziert (42). Es gab keine relevante Publikationen in deutscher und niederländischer Sprache.

4.2 Iontophorese

Macchia et al (32) haben 2002 einen 18-jährigen Patienten beschrieben, der eine systemische Reaktion nach einer Lysine-acetylacetat-Iontophorese¹ zeigte.

Der Patient reagierte bei einer späteren Abklärung mit den gleichen Symptomen auf einen oralen Aspirin-Provokationstest. Die Autoren weisen darauf hin, dass trotz der lokalen Applikation eines Medikamentes generalisierte Reaktionen auftreten können.

Foti et al (19) haben 2004 einen Fall von Kontaktdermatitis nach Diclofenac-Iontophorese beschrieben.

¹Aspegic®

Bei einer nachfolgenden Allergietest zeigte sich, dass die Patientin auf Diclofenac allergisch war.

4.3 Sonophorese

Es gibt keine Literatur über Schäden auf Grund von Sonophorese.

4.4 TENS

Dwyer et al (15) beschrieben 1994 einen Patienten mit Kontaktdermatitis an den Stimulationsstellen nach mehrmaliger TENS-Anwendung. Allergietests zeigten, dass der Patient auf Propylenglycol im Kontaktgel reagierte. Nachdem die Dermatitis ausgeheilt war, benutzte der Patient ein Gel ohne Propylenglycol wonach keine Dermatitis mehr auftrat. Die Autoren erwähnen, dass Reaktionen auf Propylenglycol häufig sind.

Corazza et al (9) beschrieben 1999 eine Patientin mit Kontaktdermatitis nach einer TENS-Anwendung am Rücken. Die Dermatitis war wenige Minuten nach der Applikation von TENS entstanden. Allergietests zeigten, dass die Patientin allergisch auf Nickel reagierte. Die Hersteller der Elektroden teilten auf Anfrage mit, dass für die Elektroden kein Nickel verwendet wurde sondern goldbeschichtetes Kupfer. Eine Analyse der Elektroden wies Nickel statt Gold nach. Die Autoren beschreiben, wie das Nickel iontophoretisch durch die Haut gelangt und sehr rasch allergische Reaktionen auslösen kann.

Castelain und Chabeau (8) beschrieben 1986 drei Patienten mit einer Kontaktdermatitis nach TENS-Anwendung wegen lumbalen Schmerzen. Die Patienten reagierten positiv auf Allergietests mit Propylenglycol. Die Hersteller der Elektroden waren nicht bereit Angaben zur Zusammensetzung des Kontaktgels zu machen.

Green und Pye (22) beschrieben 1991 das Resultat einer Umfrage bei 133 TENS-Benutzer hinsichtlich allergischen Reaktionen. Bei 49 Patienten waren Hautirritationen aufgetreten, 15 Patienten mussten die Behandlung abbrechen. Bei weiterer Untersuchung der 49 Patienten zeigten sich allergische Reaktionen auf den Kontaktgel und auf die Elektroden selbst. Die Autoren empfehlen hypoallergene Kontaktgels zu verwenden.

Schrittmacher

Weitz et al (53) beschrieben 1997 wie eine postoperative parasternale TENS-Anwendung im 24-Stunden-EKG bei einer Patientin ein Vorhofflimmern vortäuschte.

Die Autoren weisen darauf hin, dass die Fehlinterpretation zu Überdiagnostik und einer falschen Therapie hätte führen können.

Vlay(52) hat 1998 einen Fall beschrieben, wobei ein Patient mit implantiertem Schrittmacher und kardioverter Defibrillator² während einer TENS-Behandlung einen Elektroschock erlitten hatte. Die Elektroden waren mehr als 30 cm vom Pulsgenerator entfernt³ am Sakrum angelegt. Vlay weist darauf hin, dass den Patienten erklärt werden muss, diese Quellen von elektromagnetischen Interferenzen zu meiden.

Pyatt et al (41) beschrieben 2003 einen Patienten mit Angina pectoris Beschwerden nach einer Bypass-Operation und Implantation eines ICD. Zur Schmerzbehandlung wurde Burst-TENS eingesetzt. Die Elektroden lagen am ventralen Thorax im schmerzhaften Bereich. Bei einer Kontrolle nach sechs Monaten meldete der Patient, dass er einmal während der TENS-Anwendung einen Shock erlitten hatte und dass ihm während jeder Anwendung schwindlig wurde. Zudem wurde er bradykard. Sobald er das Gerät abstellte verschwanden die Symptome. Kontrolle des ICD zeigte, dass das TENS-Gerät die Funktion des ICD störte. Die Behandlung wurde sistiert. Die Autoren weisen darauf hin, dass sich auch nach anfänglich problemloser Anwendung Probleme entwickeln können und dass die Patienten in dieser Hinsicht deshalb besonders gut aufgeklärt werden müssen.

Occhetta et al (38) untersuchten 2006 die Inzidenz und die klinische Relevanz von Störungen von ICD's auf Grund externer elektromagnetischer Interferenzen. Bei 13 von 336 Patienten waren zwischen 1989 und 2005 unerwünschte Shocks aufgetreten. Bei zwei Patienten war dies auf Grund einer nicht näher beschriebenen TENS-Behandlung. Den Patienten wurde empfohlen, diese Therapieart zu meiden und es traten keine weitere Störungen auf

Holmgren et al (26) untersuchten 2008 den Einfluss von TENS auf ICD's. Dazu wurde bei 30 Patienten mit einem ICD unter ärztlicher Überwachung an zwei verschiedenen Stellen TENS angewendet. Die Elektroden wurden zuerst proximal der Mammillen platziert. Im zweiten Versuch wurden die Elektroden über die Spinae iliaca anteriores superiores (SIAS) platziert. Als Anwendung wurde Low Frequency-TENS und High Frequency-TENS eingesetzt. Die Platzierung proximal der Mammillen löste bei 16 von 30 Patienten Interferenzen mit dem ICD aus, die Platzierung über die SIAS bei sieben von 30. Die Anwendungen unterschieden sich hinsichtlich der Störungen nur minimal. Die Autoren empfehlen, bei Patienten mit einem ICD keinen TENS an zu wenden.

Carlson et al (7) untersuchten 2009 den Einfluss von TENS auf implantierten Herzschrittmachern. Bei 29 Patienten wurde unter ärztlicher Überwachung TENS mit 2 Hz und mit 80 Hz

²Implanted Cardioverter Defibrillator: ICD

³12 Zoll

angewendet. Die Elektroden wurden proximal der Mammillen platziert. Im ersten Versuch wurden die beiden TENS-Anwendungen bei normaler Schrittmacherempfindlichkeit durchgeführt. Danach wurde der Schrittmacher auf maximaler Empfindlichkeit eingestellt. Bei fünf der 29 Patienten traten keine Störungen auf. Bei normaler Empfindlichkeit traten bei 80 Hz bei neun und bei 2 Hz bei 14 Patienten Störungen auf. Bei maximaler Empfindlichkeit traten bei 80 Hz bei 17 und bei 2 Hz bei 22 Patienten Störungen auf. Die Autoren plädieren dafür, bevor Schrittmacherpatienten ein TENS-Gerät abgegeben wird, eine kontrollierte Probeanwendung durch zu führen und danach die Behandlung zu überwachen. Die Autoren schlagen vor, die Anwendung gut zu überwachen und am Schrittmacher die niedrigste, klinisch noch vertretbare Empfindlichkeit ein zu stellen.

4.5 Mittelfrequente Reizströme und Interferenz

Schädigungen

Ford et al (18) berichteten 2005 über einen Patienten mit Knieendoprothese, der nach einer tetrapolaren Interferenzstromtherapie Verbrennungen dritten Grades ventral am Knie erlitt. Die Autoren meinen, dass die Verbrennung auf Grund der Nähe zum Implantat und der postoperativ herabgesetzten Sensibilität entstanden sind und empfehlen, die Stimulationselektroden nicht zu nahe an das implantierte Material zu platzieren.

Satter (47) berichtete 2008 über einen Patienten mit Verbrennungen nach einer mehrwöchigen Behandlung mit Interferenzstrom an der Wade mit Osteosynthesematerial im Behandlungsareal. Satter beschreibt, dass der histologische Befund auf einer thermischen und einer elektrochemischen Schädigung hinweist. Sie geht davon aus, dass bei dem Patienten die Schmerzrückmeldung durch die Sensibilitätsstörung die Verletzung herabgesetzt war und der Patient deshalb eine eventuelle Überdosierung nicht wahrgenommen hat.

Nosokomiale Infektionen

Lambert et al (29) untersuchten 2000 ob über Interferenzstromgeräte nosokomiale Infektionen verbreitet werden können.

Es stellte sich heraus, dass die in der Klinik üblichen Reinigung nicht ausreichte, um Kreuzinfektionen zu verhindern. Die Autoren weisen darauf hin, dass auf diese Weise Kreuzinfektionen mit unter Anderem Methicillinresistente Staphylococcus aureus auftreten könnten. Für jeden Patienten sollten saubere Schwämme oder Einmalelektroden benutzt werden. Die Saugglocken sollten nach jeder Behandlung mit 70% Alkohol gereinigt werden. Das Wasserreservoir

des Vakuumgeräts sollte täglich geleert und getrocknet werden. Eventuelle Mehrkosten müssen aufgewogen werden gegen das Risiko der Übertragung von Mikroorganismen und die damit zusammenhängenden Folgen.

4.6 Neuromuskuläre Elektrostimulation

Schädigungen

Mack et al (33) haben an sieben gesunden Probanden mit NMES am M. gastrocnemius während 30 Minuten wiederholt kräftige isometrische Kontraktionen ausgelöst. Nach 48 Stunden wurden am behandelten und am kontralateralen M. gastrocnemius Muskelbiopsien entnommen. Die Biopsien von der behandelten Seite zeigten Infiltrationen durch Makrophagen und Veränderungen an der Z-Linie. Die erhöhte CK-Werte deuten auf Muskelschädigungen hin.

Morris (36) beschrieb 2001 einen Fall von Kontaktdermatitis bei einem Patienten mit einer Fussheberparese, der zur funktionellen Elektrostimulation ein Elektrostimulationsgerät benutzte. Auf Grund der Dermatitis musste die Stimulation abgebrochen werden. Die Verwendung von anderen Elektroden brachte keine Verbesserung. Allergietests waren negativ. Die Autoren folgern, dass es sich hier um eine allergischen Reaktion auf den Strom handeln muss.

Schrittmacher

Crevenna et al (10) haben 2001 an acht Schrittmacherpatienten während sechs Wochen eine NMES des M. quadriceps femoris durchgeführt. Es traten keine Störungen des Schrittmachers auf. Die Autoren weisen darauf hin, dass eine NMES am Oberschenkel mit den verwendeten Parametern gefahrlos durch zu führen ist. Es sollte einen Sicherheitsabstand von 50 cm zwischen den Elektroden und den Schrittmacher eingehalten werden. **Crevenna et al** (11) haben 2003 an acht Patienten mit implantierten kardioverter Defibrillatoren NMES des M. quadriceps femoris und TENS beidseitig auf dem M. trapezius descendens angewendet.

Bei drei von acht Probanden zeigten sich Störungen bei den ICD's. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Empfindlichkeit des ICD beim Versuch hätte herabgesetzt werden können. Dies hätte aber klinische Konsequenzen haben können und wird deshalb nicht empfohlen.

4.7 Ultraschall-Therapie

Kalibration

Artho et al (1) publizierten 2002 die Resultate ihrer Untersuchung über die Kalibration von therapeutischen Ultraschallgeräten. Es wurden 83 Geräte von verschiedenen Herstellern getestet. Von den getesteten Geräten waren 32 nicht kalibriert für mindestens einer der getesteten vier Einstellungen, davon waren 15 über und 15 unter der in den USA⁴ erlaubten 20% Abweichung. Von diesen Geräten waren 26 für zwei oder mehr Einstellungen nicht kalibriert, drei zeigten gar keine Leistung. Die mechanische Zeitschaltuhren zeigten in 15 Fällen Abweichungen außerhalb des Standards, die digitalen Uhren funktionierten gut. Die Autoren merken an, dass Ultraschallanwender sich realisieren müssen, dass die Intensität die am Gerät angezeigt wird nicht immer mit der tatsächlichen Leistung übereinstimmt. Die Geräte sollten regelmäßig kalibriert werden.

Pye et al (42) haben 1991 bis 1993 85 Ultraschallgeräte von unterschiedlichen Herstellern auf deren Leistung überprüft. Sämtliche Geräte wurden zum Zeitpunkt der Messung normal verwendet. Bei 29 Geräten mussten größere Reparaturen durchgeführt werden.

Bei 59 Geräte traten bei kontinuierlicher Anwendung Intensitätsabweichungen von über 30 % auf⁵, zwei Geräte zeigten Werte außerhalb des Meßbereiches (über 10 W). Im pulsierenden Betrieb traten bei einigen älteren Geräten Abweichungen von bis zu 600% des eingestellten Wertes auf, 73% der Geräte zeigten Abweichungen im 10% Bereich. Die Zeitschaltuhren von 74 Geräten zeigten bis auf einer Ausnahme (60 s Abweichung) die Zeit mit einer Abweichung von 5% korrekt an.

Schallköpfe, die für zwei Frequenzen geeignet sind, zeigten größere Abweichungen als solche die nur für eine Frequenz vorgesehen sind.

Nach der Messung wurden 76 von 85 Geräte repariert und neu kalibriert. Bei 95% der Geräten lagen die Abweichungen innerhalb 20% der vorgeschriebenen Werte. Dies zeigt, dass Störungen rasch und einfach zu beheben sind. Die Autoren empfehlen dringend, Ultraschallgeräte mindestens einmal jährlich zu eichen.

Pye (43) beschreibt 1996 drei Fälle, wobei sich an fünf fabrikneuen Ultraschallgeräten gravierende Mängel feststellen ließen. Bei einem Gerät wurde bei niedrigen Einstellungen am Gerät immer die maximale Intensität geleistet, bei einem anderen Schallkopf war keine Leistung nachweisbar, bei drei war die Leistung 100 bis 120% höher als am Gerät eingestellt. Bei einem älteren Gerät war keine Leistung meßbar. Pye betont, dass Physiotherapeuten sich dieser Problematik

⁴US Department of Health, Education and Welfare, Food and Drug Administration

⁵Die IEC 601-2-5 erlaubt $\pm 30\%$ Abweichung

bewusst sein sollten und dass Ultraschallgeräten jährlich ausführlich getestet werden müssen. Der Autor beschreibt die Methode wie getestet werden soll.

Holcomb und Joyce (25) haben 2003 die Leistung von zwei in den USA häufig benutzten Ultraschallgeräten verglichen.

Beim Omnisound 3000 stieg die Temperatur durchschnittlich bis $5.81 \pm 0.41^\circ\text{C}$, beim Forte 400 Combo bei gleicher Einstellung bis $3.85 \pm 0.75^\circ\text{C}$. Die Autoren beschreiben, dass der Unterschied sich nicht auf Grund technischer Unterschiede zwischen den Geräten erklären lässt, die Ursache für den Unterschied bleibt unklar.

Schädigungen

Frye et al (20) führten 2007 eine Untersuchung mit Ultraschall durch wobei Temperaturmesssonden getestet werden sollten..

Bei drei Probandinnen traten 18 bis 24 Stunden nach dem Versuch Blasen am anterioren Schienbein auf welche vom behandelnden Arzt als Folge einer Verbrennung interpretiert wurden. Die Probandinnen hatten während des Versuches eine Erwärmung des anterioren Schienbeines verspürt. Die Autoren vermuten, dass hier mehrere Faktoren beteiligt waren: Das inhomogene Schallbündel, Reflektionen im Gewebe, der Körperbau der drei Probandinnen und der BNR. Es wird empfohlen, dass Ultraschallanwender sich darauf einstellen sollten, während der Behandlung die Behandlungsparameter falls notwendig anzupassen.

Nosokomiale Infektionen

Schabrun et al (48) haben 2006 untersucht, ob Ultraschallgeräte und Ultraschallankopplungsgel bei der Übertragung von nosokomialen Infektionen beteiligt sein könnten.

Von den 44 untersuchten Schallköpfen waren 14 kolonisiert mit zwei oder drei Mikroorganismen, einen davon mit *Staphylococcus aureus*. Die übrigen Bakterienstämme waren Teil der normalen Hautflora. Von den 43 untersuchten Gelbehältern waren 12 stark infiziert. Zu 99.5% handelte es sich hier um potentiell pathogene Bakterienstämme. Nach der Reinigung mit 70% Alkohol waren 43 der 44 Schallköpfe nicht mehr infiziert.

Zur Reinigung des Schallkopfes nach der Behandlung reicht das Abwischen mit 70% Alkohol. Bei Ultraschallgelbehältern sollte das Verfalldatum beachtet werden und jeglicher Kontakt mit den Händen und der Inhalt der Behälter sollte vermieden werden.

Epiphysenfugen

Lyon et al (31) haben 2003 den Effekt von Ultraschall auf aktiven Wachstumsfugen von Kaninchen untersucht. Grund für die Untersuchung war, dass obwohl Physiotherapeuten Ultraschall viel einsetzen, es keine Untersuchungen dazu gibt wie sich Ultraschall auf Wachstumsfugen auswirkt. Die Autoren wollten feststellen, was bei einer hochdosierten Ultraschallanwendung an den Wachstumsfugen passiert.

Für die Untersuchung wurde bei zwölf Kaninchen während 20 Minuten pro Tag die laterale Seite des Kniegelenkes beschallt. Bei sechs Kaninchen mit 0.5 W/cm^2 und bei sechs anderen mit 2 W/cm^2 .

Die mit 0.5 W/cm^2 beschallten Gelenke zeigten keine mikroskopische oder radiologische Veränderungen. Die mit 2 W/cm^2 beschallten Gelenke zeigten deutliche strukturelle Veränderungen der Epiphyse und Metaphyse. Die Autoren kommen zum Schluß, dass Ultraschallbehandlung bei Kindern umstritten bleibt. Niedrig dosierter Ultraschall mit den verwendeten Parametern scheint den Wachstum der Epiphysenfugen nicht signifikant zu beeinflussen.

4.8 Hochfrequenztherapie: Diathermie mit Kurzwellen, Dezimeterwellen und Mikrowellen

Zur Dezimeterwellen-Therapie gibt es keine Literatur bezüglich Schäden.

Vier Gruppen Untersucher haben den Einfluss von Kurzwellen (UKW), Mikrowellen (MW) auf den Verlauf einer Schwangerschaft und auf das Auftreten von Fehlbildungen untersucht.

Schwangerschaft

Taskinen et al (50) haben 1990 Physiotherapeutinnen ($n=1047$) befragt. Es zeigte sich, dass Physiotherapeutinnen, die während den ersten zehn Wochen der Schwangerschaft wöchentlich 1 bis 4 Stunden UKW ausgesetzt waren ein leicht erhöhtes Risiko für Spontanaborte hatten. Therapeutinnen, die länger als fünf Stunden wöchentlich der Strahlung ausgesetzt waren bekamen mehr Kinder mit Fehlbildungen. Bei Physiotherapeutinnen, die wöchentlich mindestens 20 Stunden US anwendeten traten mehr Spontanaborte auf. Die Autoren weisen darauf hin, dass nach der statistische Analyse die Effekte von US und UKW nicht signifikant waren und dass die Resultate deshalb mit Vorsicht zu interpretieren sind.

Ouellet⁶ et al (39) befragten 1993 1753 Physiotherapeutinnen. Bei dieser Untersuchung

⁶manchmal Quellet geschrieben

zeigte sich, dass Therapeutinnen die sechs Monate vor Beginn der Schwangerschaft oder während des ersten Trimesters MW ausgesetzt waren dosisabhängig eher Fehlgeburten erlitten. Die Gruppe die 20 mal pro Monat oder öfter MW ausgesetzt wurde hatte ein größeres Risiko. Die Autoren fanden keinen Zusammenhang mit UKW-Therapie. Es wird darauf hingewiesen, dass es nicht möglich war einen kausalen Zusammenhang zwischen der Mikrowellenbelastung und die Fehlgeburtenrate nachzuweisen oder aus zu schließen.

Lerman et al (30) haben 2001 nach Analyse einer Umfrage unter Physiotherapeutinnen einen dosisabhängigen Zusammenhang zwischen niedrigerem Geburtsgewicht und Arbeit mit UKW-Therapie festgestellt. Die Autoren erklären, dass der zugrunde liegenden Mechanismus unklar ist. UKW-Therapie sollte aber als riskanter Anwendung während der Schwangerschaft betrachtet werden.

Cromie et al (12) haben 2002 untersucht, welche Arbeitsbedingungen in der Physiotherapie Einfluß auf eventuelle Komplikationen bei einer Schwangerschaft hat. Die Arbeit mit Elektrotherapien hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Verlauf oder das Auftreten von Komplikationen im Zusammenhang mit einer Schwangerschaft. Die Autoren gehen auch auf früheren (oben erwähnten) Untersuchungen ein und analysieren deren statistischen Aussagekraft. Sie kommen zum Schluß, dass es keinen Zusammenhang zwischen das Durchführen elektrotherapeutischer Anwendungen und Komplikationen während oder nach einer Schwangerschaft gibt.

Feychting (16) hat in ihrem Review 2005 das Thema Kurzwellentherapie und Mikrowellentherapie und Schwangerschaft nochmals aufgegriffen und erklärt, dass die zur Verfügung stehende Information nicht ausreicht, um irgendwelche Schlüsse zu ziehen. Die untersuchte Gruppen seien zu klein gewesen und die retrospektive Designs hätten zu viele Möglichkeiten für Fehlern erlaubt.

Metallimplantate

Nutt et al (37) beschrieben 2001 einen Fall, wobei die Anwendung von UKW zum Tode des Patienten führte. Es handelte sich um einen Parkinsonpatienten mit implantierten Hirnstimulationselektroden. Der Patient wurde mit einem UKW-Strahler während 30 Minuten auf einer Gesichtshälfte bestrahlt (59 μ s, 4 KHz, 25 Watt). Danach wurde die andere Gesichtshälfte behandelt. Nach der Behandlung war der Patient nicht mehr ansprechbar. Bei den anschließenden CT-Untersuchungen zeigten sich diverse zerebralen Läsionen. Der Patient war komatös und ist später gestorben. Die Autoren weisen auf die Gefahren von UKW-Behandlungen bei Patienten mit implantierten Hirnstimulationselektroden hin.

Roark et al (44) beschrieben 2008 einen Parkinsonpatienten mit implantierten Hirnstimulati-

onselektroden der wegen Nackenbeschwerden mit UKW an der linken Seite der Halswirbelsäule bestrahlt wurde. Eine Viertelstunde nach der zweiten Behandlung bekam der Patient rechtsseitige Muskelkrämpfe und Sehstörungen. Eine MRI-Untersuchung zeigte Ödeme um die linksseitige Stimulationselektrode herum. Etwa sieben Wochen nach dem Ereignis hatte sich der Patient fast vollständig erholt. Die Autoren beschreiben einen vergleichbaren Fall der nie publiziert, aber der amerikanischen Food and Drug Administration gemeldet wurde. Dieser Parkinsonpatient mit implantierten Elektroden wurde wegen thorakalen Schmerzen mit UKW behandelt und ist, nachdem er zuerst komatös wurde gestorben. Die Autoren betonen, dass Neurochirurgen mit Nachdruck auf die Gefahren von UKW und MW bei Patienten mit implantierten Hirnstimulatoren hinweisen müssen.

Ruggera et al (46) untersuchten 2003 in vitro die Erwärmungsrate von diversen Metallimplantaten durch pulsierender UKW. Im Labor wurden Hirnstimulationselektroden, Schrittmacherelektroden, und verschiedenes Osteosynthesematerial in einem Gewebephantom mit der gleichen Dosis wie bei Nutt (37) bestrahlt. Die Implantate befanden sich auf 0.5 cm Tiefe im Phantom, der Diathermiestrahler war drei cm vom Phantom entfernt. Die Stimulationselektroden erwärmten sich pro Sekunde um 2.54 °C, die Osteosyntheseplatten um etwa 0.05 °C pro Sekunde. Die Autoren empfehlen in der Nähe von Metallimplantaten keine Kurzwellentherapie anzuwenden.

Heick et al (24) untersuchten 1991 ob Diathermie mit UKW oder US im Bauchbereich bei Frauen mit einem Kupferbeschichteten IUD gefährlich ist. Dazu wurde bei acht Frauen während der Anwendung die intrauterine Temperatur gemessen. Der Bauch wurde mit UKW⁷ bestrahlt. Für die Ultraschallbehandlung wurde mit 1.5 W/cm² während fünf Minuten beschallt. Die Temperatur stieg bei der UKW-Anwendung intrauterin von 36.7 °C auf 37.6 °C an. Nach der US-Behandlung war die intrauterine Temperatur von 36.1 °C auf 37.0 °C angestiegen. Die Autoren meinen, dass es bei den verwendeten Dosierungen vollkommen sicher ist bei liegendem IUD US und UKW im Bauchbereich an zu wenden.

Seiger und Draper (49) beschrieben 2006 vier Patienten mit protrahiertem Verlauf nach komplizierten Unterschenkelfrakturen welche osteosynthetisch versorgt wurden. Außer Techniken aus der Manuelle Therapie wurde pulsierender UKW eingesetzt⁸. Etwa fünf Monate nach der Behandlung wurde bei einem der Patienten das Osteosynthesematerial entfernt. Der Chirurg konnte weder am Metall noch am umliegende Gewebe Veränderungen feststellen. Die Autoren raten zur Vorsicht bei der Umsetzung dieser Ergebnisse, diese gelten nur für die erwähnten Parametern und für das verwendete Gerät (Megapulse II®). Vom Einsatz bei Schrittmacher-

⁷Siemens Ultratherm ®, Minode Stufe 3, 20 Minuten

⁸12,27 MHz, 800 Hz, 400 µs, 48 Watt

patienten wird abgeraten.

Schrittmacher

Valtonen et al (51) haben 1975 in vitro untersucht wie sich kontinuierlicher und pulsierender UKW und MW auf Schrittmachern auswirken. Dazu wurde ein Schrittmacher auf unterschiedlichen Distanzen zu drei verschiedenen Diathermiegeräten platziert. Kontinuierlicher Kurzwelleneinwirkung unterdrückte die Funktion des Schrittmachers. Die Autoren vermuten, dass ein Sicherheitsabstand von 100 cm zum Schrittmacher ausreicht, dies zu verhindern.

Mikrowellentherapie unterdrückte die Wirkung des Schrittmacher stärker als UKW sogar auf 100 cm Abstand, deshalb betrachten die Autoren diese Anwendung als absolut kontraindiziert bei Schrittmacherpatienten. Pulsierender UKW hat auch bei maximaler Dosierung nahezu keinen Einfluss auf die Wirkung des Schrittmachers. Die Autoren meinen, dass diese Anwendung bei Schrittmacherpatienten möglich sei falls eine Sicherheitsdistanz von 30 cm zu den Elektroden oder Strahler eingehalten wird.

Knochenwachstum

Doyle und Smart (14) haben 1963 in ihrer Untersuchung festgestellt, dass UKW-Bestrahlung den Knochenwachstum stimuliert. Dazu wurden an 20 Ratten die rechtsseitige Epiphyse am Kniegelenk mit UKW bestrahlt. Das Gerät wurde so eingestellt, dass eine lokale Temperatur von 40°C während 30 bis 60 Minuten erreicht wurde. Die Bestrahlungen wurden täglich durchgeführt, insgesamt wurde jedes Tier 25 Stunden bestrahlt. Bei allen überlebenden Tieren war die bestrahlte Extremität signifikant länger als die Nichtbestrahlte. Es wird auf die Schwierigkeiten bei der klinischen Übertragbarkeit hingewiesen.

4.9 Low Level Laser Therapy

Schäden auf Grund therapeutischer Laser-Anwendungen werden in der Literatur nicht beschrieben.

Barkana und Belkin (3) beschrieben 2000 in ihrem Review bei welchen Laser-Typen und welchen Leistungen Schäden auftreten können. Meistens handelt es sich hierbei um Schäden an der Retina. Bei den beschriebenen Laser-Typen handelt es sich Hochleistungsgeräten von den Typen 3B und 4 aus der Industrie, Medizin und Militär. Läsionen treten öfter auf bei der Verwendung von Lasergeräten mit niedrigen Leistungen weil die Benutzer von Hochleistungs-Lasern mehr Respekt für diesen Geräten haben und entsprechende Vorkehrungen anwenden.

5 Diskussion

5.1 Die Meinungen der Lehrbuchautoren und ihre Referenzen

Fialka erwähnt zwei aktuelle Publikationen zur Begründung der Risiken von TENS und NMES bei Schrittmacherpatienten und Patienten mit einem ICD. Weitere Kontraindikationen zu den im Buch beschriebenen Elektrotherapien bleiben unbegründet.

Wenk erwähnt im Zusammenhang mit Metallimplantaten als Kontraindikation für Hochfrequenzdiathermie zwei ältere Übersichtsarbeiten (1968 und 1989). Auch er erwähnt keine weitere Publikationen zur Begründung der aufgelisteten Kontraindikationen.

Die übrigen Autoren führen zur Begründung derselben keine Publikationen an. Im Buch von Hütter-Becker fehlt zum Kapitel über Elektrotherapie das Literaturverzeichnis gänzlich.

5.2 Hochfrequenz

Knochenwachstum Die Untersuchung von Doyle (14) ist bereits alt und wurde mit Ratten durchgeführt. Die Parameter entsprechen nicht der üblichen Praxis: er bestrahlte 30 bis 60 Minuten. Es ist aber die einzige Untersuchung in diesem Zusammenhang die zeigte, dass das Knochenwachstum mit Diathermie stimuliert werden kann. Deshalb sollte die Anwendung nicht in der Nähe von aktiven Epiphysenfugen durchgeführt werden. Die Anwendung birgt ein Risiko in sich. Die Autoren der deutschen Lehrbüchern erwähnen dies nicht, die Untersuchung wird in den Büchern nicht erwähnt.

Metallimplantate und Hirnstimulationselektroden Auf Grund der elektrischen Eigenschaften können sich Metallimplantate in einem elektromagnetischen Feld erwärmen. Diese Erwärmung kann zu einer Schädigung des angrenzenden Gewebes führen. Ruggera et al (46) haben 2003 nachgewiesen, dass Hirnstimulationselektroden sich im elektromagnetischen Feld eines UKW mit einer Geschwindigkeit von 2.4°C pro Sekunde erwärmen. Dies anlässlich des durch Nutt et al (37) 2001 beschriebenen Todesfalles. Keiner der Autoren erwähnt die Anwesenheit von implantierten Hirnstimulationselektroden als Kontraindikation für eine Hochfrequenz-Therapie.

Dies ist befremdend, handelt es sich hierbei doch um eine Elektrotherapieanwendung die zum Tode zweier Patienten geführt hat.

Ich weise darauf hin, dass die betroffenen Parkinsonpatienten nicht durch Physiotherapeuten behandelt wurden. In einem Fall (37) war dies eine Gehilfin in einer Zahnarztpraxis, im zweiten und dritten Fall (44) Hilfspersonal in Arztpraxen.

Die Hochfrequenz-Therapie bei diesen Patienten muss in den Lehrbüchern explizit als kontraindiziert erwähnt werden.

Es ist zu beachten, dass Ruggera in vitro an Osteosynthesematerial Temperaturanstiege von 0.05°C pro Sekunde (3°C pro Minute) gemessen hat bei einer Bestrahlung mit 25 W. Seiger et al (49) haben 2006 erfolgreich bei Patienten mit liegendem Osteosynthesematerial eine pulsierende UKW-Behandlung durchgeführt mit einer durchschnittlichen Intensität von 48 Watt. Dies deutet darauf hin, dass die in vitro Ergebnisse nicht auf eine klinische Situation übertragbar sind.

Heick et al (24) haben bereits 1991 nachgewiesen, dass ein IUD mit Kupferbeschichtung keine Kontraindikation für eine UKW-Behandlung und US im Bauch- oder Rückenbereich darstellt. Diese Information findet sich leider nicht in den Lehrbüchern..

Schwangerschaft Ein eventuelles Risiko für Physiotherapeutinnen bei der Anwendung von Hochfrequenztherapien ist nicht mit Sicherheit aus zu schließen (12; 16; 30; 39). Bossert und Rostalski und Hemrich vermerken, dass bei Schwangeren die Bauchgegend nicht intensiv behandelt werden darf. Dies ist eine schwer zu interpretierende Aussage. Wenk bezeichnet die Schwangerschaft als regionale Kontraindikation, Fialka als absolute Kontraindikation. Die Untersuchungen von Cromie, Lermann und Ouellet deuten darauf hin, dass auch eine niedrige Dosis zu Problemen führen könnte. Die Streuung der elektromagnetischen Strahlung ist genügend stark, dass sie sich auch entfernteren Strukturen auswirken kann. Trotzdem wird dies in den Lehrbüchern nicht explizit erwähnt. Fialka erwähnt als einzige die entsprechende Publikationen, die übrigen Autoren begründen ihre Behauptungen nicht.

Herzschrittmacher Die MW-Therapie ist bei diesen Patienten absolut kontraindiziert (51). Die Verwendung kontinuierlicher UKW bei diesen Patienten ist riskant. Auch wenn eine Sicherheitsdistanz von 100 cm eingehalten wird, kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich der Patient den Elektroden nähert. Pulsierender UKW stellt für Schrittmacherpatienten keine Kontraindikation dar, dies wird von keinem der Autoren erwähnt. Ob für Patienten mit einem ICD dasselbe gilt, wurde nie untersucht. Patienten mit Schrittmachern oder ICD's müssen beim Betreten der Therapieräume auf die Risiken hingewiesen werden. Alle Autoren vermerken dies,

allerdings ohne Literaturverweise.

5.3 Iontophorese und Sonophorese

Über unerwünschte Wirkungen der Sonophorese gibt es keine Literatur.

In den Lehrbüchern wird bei der Iontophorese auf die Verätzungsgefahr hingewiesen. Hierzu gibt es in der Literatur keine Publikationen.

Allergien Als Vorteil der Iontophorese und Phonophorese wird die lokale Applikation und lokale Wirkung des verwendeten Heilmittels aufgeführt. Dies würde das Auftreten von systemischen Reaktionen reduzieren. Macchia et al (32) haben gezeigt, dass auch bei einer Iontophorese systemische allergische Reaktionen auftreten können. Physiotherapeuten sollten dies bei der Anwendung von Medikamenten wie Diclofenac¹ oder Salicylate² berücksichtigen. Fialka erwähnt als einzige Atorin Allergien als Kontraindikation bei der Iontophorese, nicht aber bei der Sonophorese. Die übrigen Autoren zählen allergische Reaktionen bei der Iontophorese zu den Nebenwirkungen. Publikationen zur Begründung werden keine erwähnt.

5.4 Laser

Es gibt keine Literatur über Schädigungen durch therapeutischen Laser-Anwendungen. Barkana (3) beschreibt, dass medizinische Laser der Klasse 3B Augenschäden verursachen können. Die Gefahr die von diesen Geräten ausgeht darf nicht unterschätzt werden. Es treten laut Barkana mit den Mid-Lasern sogar häufiger Schäden auf, weil die Benutzer von stärkeren Geräten sich eher an die Sicherheitsvorschriften halten würden. Die Lehrbuchautoren erwähnen die Gefahr die von Laser ausgeht, führen dennoch keine Literatur zur Begründung an.

5.5 Mittelfrequente Ströme und Interferenz

Schrittmacher und ICD's Mittelfrequente Ströme sollen für den Patienten sehr angenehm sein und nahezu risikolos in der Anwendung. Laut Wenk darf diese Therapieform sogar bei Schrittmacherpatienten angewendet werden (54). Zu diesem Thema gibt es keine Untersuchungen, die Behauptung muss deshalb kritisch hinterfragt werden. Es gibt kein Grund an zu nehmen, dass die bei 4000 Hz verwendeten Phasendauern von 125 μ s eine andere Auswirkung

¹Voltaren®

²Sportusal®

auf einen Schrittmacher oder ICD haben als die bei TENS oder NMES verwendeten gleichen Phasendauern. Bei 2500 Hz beträgt die Phasendauer $200\mu\text{s}$. Die Impulse somit länger als bei den in den Untersuchungen verwendeten Anwendungen. Diese Frequenz würde gerne bei der NMES verwendet. Bei einer Anwendung am M. quadriceps femoris bei Schrittmacherpatienten ist also mit Störungen zu rechnen(11).

Metallimplantate Metallimplantate im Behandlungsareal seien auf Grund der Stromcharakteristik keine Kontraindikation. Die neuere Literatur belehrt uns eines Besseren. Die Publikationen zum Thema Verbrennungen bei MF sind aus 2005 (18) und 2008 (47). Der Bericht von Ford et al hätte in den Lehrbüchern von Bossert(5) und Hüter-Becker (45) erwähnt werden müssen.

Nosokomiale Infektionen Mittels Interferenzgeräte und deren Zubehör können Infektionen verbreitet werden (29). Dies gilt mit Sicherheit auch für Ultraschallgeräten und sehr wahrscheinlich auch für anderen Elektrotherapiegeräten. In den Lehrbüchern wird dies nicht erwähnt. Lediglich Fialka weist darauf hin, dass bei infektiösen Patienten auf der Einhaltung eines hygienischen Mindeststandards geachtet werden soll. In Deutschland erleiden jährlich 400.000 bis 600.000 Patienten einer nosokomialen Infektion, 10.000 bis 15.000 sterben daran (21). Physiotherapeuten in Kliniken tragen zur Verbreitung solcher Infektionen bei (13). Physiotherapeuten müssen sich dieser Tatsache bewusst sein und Lehrbücher sollten zur Aufklärung beitragen.

Endoprothesen Dass Interferenzstrom zur Prothesenlockerung führen soll (4; 17), ist nicht nur physikalisch sehr unwahrscheinlich sondern ist auch mit keiner publizierten Arbeit zu begründen.

5.6 TENS/NMES

Schrittmacher und ICD's TENS und NMES können die Funktion von Herzschrittmachern stören (26; 7) . Die Störung von implantierten kardioverter Defibrillatoren wird in keinem der deutschen Lehrbücher erwähnt obwohl diese für den Patienten gravierender zu sein scheint als die Störung von Schrittmachern. Die NMES bei Schrittmacherpatienten und Patienten mit einem ICD ist unumstritten riskant. Carlson et al (7) beschreiben, dass eine Störung zur Unterdrückung einiger wenigen Herzschläge führen könnte oder zu einer extremen Bradykardie. Eventuelle Symptome würden sofort verschwinden wenn die Behandlung abgebrochen wird. Schlimmer wäre ein Herabsetzen der Empfindlichkeit³ wodurch der Schrittmacher dem normal-

³undersensing

schlagenden Herzen die Schrittmacherfrequenz aufzwingen würde. Dieses Phänomen wird in der Literatur nicht beschrieben. Die empfohlene Sicherheitsdistanz von 50 cm zwischen Reizelektroden und Schrittmacher ist zu gering (10; 11). Es gibt es keine Publikationen darüber, wie sich TENS oder NMES an den distalen oberen Extremitäten auswirkt.

Metallimplantate Osteosynthesematerial im Behandlungsareal stellt für TENS und NMES Anwendungen keine Kontraindikation dar solange kompensierte Impulsen eingesetzt werden. Wie eine durch Pothmann(40) erwähnte Hitzestau entstehen soll, ist physikalisch nicht erklärbar.

Kontaktallergien Das Auftreten von Kontaktallergien bei NMES wird in den Lehrbüchern nicht erwähnt, obwohl heute sehr viele Patienten NMES mit Klebeelektroden oder Gummielektroden mit Kontaktgel welche allergische Reaktionen auslösen könnten zu Hause durchführen. Zum Thema Kontaktallergien bei TENS und NMES wurde seit 1999 nichts mehr publiziert. Der Grund hierfür ist unbekannt. Leider wird auf die Verpackungen der Elektroden und auf die Behälter für Kontaktgels die verwendete Substanzen nicht deklariert.

Es ist zu beachten, dass nicht alle Hautreaktionen allergischen Ursprungs sind. Die durch Morris (36) beobachtete Dermatitis war sehr wahrscheinlich auf eine Reaktion auf die bei der FES von denervierten Muskeln verwendeten langen, nichtkompensierten Impulsen zurück zu führen.

Nosokomiale Infektionen Die Verbreitung von Infektionen wurde im Zusammenhang mit Interferenzgeräten untersucht. Auf Grund der Vergleichbarkeit der Anwendungen muss davon ausgegangen werden, dass für Niederfrequenzgeräten dasselbe gilt. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass für jedem Patienten separate Schwämme benutzt werden, dass Klebeelektroden immer nur für den selben Patienten benutzt werden und dass man benutzte Elektroden nach der Behandlung mit 70% Alkohol reinigt. Fialka erwähnt als einzige Autorin im Kapitel zu den allgemeinen arbeitstechnischen Standards, dass bei infektiösen Patienten bezüglich der verwendeten Elektroden hygienische Mindeststandards eingehalten werden sollten.

5.7 Ultraschall

Penetrationstiefe Rostalski und Hemrich (45) behaupten 2007, dass 3 MHz Ultraschall speziell für oberflächliche Pathologien eingesetzt werden soll. Hayes et al (23) hatten bereits 2004 festgestellt, dass 3 MHz Ultraschall deutlich tiefer erwärmt als theoretisch angenommen wird⁴.

⁴3 MHz, ERA ±5 cm², BNR 5.5, 4 Minuten Behandlungszeit, auf 2.5 cm Tiefe, 40°C

Die übrigen Lehrbüchern (außer (40)) erwähnen die unterschiedliche Erwärmungsraten von 1 und 3 MHz Ultraschall nicht. Wegen der Gefahr thermischer Schädigungen wie diese bei Frey (20) aufgetreten sind ist es unerklärlich, dass diese Erkenntnis in den Lehrbüchern nicht erwähnt wird. In diesem Zusammenhang sollte in den Lehrbüchern nachdrücklich für die Anwendung von Ultraschall bei kognitiv gestörten oder komatösen Patienten gewarnt werden.

Gefässerkrankungen und Durchblutungsstörungen Atkins und Duck (2) haben gezeigt, dass eine Ultraschallanwendung mit 1 W/cm^2 3 MHz, Pulsrate 1:4, ERA 5 cm^2 , nach zehn Minuten in einem Gewebephantom auf einer Tiefe von zehn cm einen Temperaturanstieg von 1.4°C verursachte. Die Beschallung mit einem modernen 3 MHz Dopplersonographiegerät verursachte auf diese Tiefe nach zehn Minuten eine Erwärmung von 6.4°C . Die Dopplersonographie wird unter anderem eingesetzt bei der Untersuchung von Durchblutungsstörungen auf Grund von Thrombosen, Thrombophlebitiden und Arteriosklerose. Diese Pathologien stellen laut Lehrbuchmeinung (5; 54; 17; 45) Kontraindikationen für die lokale Anwendung von Ultraschall dar. Eine Doppler-Untersuchung dauert normalerweise in etwa gleich lange wie eine therapeutische Ultraschallanwendung und wird durch die Fachärzte ohne weitere Bedenken durchgeführt. Aus diesem Grund möchte ich die Gefahr die von therapeutischem Ultraschall bei diesen Pathologien ausgehen soll in Frage stellen.

Epiphysenfugen Die Untersuchung von Lyon et al (31) hat gezeigt, dass niedrigdosierter Ultraschall keine Auswirkung auf die Wachstumsfugen bei Kaninchen hat. Die Art der Behandlungsdurchführung entsprach in keiner Weise der üblichen Praxis. Der Ultraschall wurde während 20 Minuten stationär eingesetzt. In der Praxis würde dies zweifellos zu starken Schmerzen führen. Dies impliziert, dass die Behandlung von Kindern mit intakter Sensibilität durchgeführt werden könnte. In Anbetracht der möglichen Folgen ist es jedoch besser eine solche Behandlung zu unterlassen. Rostalski und Hemrich erwähnen als einzigen, dass US bei Epiphysenfugen kontraindiziert ist. Eine Begründung dazu fehlt.

Nosokomiale Infektionen Schabrun (48) hat 2006 nachgewiesen, dass Ultraschallbehandlungsköpfe häufig mit pathogene Mikroorganismen kolonisiert sind. Dies gilt besonders für den Ultraschallgel. Dies kann dazu führen, dass diese Anwendung zum Vektor für die Verbreitung nosokomialer Infektionen wird, speziell deshalb, weil Physiotherapeuten in Kliniken sehr interdisziplinär arbeiten. Physiotherapeuten in Praxen sind aber auch betroffen. Diese werden immer öfter konfrontiert mit immunsupprimierten Patienten. Deshalb müssen Physiotherapeuten sich der Infektionsgefahr bewusst werden und entsprechende Maßnahmen treffen. Die Untersuchung

von Hayes wurde 2006 publiziert, zu spät um in den Lehrbüchern berücksichtigt zu werden. Auf Grund vergleichbarer Untersuchungen hätte man aber trotzdem diesbezüglich Konsequenzen ziehen können.

5.8 Schlussfolgerungen

Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden welche Elektrotherapien risikobehaftet sind und wie sich diese Risiken begründen lassen. Auffallend ist, dass nicht alle diese Risiken in den deutschen Lehrbücher erwähnt werden und dass die Autoren nur in zwei Fällen ihre Aussagen mit Literaturverweise begründen.

Zu den meisten der in den Lehrbüchern erwähnten Risiken und Kontraindikationen habe ich keine Literatur gefunden.

Nachfolgende Risiken lassen sich mit Literatur belegen.

- Die Gefahr, ausgehend von Hochfrequenzdiathermie bei Patienten mit implantierten Hirnstimulationselektroden.
- Das Auftreten von Kontaktallergien bei TENS- und NMES-Anwendungen.
- Die Störung von Herzschrittmachern und implantierten kardioverter Defibrillatoren durch TENS-, NMES- und Hochfrequenzanwendungen.
- Das Auftreten von systemischen allergischen Reaktionen nach Iontophorese.
- Das Auftreten von Muskelschädigungen bei NMES-Anwendungen.
- Das Auftreten von thermischen Schädigungen bei Ultraschall Anwendungen.
- Die Gefahr, ausgehend von nichtgewarteten Ultraschallgeräten.
- Das Auftreten von elektrischen Schädigungen bei Interferenzstromanwendungen.
- Das Auftreten von Augenschäden bei Mid-Laser-Anwendung.
- Die Verbreitung nosokomialer Infektionen mittels Elektrotherapiegeräten und deren Zubehör.
- Einfluss auf das Knochenwachstum durch Hochfrequenztherapie.

Zudem gibt es Anwendungen die ein unbekanntes Risikopotential aufweisen, die aber auf Grund der gefundenen Literatur doch als riskant eingestuft werden sollten.

- Behandlungen mit Hochfrequenztherapie könnten für Physiotherapeutinnen während oder vor einer geplanten Schwangerschaft riskant sein.
- Es kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass Ultraschall über aktive Epiphysen ungefährlich ist.
- TENS oder NMES an den oberen Extremitäten könnten die Herzschrittmacherfunktion stören.
- Interferenzstrom könnte ein Risiko darstellen für Schrittmacherpatienten und Patienten mit einem ICD.

Drei als riskant eingestufte Anwendungen müssen kritisch hinterfragt werden.

Ultraschall bei Gefässerkrankungen Zur Untersuchung von Gefässerkrankungen wird die Doppler-Sonographie eingesetzt. Atkins und Duck (2) haben nachgewiesen, dass bei dieser Untersuchung die Gewebetemperatur deutlich mehr ansteigt als während einer therapeutischen Ultraschallbehandlung. Die Behandlung mit Ultraschall bei solchen Gefässerkrankungen wird durch alle Autoren (außer Pothmann) als kontraindiziert betrachtet. Auf Grund der Sachlage scheint das Risiko ausgehend von einer Ultraschallbehandlung bei solchen Patienten überschätzt zu werden.

TENS bei Schwangeren Ketscher et al (? ?) haben 1985 und 1987 ihre Ergebnisse über lumbaler TENS-Anwendung bei Schwangeren im dritten Trimester publiziert. Die Parameter entsprachen der üblichen therapeutischen Praxis. Komplikationen werden keine erwähnt. Schwangerschaft gilt als absolute Kontraindikation für vielen Anwendungen im lumbalen und abdominalen Bereich. Auf Grund der Arbeit von Ketcher et al muss dies für TENS im letzten Trimester kritisch hinterfragt werden. Bei Schwangeren im letzten Trimester die unter lumbalen Schmerzen leiden können die Schmerzen oft nicht befriedigend medikamentös angegangen werden. Hier wäre TENS eine gute Alternative.

Interferenzstrom bei Endoprothesen Bossert (4) und Fialka (17) erwähnen, dass Interferenzstrom zu einer Endoprothesenlockerung führen könne. Dies wird in der Literatur nicht bestätigt und ist außerdem physikalisch nicht begründbar. Diese Kontraindikation ist unbegründet.

Meiner Meinung nach gibt es für das Fehlen der Literatur mehrere Gründe.

Die Medizin-Produkteverordnungsverordnung (35) (MPBetreibV) und das Medizinproduktegesetz (34) (MPG) schreiben vor, dass Vorkommnisse, die zum Tode oder einer schwerwiegenden

Verschlechterung des Gesundheitszustandes führen, dem Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte gemeldet werden müssen. Für geringfügige Schäden gibt es keine Meldepflicht, deshalb können keine Aussagen über deren Auftreten gemacht werden.

Zu bestimmten möglichen Risiken wurden bislang keine Untersuchungen durchgeführt weil solche Untersuchungen überflüssig oder ethisch nicht vertretbar sind. Kontraindikationen wie fieberhafte Zustände, Infektionskrankheiten und unklare Pathologien werden von Experten allgemein auch ohne die Beweisführung akzeptiert und die Tatsache, dass Hochfrequenzdiathermie und Ultraschall den Knochenwachstum bei Ratten und Kaninchen beeinflusst reicht aus, bei Kindern Vorsicht walten zu lassen.

Physiotherapeuten sind es sich nicht gewohnt, über unerwünschte Ereignisse zu publizieren. Bis auf wenigen Ausnahmen (41; 43; 47) wurden die gefundenen Fallbeschreibungen durch Ärzte publiziert. Es existiert außerdem für Physiotherapeuten keine Plattform für die Meldung von unerwünschten Ereignissen. Es wäre sehr wünschenswert eine solche ein zu führen. Da Beobachter oder Verursacher von Schäden sich wahrscheinlich keine Blöße geben möchten, sollte eine solche Plattform die Meldungen anonym verarbeiten.

Die Möglichkeit besteht, dass die beobachtete Schäden so gering sind, dass eine Publikation nicht notwendig erscheint. Diese Vorstellung ist falsch. Auch kleine Schäden oder leichte Verletzungen sollten raportiert werden, damit diese wissenschaftlich ausgewertet werden können. Es würde sonst eine falsche Sicht auf die Möglichen Risiken der Elektrotherapie entstehen.

Es ist natürlich möglich, dass nur selten Schäden auftreten. Dies scheint mir eher unwahrscheinlich. Wahrscheinlicher ist, dass aufgetretene Schäden auf Grund von Unkenntnis nicht mit einer Anwendung im Zusammenhang gebracht werden. Diese Lücke zu schließen, ist Aufgabe der Lehrbuchautoren.

Bei den nachfolgenden Punkten besteht hinsichtlich der berücksichtigten Lehrbüchern Optimierungsbedarf..

Literaturverweise Bis auf einer Ausnahme bei Fialka und einer bei Wenk werden die Kontraindikationen in den aktuellen deutschen Lehrbüchern nicht mit Literaturverweise belegt. Im durch Hüter-Becker und Dölken herausgegebene Buch fehlt ein Literaturverzeichnis zur Elektrotherapie gänzlich.

Neue Erkenntnisse Wichtige Untersuchungsergebnisse, die vor dem Erscheinungsdatum eines Lehrbuches publiziert wurden sollten erwähnt werden. Dies wurde zu den Themen Ultraschall, TENS, Mittelfrequenz und Hochfrequenz nachweislich nicht gemacht.

Nosokomiale Infektionen In den erwähnten Elektrotherapie-Lehrbücher sollte im Zusammenhang mit nosokomialen Infektionen mit Nachdruck auf Maßnahmen zur Reinigung oder

Desinfektion des verwendeten Materials hingewiesen werden.

Kognitive Probleme Patienten mit kognitiven Problemen sollten explizit als Risikogruppe erwähnt werden. Diese Problematik wird durch Pothmann (Säuglinge und Kleinkinder), Bossert (Psychosen) und Fialka (kognitive Defizite bei der NMES-Anwendung) nur am Rande als Kontraindikation für Elektrotherapieanwendungen erwähnt. Wenk erwähnt diese Patienten nicht.

Physiotherapeuten setzen traditionell außer der Bewegungstherapie in all ihrer Variationen Weichteiltechniken und viele verschiedene physikalische Reize ein. Damit die Physiotherapie sich in Zukunft nicht zur reinen Bewegungstherapie entwickelt, müssen die Grundlagen dieser physikalischen Therapien gründlich untersucht werden. Nur so kann deren Einsatz nach den Grundsätzen der Evidence Based Medicine gerechtfertigt, und fragwürdige Anwendungen begründbar abgelehnt werden. Hierzu gehört auch, dass Physiotherapeuten sich kritisch mit den Risiken dieser Anwendungen auseinandersetzen und eine Kultur entwickeln die es ermöglicht aus den eigenen Fehlern und die von anderen zu lernen.

Schwächen Diese Literaturübersicht hat einige Schwächen. Ich habe die Recherche alleine durchgeführt und auch alleine über den Ein- und Ausschluss der Publikationen entschieden. Ich habe deshalb meine Suchbegriffe sehr allgemein formuliert und nur wenige Einschränkungen festgelegt. So konnte ich meine Ausbeute maximieren und die Bias-Gefahr reduzieren.

Literaturverzeichnis

- [1] Artho PA, Thyne JG, Warring BP, Willis CD, Brismée, Latman NS. A calibration study of therapeutic ultrasound units. *Phys Ther* 2002;82:257-263
- [2] Atkins T, Duck F. Heating caused by selected Doppler and physiotherapy ultrasound beams measured using thermal test objects. *Eur J Ultrasound* 2003;16:243-252
- [3] Barkana Y, Belkin M. Laser eye injuries. *Surv Ophtalmol* 2000;44:459-478
- [4] Bossert FP, Jenrich W, Vogedes K. Leitfaden Elektrotherapie. Urban & Fischer; 2006
- [5] Bossert FP, Vogedes K. Elektrotherapie, Licht- und Strahlentherapie. Grundlagen für Physiotherapeuten und Masseur. München: Urban & Fischer; 2. Auflage 2007
- [6] Catanzaro JM, Smith JG. Propylene glycol dermatitis. *J Am Acad Dermatol* 1991;24:90-5.
- [7] Carlsson T, Andrell P, Ekre O, Edvardsson N, Holmgren C, Jacobsson F, Mannheimer C. Interference of transcutaneous nerve stimulation with permanent ventricular stimulation: a new clinical problem? *Europace* 2009;11:364-369
- [8] Castelain PY, Chabeau G. Contact dermatitis after transcutaneous electric analgesia. *Contact Dermatitis* 1986;15:32-35
- [9] Corazza M, Maranini C, Bacilieri S, Virgili A. Accelerated allergic contact dermatitis to a transcutaneous electrical nerve stimulation device. *dermatology* 1999;199:281
- [10] Crevenna R, Quittan M, Wiesinger GF, Nuhr MJ, Nicolakis P, Pacher R, Fialka-Moser V. Elektrostimulationstherapie bei Patienten mit Herzschrittmachern. *Phys Med Rehab Kuror* 2001; 11: 159-164
- [11] Crevenna R, Stix G, Pleiner J, Pezawas T, Schmidinger H, Quittan M, Wolzt M. Eletromagnetic interference by transcutaneous neuromuscular electrical stimulation in patients with bipolar-sensing implantable cardioverter defibrillators. *Pace* 2003;26:626-629

- [12] Cromie JE, Robertson V, Best MO. Occupational health in physiotherapy: general health and reproductive outcomes. *Australian Journal of Physiotherapy* 2002;48:287-294
- [13] Crowcroft N, Maguire H, Fleming M, Peacock J, Thomas J. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: investigation of a hospital outbreak using a case-control study. *Journal of Hospital Infection* 1996;34:301-309
- [14] Doyle JR, Smart BW. Stimulation of bone growth by short-wave diathermy. *J Bone Joint Surg Am* 1963;45:15-24
- [15] Dwyer CM, Chapman RS, Forsyth A. Allergic contact dermatitis from TENS gel. *Contact Dermatitis* 1994;30:305
- [16] Feychting M. Non-cancer EMF effects related to children. *Bioelectromagnetics Supplement* 2005;7:69-74
- [17] Fialka-Moser V. *Elektrotherapie*. München: Pflaum; 2005
- [18] Ford KS, Shrader MW, Smith J, Mclean TJ, Dahm DL. Full-thickness burn formation after the use of electrical stimulation for rehabilitation of unicompartmental knee arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty* 2005;20:950-953
- [19] Foti C, Cassano N, Conserva A, Vena GA. Allergic contact dermatitis due to diclofenac applied with iontophoresis. *Clinical and Experimental Dermatology* 2004;29:91
- [20] Frye JL, Johns LD, Tom JA, Ingersoll CD. Blisters on the anterior shin in 3 research subjects after a 1-MHz, 1.5W/cm², continuous ultrasound treatment: a case series. *Journal of Athletic Training* 2007;42(3):425-430
- [21] Gastmeier P, Geffers C. Nosokomiale Infektionen in Deutschland: Wie viele gibt es wirklich? Eine Schätzung für das Jahr 2006. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2008; 133 (21): 1111-1115
- [22] Green T, Pye RJ. Skin reactions to TENS equipment used for pain relief. *Br J Dermatol* 1991;125(suppl 38):35
- [23] Hayes BT, Merrick MA, Sandrey MA, Cordova ML. Three-MHz ultrasound heats deeper into the tissues than originally theorized. *Journal of Athletic Training* 2004;39(3):230-234
- [24] Heick A, Espersen T, Pedersen HL, Raahauge J. Is diathermy safe in women with copper-bearing IUDs? *Acta Obstet Gynecol Scand* 1991;70:153-155

- [25] Holcomb WR, Joyce CJ. A comparison of temperature increases produced by 2 commonly used ultrasound units. *Journal of Athletic Training* 2003;38:24-27
- [26] Holmgren C, Carlsson T, Mannheimer C, Edvardsson N. Risk of interference from transcutaneous electrical nerve stimulation on the sensing function of implantable defibrillators. *Pace* 2008;31:151-158
- [27] Ketscher KD, Retschke U, Kindt J. Die transkutane elektrische Nervenstimulation zur Behandlung der Plazentainsuffizienz. Methodenprinzip und Gerätekombination. *Zbl Gynaekol* 1985;107:500-502
- [28] Ketscher KD, Retschke U, Kindt J. Die transkutane elektrische Nervenstimulation zur Behandlung der Plazentainsuffizienz. Ergebnisse der Behandlung im Vergleich zu einer speziellen Infusionsbehandlung. *Zbl Gynaekol* 1987;109:850-853
- [29] Lambert I, Tebbs SE, Hill D, Moss HA, Davies AJ, Elliott TSJ. Interferential therapy machines as possible vehicles for cross-infection. *Journal of Hospital Infection* 2000; 44: 59-64
- [30] Lerman Y, Jacobovich R, Green MS. Pregnancy outcome following exposure to shortwaves among female physiotherapists in Israel. *Am J Ind Med* 2001;39:499-504
- [31] Lyon R, Liu X, Meier J. The effects of therapeutic vs. high-intensity ultrasound on the rabbit growth plate. *J Orthop Res* 2003;21:865-871
- [32] Macchia L, Caiaffa MF, Vacca A. General adverse reaction to aspirin administered by transdermal iontophoresis. *Eur J Pharmacol* 2002;58:641-642
- [33] Mackey AL, Bojsen-Moller J, Qvortrup K, Langberg H, Suetta C, Kalliokoski KK, Kjaer M, Magnusson SP. Evidence of skeletal muscle damage following electrically stimulated isometric muscle contractions in humans. *J Appl Physiol* 2008; 105:1620-1627
- [34] Medizinproduktegesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. August 2002 (BGBl. I S. 3146), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 14. Juni 2007 (BGBl. I S. 1066) URL: <http://bundesrecht.juris.de/mpg/BJNR196300994.html> -Download vom 29.03.2009
- [35] Medizinprodukte-Betreiberverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. August 2002 (BGBl. I S. 3396), zuletzt geändert durch Artikel 386 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407) URL:

- <http://bundesrecht.juris.de/mpbetreibv/BJNR176200998.html> -Download vom 29.03.2009
- [36] Morris SD, McGibbon DH, Rycroft RJG. Dermatitis caused by electromagnetic radiation. *Contact Dermatitis* 2001;24:188
- [37] Nutt JG, Anderson VC, Peacock JH, Hammerstad JP, Burchiel KJ. DBS and diathermy interaction induces severe CNS damage. *Neurology* 2001;56:1384-1386
- [38] Occhetta E, Bortnik M, Magnani A, Francalacci G, Marino P. Inappropriate implantable cardioverter-defibrillator discharges unrelated to supraventricular tachyarrhythmias. *Europace* 2006;8:863-869
- [39] Ouellet-Hellstrom T, Stewart WT. Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation. *Am J Epidemiol* 1993;138:775-86
- [40] Pothmann R (Hrsg.). TENS, Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Hippokrates; 2003
- [41] Pyatt JR, Trenbath D, Chester M, Connelly DT. The simultaneous use of a biventricular implantable cardioverter defibrillator (ICD) and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) unit: implications for device interaction. *Europace* 2003;5:91-93
- [42] Pye S, Milford C. The performance of ultrasound physiotherapy machines in Lothian Region, Scotland, 1992. *Ultrasound in Med & Biol* 1994;4:347-359
- [43] Pye S. Ultrasound therapy equipment: does it perform? *Physiotherapy* 1996;82:39-44
- [44] Roark C, Whicher S, Abosch A. Reversible neurological symptoms caused by diathermy in a patient with deep brain stimulators: case report. *Neurosurgery* 2008;62:E256
- [45] Rostalski W, Hemrich N. Elektrotherapie. In: Hüter-Becker A, Dölken M, Hrsg. *Physikalische Therapie, Massage, Elektrotherapie und Lymphdrainage*. Stuttgart:Thieme; 2007:231-275
- [46] Ruggera PS, Witters DM, von Maltzahn G, Bassen HI. In vitro assessment of tissue heating near metallic medical implants by exposure to pulsed radio frequency diathermy. *Phys Med Biol* 2003;48:2919-2928

- [47] Satter E. Third-degree burns incurred as a result of interferential current therapy. *Am J Dermatopathol* 2008;30:281-283
- [48] Schabrun S, Chipchase L, Rickard H. Are therapeutic ultrasound units a potential vector for nosocomial infection? *Physiother Res Int* 2006;11(2):61-71
- [49] Seiger C, Draper DO. Use of pulsed shortwave diathermy and joint mobilization to increase ankle range of motion in the presence of surgical implanted metal: a case series. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006;36(9):669-677
- [50] Taskinen H, Kyyrönen P, Hemminki K. Effects of ultrasound, shortwaves, and physical exertion on pregnancy outcome in physiotherapists. *J Epidemiol Community Health* 1990;44:196-201
- [51] Valtonen EJ, Lilius HG, Tiula E. Disturbances in the function of cardiac pacemaker caused by short wave and microwave diathermies and pulsed high frequency current. *An Chir Gynaecol Fen* 1975;64:284-287
- [52] Vlay SC. Electromagnetic interference and ICD discharge related to chiropractic treatment. *Pace* 1998;21:2009
- [53] Weitz SH, Tunick PA, McElhinney L, Mitchell T, Kronzon I. Pseudoatrial flutter: Artifact simulating atrial flutter caused by a transcutaneous electrical nerve stimulator (TENS). *Pace* 1997;20:3010-3011
- [54] Wenk W. *Elektrotherapie*. Springer;2004
- [55] Zeqiri B. Calibration and safety of physiotherapy ultrasound equipment. *Physiotherapy* 1997;83:559-560