Gerhard Litscher

Infrarotanalytik zur Visualisierung stimulationsinduzierter Meridianstrukturen?

Erstes simultanes, akupunkturspezifisches thermographisches Monitoring in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen

Die Akupunktur, eine wesentliche Komponente der Traditionellen Chinesischen Medizin, findet zunehmend Eingang in die Therapiekonzepte für unterschiedliche Krankheitsbilder. Die wesentlichen effektorischen Strukturelemente sind die Akupunkturpunkte, welche topografisch mehrheitlich spezifischen Meridianen zugeordnet werden. Für die Akupunkturpunkte liegen zahlreiche Hinweise für deren qualitative Besonderheit vor. Histologische Untersuchungen scheinen dies für eine Vielzahl von Akupunkturpunkten zu belegen [1]. Visualisierungsversuche der «Energie-Leitbahnen» der Akupunktur in ihrem Verlauf mittels physikalisch-technischer Verfahren werden von verschiedenen Autoren beschrieben. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse sind jedoch kontroversiell, so dass ein allgemein akzeptierter Nachweis der Meridiane nicht als gegeben vorliegt [2–5].

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, erstmals mit den derzeit modernsten zur Verfügung stehenden Methoden der Thermografie [6] simultan in verschiedenen Infrarotwellenlängenbereichen zu untersuchen, ob ein Auftreten möglicher stimulationsinduzierter Meridianäquivalente an der Oberfläche der menschlichen Haut, wie es von Autoren vor kurzem beschrieben wurde [2], visualisiert und objektiviert werden kann.

Hintergrund: Akupunkturpunkte werden topografisch mehrheitlich spezifischen Meridianen zugeordnet. Ein allgemein akzeptierter Nachweis der Meridiane liegt bislang nicht als gegeben vor. **Studienziel:** Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, erstmals simultan in verschiedenen Infrarotwellenlängenbereichen zu untersuchen, ob ein Auftreten möglicher stimulationsinduzierter Meridianäquivalente an der Oberfläche der menschlichen Haut, wie es von anderen Autoren vor kurzem beschrieben wurde, visualisiert und objektiviert werden kann. **Design:** Die wissenschaftliche Studie analysiert erstmals den Nachweis der Existenz von akupunkturspezifischen meridianverlaufsähnlichen Artefakten bei 6 gesunden Probanden (mittleres Alter $\pm$ SD 28,7 $\pm$ 3,7 Jahre; Bereich 25–35 Jahre). **Methoden:** Zur thermografischen Überwachung von etwaigen Stimulationseffekten (Moxazigarre, Infrarot-Wärmestimulation, Nadel- und Lasernadelstimulation) wurden zwei Infrarotkameras in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen eingesetzt. In Ergänzung zur Thermografie wurden die Temperatur und mikrozirkulatorische Parameter punktuell mit der Laser-Doppler Flowmetrie registriert. **Ergebnisse:** Nach Moxibustion (oder Infrarot-Wärmestimulation) des Körpers erscheinen in thermografischen Aufnahmen an der Körperoberfläche in einem Bereich von 2–5 μ m und 7,5–13 μ m verschiedene Strukturen, die als technische Artefakte zu identifizieren sind und die nicht identisch mit den in allen Lehrbüchern der Traditionellen Chinesischen Medizin beschriebenen Meridianen sind. **Schlussfolgerung:** Weitere wissenschaftliche Studien zu einer möglichen Visualisierung von Meridianen sind notwendig.

Schlüsselwörter: Thermografie, Akupunktur, Meridiane, akupunkturspezifische Meridianstrukturen, Moxibustion, Nadelakupunktur, Lasernadelakupunktur, Artefakt

Infrared Analytics for Visualization of Stimulation-induced Meridian-like Structures?

First simultaneous, acupuncture-specific thermographic monitoring at different wavelengths

Background: Majority judgement views acupuncture points as divided topographically into specific meridians. Generally accepted proof for meridians cannot be considered as given. **Aim of the study:** Goal of this study was to examine whether possible stimulation-induced meridian-like structures, as recently described by other authors, can be visualized and objectified simultaneously at different infrared wavelength ranges. **Design:** The scientific study analyses, for the first time, evidence of the existence of acupuncture-specific meridian-like artefacts in 6 healthy volunteers (mean age $\pm$ SD 28.7 $\pm$ 3.7 years; range 25 – 35 years). **Methods:** Two infrared cameras at different wavelength ranges were used for thermographic control of possible stimulation effects (moxibustion-cigar, infrared warmth stimulation, needle and laserneedle stimulation). In addition to thermography, temperature and microcirculatory parameters were registered at a selected point using laser-Doppler flowmetry. **Results:** After moxibustion (or infrared light stimulation) of the body at the 2 – 5 μ m and 7.5 – 13 μ m ranges,

different structures appear on thermographic images of the human body, which are technical artefacts and which are not identical to what are known as meridians in all textbooks of Traditional Chinese Medicine. **Conclusion:** Further scientific studies are required regarding the possible visualization of meridians.

Key words: Thermography, acupuncture, meridians, acupuncture meridian structure, moxibustion, needle acupuncture, laserneedle acupuncture, artefact.

Methode und Probanden

Thermografie

Zur thermografischen Überwachung von etwaigen Stimulationseffekten wurden zwei Infrarotkameras in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen eingesetzt.

Das System Agema Thermovision™ 470 PRO Infrarotkamera mit einer Optik von 20° (Flir Systems Inc., Portland, USA) arbeitet in einem Wellenlängenbereich von 2–5 μm . Der Temperaturmessbereich des Gerätes reicht von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$ und kann mit Hilfe von Filtern noch bis $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ausgedehnt werden. Die Empfindlichkeit beträgt $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Betriebsbereitschaft ist in 15–20 sec erreicht.

Simultan zum obigen System wurde bei allen Messungen eine zweite Infrarotkamera eingesetzt. Es handelt sich dabei um ein FLIR ThermoCAM™ S65 System mit einer 24° Optik. Der Spektralbereich dieser Kamera liegt zwischen 7,5 und 13 μm und der Temperaturbereich reicht von $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ optional). Mit dieser Kamera sind Temperaturunterschiede zu erkennen, die weniger als $0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$ betragen ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$, 50 Hz). Mit einem speziellen Detektor (FPA) mit 320×240 Messpunkten ergibt sich eine geometrische Auflösung von 76.800 Messpunkten pro Bild.

Die erhobenen Daten wurden mit Hilfe der Software ThermoCAM Quick-View™ auf ein Notebook übertragen und mit der Software ThermoCAM Researcher Pro 2.8 (Flir Systems Inc., Portland, USA) analysiert.

Laser-Doppler-Flowmetrie

In Ergänzung zur Thermografie wurden die Temperatur und der mikrozirkulatorische Parameter Flux (= Produkt aus Konzentration und Geschwindigkeit der Erythrozyten) zu Vergleichsmessungen, punktuell im Bereich des

Abb. 1. Infrarotanalytik-Messaufbau (Mitte), Stimulation mit Moxazigarre (rechts) und Lasernadelakupunkturstimulation (links) im Biomedizintechnischen Labor der Medizinischen Universität Graz.

Oberschenkels (vgl. Abb. 4), mit einem Laser-Doppler-Gerät (DRT4) der Fa. Moor Instruments Ltd. (Devon, England) erfasst. Die Laserwellenlänge betrug 780 nm, wobei das Rohsignal mit einem Digitalfilter von 20 Hz bis 22,5 kHz gefiltert wurde.

Stimulationsmethoden

Moxibustions-Zigarre und Infrarot-Wärmestimulation

Zur Stimulation wurde eine angezündete Moxibustions-Zigarre aus Beifuss (Länge 20 cm, Durchmesser 1,5 cm, Hunan, China) verwendet. Diese strahlt mit einer durchschnittlichen Temperatur von $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ (gemessen mit FLIR ThermoCAM S65) mit einem Energiemaximum im Bereich 3 bis 3,5 μm [7].

Das zweite Stimulationsverfahren (Infrarot-Wärmestrahlung) basierte auf einer Infrarotlampe (EWT, 150 W, Infrared R95E, Philips, Eindhoven, Niederlande).

Nadel- und Lasernadelstimulation

In Ergänzung zu den ersten beiden berührungslosen Reizverfahren wurde bei den Probanden als weitere Methode ein univariates, standardisiertes Akupunkturschema verwendet, von dem man wusste, dass es im Gehirn

reproduzierbare, nachweisbare Effekte induziert [8–10]. Folgende Akupunkturpunkte wurden mit manueller Nadel- und Lasernadelakupunktur stimuliert: Neiguan (Pe.6), Qihai (Ren 6), Zusanli (Ma.36) und Sanyinjiao (MP.6) [8]. Am Punkt Qihai wurde zusätzlich eine Moxibustion durchgeführt [8].

Lasernadelstimulation

Die verwendeten Lasernadeln lieferten kontinuierliches Laserlicht mit einer Wellenlänge von 685 nm und einer Leistung von 30–40 mW pro Lasernadel. Die Stimationszeit betrug 10 min, woraus sich eine Energiedichte von $2,3\text{ kJ/cm}^2$ an jeder Lasernadel und eine durchschnittliche Gesamtsumme von $9,2\text{ kJ/cm}^2$ für die gesamte Laserstimulation ergab [11–16]. Es wurden dieselben Punkte wie bei der Nadelakupunktur verwendet. Eine Moxibustion wurde bei dieser Stimulationsart nicht durchgeführt.

Versuchspersonen

Untersucht wurden insgesamt 6 gesunde freiwillige Probanden. Dabei handelte es sich um 2 Frauen und 4 Männer. Das mittlere Alter $\pm$ SD lag bei $28,7 \pm 3,7$ Jahren (Bereich: 25 bis 35 Jahre). Die mittlere Körpergröße betrug $176,2 \pm 11,0$ cm und das Durchschnittsgewicht $83,7 \pm 23,8$ kg. Die Personen gaben keine Medikamenteneinnahme an. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz genehmigt und alle Teilnehmer gaben schriftlich ihr Einverständnis.

Tab. 1. Meridianstrukturen, wie sie von der Traditionellen Chinesischen Medizin beschrieben werden, konnten bei keinem der Probanden nachgewiesen werden. Bei allen Versuchspersonen waren hingegen Artefakte nachweisbar.

Visualisierung							
Proband Nr.	Reflexionsphänomene (Artefakte)			Meridianstrukturen			
	Moxibustions-Zigarre	Infrarot-Wärmestimulation	willkürliche Meridian-Zeichnungen	Moxibustions-Zigarre	Infrarot-Wärmestimulation	Nadel-akupunktur	Lasernadel-Akupunktur
1	+	+	+	–	–	n.	–
2	+	+	+	–	–	n.	–
3	+	+	+	–	–	n.	–
4	+	+	+	–	–	n.	–
5	+	+	+	–	–	–	n.
6	+	+	+	–	–	–	n.
+ ... nachweisbar; – ... nicht nachweisbar; n. ... nicht durchgeführt							

Prozedere

Bei den Probanden wurde ein standardisiertes Studiendesign angewendet, welches folgende Schritte beinhaltet:

Die Personen lagen bereits 10 Minuten vor Untersuchungsbeginn bequem und entspannt auf einer Liege. Während dieser Phase wurden die notwendigen Messvorrichtungen appliziert (**Abb. 1**). Die erste Stimulationsart wurde mittels der Moxazigarre durchgeführt. In einem Abstand von ca. 10 cm wurden unterschiedliche Körperregionen (linkes Bein, rechtes Bein, Oberkörper) für die Dauer von durchschnittlich 5 Minuten stimuliert. Nach einer Ruhephase wurde das Prozedere mittels der Infrarotwärmequelle wiederholt. In einem dritten Teil des Studiendesigns wurde das standardisierte Akupunkturschema verwendet und mit Lasernadelstimulation und in randomisierter Reihenfolge anschliessend mit manueller Nadelstimulation und zusätzlicher Moxibustion des Punktes Qihai für die Dauer von jeweils 10 Minuten stimuliert [9].

Ergebnisse

Bei keinem der Probanden konnten Strukturen, die in einem Zusammenhang mit möglichen Meridianleitbahnen, wie sie in der Traditionellen Chinesischen Medizin beschrieben werden, visualisiert werden. Es gelang zwar,

eindeutig technisch bedingte Reflexionsartefakte zu objektivieren und quantifizieren, ein Hinweis auf ein biologisches Korrelat konnte dazu nicht gefunden werden (**Tab. 1**).

In der **Abbildung 2** sind die Spiegelartefakte, welche durch Reflexion und Streuung entstehen, an einem 30-jährigen Probanden dargestellt. Je nach Lage der Moxazigarre (kreisrunde weisse Fläche) in Abhängigkeit von den Kamerapositionen können die Reflexionen, die optisch im Thermogramm die Form einer Linie (Bahn) aufweisen, an beliebigen Körperstellen appliziert werden.

Von jedem Probanden erhält man auf diese Weise typische Artefakte in den «Wärmeaufnahmen». Ein weiteres Beispiel dafür wird in der **Abbildung 3** gezeigt. Dabei wurde mit beiden Infrarotkameras in zwei unterschiedlichen Wellenlängenbereichen simultan gemessen. Während die erste Kamera (7,5–13 µm; **Abb. 3a**) geringere Reflexionsartefakte bei einer insgesamt besseren Bildauflösung liefert, wird der Artefakt durch die zweite Kamera (2–5 µm) noch ausgeprägter dargestellt. Das Energiemaximum der Moxazigarre liegt im Bereich 3–3,5 µm. Da die Strahlungskurve bei 7,5–13 µm deutlich abflacht, kommt es im Bereich 2–5 µm zu wesentlich grösseren Reflexionen.

Die **Abbildung 4** demonstriert das Auftreten der Reflexionsphänomene

bei einem 35-jährigen Probanden im Bereich des Oberschenkels. Gleichzeitig wurde mit einem an der Haut fixierten kombinierten Temperatur- und Mikrozirkulationssensor die Hautoberflächentemperatur und der Flux bestimmt. Die Reflexionsartefakte im Bereich des Sensors führen in den Thermogrammen beider Kameras zu einer vorgetäuschten Temperaturdarstellung an der Sensoroberfläche (glatte Kunststoffoberfläche) von 38,5 °C. Von der angrenzenden Hautoberfläche liefern die Thermogramme eine um 4,2 °C höhere Temperatur (35,4 °C statt 31,2 °C). Der aufgeklebte Sensor bestätigt den korrekten Wert von 31,2 °C für die Hautoberflächentemperatur an dieser Stelle.

Die **Abbildung 5** zeigt die Sichtbarmachung von Strukturen, welche auf einem schwarzen Karton aufgezeichnet wurden (**Abb. 5 links**). Im Thermogramm erkennt man bedingt durch die optischen Eigenschaften im Infrarotbereich die gezeichnete (bahnartige) Struktur nach externer «Stimulation» mit einer Infrarotwärmequelle deutlich.

Diskussion und Konklusionen

Thermische oder infrarote Energie befindet sich in einem Wellenlängenbereich, der ausserhalb der Wahrnehmungsschwelle des menschlichen

Auges liegt. Diese Energie liegt in jenem Abschnitt des elektromagnetischen Spektrums, welcher als Wärme wahrgenommen wird. Im Gegensatz zu sichtbarem Licht strahlt in diesem Bereich jedes Objekt, dessen Temperatur über dem absoluten Nullpunkt liegt, Wärme ab. Je höher die Temperatur eines Objektes ist, desto intensiver ist die von ihm abgegebene Infrarotstrahlung. Infrarotkameras erzeugen Bilder der unsichtbaren Infrarot- bzw. Wärmestrahlung und ermöglichen damit genaue Temperaturmessungen.

Im Rahmen der Akupunkturforschung wurde diese Art der Temperaturmessung bereits in einigen Studien eingesetzt [2–6]. Wesentliche Vorteile des Verfahrens liegen in der optischen und somit berührungslosen Datenerfassung sowie in der hohen örtlichen Auflösung. Die Untersuchungsmethode ist darüber hinaus passiv, das heisst, es wird keine Energie in den Körper eingekoppelt. Sie ist somit völlig unschädlich. Dies erlaubt beliebig lange Untersuchungszeiten und kann daher auch bei Säuglingen angewendet werden [17].

Dynamische Änderungen der Temperaturverteilung, wie sie während Akupunktur auftreten können, sind gut und zuverlässig registrierbar [6]. Orte geringer Wärmeproduktion oder Durchblutung werden auf den errechneten Bildern deutlich kühler dargestellt als gut durchblutete Hautbereiche. Temperaturunterschiede, welche weniger als $0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$ betragen, sind objektivierbar. Ein wichtiger Einflussfaktor ist der Emissionskoeffizient der Haut, der bei den vorliegenden Messungen $0,97$ betrug. Dieser Faktor hängt von der Strahlungsrichtung ab.

Abb. 2. Thermogramme von einem 30 Jahre alten Probanden mit Reflexionsartefakten. Die Moxazigarre ist als kreisrunde weisse Fläche zu erkennen. In Abhängigkeit vom Reflexionswinkel können technische Reflexionseffekte in Form von Linien an beliebigen Körperstellen (a–d) auftreten. Die thermografische Skala wurde von blau ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) bis rot/weiss ($41\text{ }^{\circ}\text{C}$) festgelegt.

Abb. 3. Simultanes Monitoring von Reflexionsartefakten mit einer Infrarotkamera im $7,5\text{--}13\text{ }\mu\text{m}$ (a) und einer Kamera im $2\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$ (b) Wellenlängenbereich. Man beachte die stärkere Ausprägung des Artefaktes (weiss-rote Fläche am Fuss) bei einer Wellenlänge von $2\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$. Die Moxazigarre kommt als weisse Fläche neben dem Bein zur Darstellung. Weitere Erklärungen siehe Abb. 2.

Abb. 4. Experimenteller Aufbau zur Darstellung einer vorwiegend durch Reflexion vorgetäuschten erhöhten Temperatur in den Thermogrammen (links $2\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$; rechts oben $7\text{--}13\text{ }\mu\text{m}$). Die tatsächliche Hautoberflächentemperatur wird mit $31,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ an einer neben der Reflexion gemessenen Stelle im Thermogramm und an dem mit einem zusätzlichen Temperatursensor versehenen Equipment (oben Mitte) angegeben.

Abb. 5. Visualisierung von gezeichneten Bahnen und Punkten im Thermogramm.

Aus diesem Grund wurden Randzonen deutlich kühler dargestellt. Diese Verfälschung des Messergebnisses, bedingt durch die Geometrie der bestrahlten Strukturen, muss bei der Interpretation berücksichtigt werden [7]. Fehler sind aber auch durch falsche Angaben von Emissionskoeffizienten der Haut möglich, weil z.B. Fettcremen zu einer deutlichen Reduktion des Emissionskoeffizienten führen [6].

Natürlich sind stoffliche Eigenschaften wie Reflexion oder Brechung, um nur zwei für diese Arbeit wichtige Beispiele zu nennen, von der Wellenlänge der optischen Strahlung abhängig und können zum Teil sehr starke Unterschiede zu unserem Erfahrungsbereich im sichtbaren Spektralbereich aufweisen. Wärmestrahlung breitet sich in einem homogenen Medium geradlinig aus und wird durch Grenzflächen beeinflusst. Wenn etwa Luft an eine blanke Metalloberfläche grenzt, erfolgt an dieser eine Reflexion. Als Beispiel für die gerichtete Reflexion kann der Oberflächenspiegel genannt werden. Ideal diffuse Reflexion wird in der Praxis von hochweissen Anstrichen an rauen Oberflächen erreicht. An den meisten Grenzflächen finden Mischformen der Reflexion statt. Weiters wird ein Teil der Strahlung in die Oberfläche absorbiert. Die Differenz der einfallenden Energie zum Anteil der reflektierten Energie der optischen Strahlung wird über Absorptionsprozesse in der Oberfläche gebunden.

Gerade bei der Thermografie ist die Reflexion sehr bedeutsam. Im Strahlengang von optischen Geräten ist Reflexion, bis auf die gewollte Strahlumlenkung, unerwünscht und soll minimiert werden. Oft aber tritt bei unregelmässigen Oberflächen als Messobjekt, zu denen auch der menschliche Körper gehört, das Problem auf, dass eine Hintergrundstrahlung das Messsignal durch Reflexion überlagert. Dieser Effekt bestimmt teilweise die Einsatzgrenze von Wärmebildkameras. Wichtig ist festzustellen, dass die optischen Gesetze für den gesamten Spektralbereich gelten, lediglich an den Grenzen extremer ultravioletter Strahlung oder extremer Infrarotstrahlung kann man deutliche Abweichungen feststellen [7].

Die im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen technischen und somit offensichtlich nicht biologischen Reflexionsphänomene können an jede beliebige Körperstelle verlagert werden und man kann damit «Wärmeaufnahmen» mit teilweise gut bekannten Charakteristika in Temperaturbereichen zwischen 20 °C und 40 °C über der aufgenommenen Körperfläche erhalten. Dass es sich dabei um nicht biologische Phänomene und somit um technische Artefakte handelt, kann mehrfach begründet werden:

1. Die Reflexionen können in Abhängigkeit der Lage der Moxazigarre in Zusammenhang mit den Einfallswinkeln der beiden Kameras an beliebige Stellen der Körperoberfläche appliziert werden. Darüber hinaus kann die Struktur und Form der «Phänomene» (Kreisform, Linienform) in Abhängigkeit der oben beschriebenen Grössen variiert werden. Eine Übereinstimmung mit der Meridianstruktur nach Vorstellungen der Traditionellen Chinesischen Medizin ist daher nicht gegeben (vgl. **Abb. 2–4**).
2. Die Moxazigarre strahlt mit über 550 °C mit einem Energiemaximum im Bereich 3 bis 3,5 µm. Die Strahlungskurve flacht bei 7,5 bis 13 µm deutlich ab, dadurch entstehen wesentlich stärkere Reflexionen im Bereich von 2–5 µm als im langwelligen Infrarotbereich, was erstmals mit dem Einsatz von zwei Infrarotkameras verdeutlicht werden konnte (vgl. **Abb. 3**).
3. Die Reflexionsphänomene (Artefakte) sind auch an nicht vitalen Strukturen wie z.B. Bettbezug oder Papier in beiden Wellenlängenbereichen reproduzierbar nachweisbar (vgl. **Abb. 5**).
4. Eine simultane Oberflächentemperatur- und Mikrozirkulationsmessung zeigte keine Veränderungen hinsichtlich der Temperatur und der Durchblutung. Im Gegenteil, es konnten Temperaturdifferenzen von bis zu 7 °C zwischen beiden Verfahren an den zu untersuchenden Körperstellen ermittelt werden, was das Auftreten eines Artefaktes unterstreicht (vgl. **Abb. 4**).

5. Die sogenannten moxainduzierten Meridianverläufe können willkürlich auch quer oder diagonal in jedem Winkel projiziert (reflektiert) werden (vgl. **Abb. 2**).
6. Unter Verwendung eines Infrarotstimulationsgerätes sind die Reflexionen auch in beiden Wellenlängenbereichen (2–5 µm und 7,5–13 µm) noch deutlicher auslösbar.
7. Unter Akupunkturstimulation (manuelle Nadelakupunktur und Lasernadelstimulation sowie Moxibustion) konnten bei keinem der Probanden Verlaufsäquivalente der Meridiane an der Körperoberfläche sichtbar gemacht werden.

Abschliessend kann festgestellt werden, dass thermografische Methoden wie Infrarotkameras im 2–5 µm und 7,5–13 µm Wellenlängenbereich in der Akupunkturforschung neben anderen High-Tech Methoden [8–16,18–40] sinnvolle ergänzende Verfahren zur Entmystifizierung darstellen. Allerdings muss die Validität des Verfahrens zum Nachweis des Verlaufes von Meridianen kritisch aus Sicht der Traditionellen Chinesischen Medizin und der naturwissenschaftlichen Analytik hinterfragt werden. In einer Publikation zum Versuch, Meridiane in ihrem Verlauf mit Hilfe der Infrarotthermografie sichtbar zu machen, beschreiben die Autoren [2], dass bei Stimulation mit einer Moxazigarre in der Nähe des linken Fusses der linke Magenmeridian visualisiert werden kann. Gleichzeitig soll am rechten Fuss der rechte Milzmeridian sichtbar gemacht werden können. Seitens der Grundvorstellungen der Traditionellen Chinesischen Medizin ist es eher unwahrscheinlich, dass gerade diese beiden Meridiane simultan aktiviert werden können. Auch nach dem aktuellen Stand der Technik erscheint die Visualisierung von Energieleitbahnen im Sinne von Meridianen mittels der Thermografie anhand des in der rezenten Literatur beschriebenen methodischen Vorgehens als nicht möglich. Vielmehr entspricht die vermeintliche thermografische Wiedergabe von Meridianen physikalisch-technischen Artefakten bedingt durch thermische Reflexionsphänomene. Weitere wissen-

schaftliche Studien zu einer möglichen Visualisierung von Meridianen sind daher notwendig.

Danksagung

Der Autor möchte an dieser Stelle Herrn Ing. Andreas Angerer (nbn Elektronik, Graz, Österreich) seinen aufrichtigen Dank für die wertvolle Hilfe bei der Datenaufnahme und Datenanalyse aussprechen. Die Firma nbn Elektronik Graz stellte beide Thermografie-systeme dankenswerterweise zur Verfügung.

Dem Leiter der Klinischen Abteilung für Neuro- und Gesichtschirurgische Anästhesiologie und Intensivmedizin der Medizinischen Universität Graz, Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Gerhard Schwarz, sei für die kritische Durchsicht des Manuskriptes herzlichst gedankt.

Frau Dr. med. Lu Wang und Frau Mag. Ingrid Gaischek (beide Biomedizin-technische Forschung in Anästhesie und Intensivmedizin, Medizinische Universität Graz) gilt der Dank für die kompetente Hilfe bei der Akupunktur und bei der Manuskript- und Bild-erstellung.

Literatur

- Heine H: Zur Morphologie der Akupunkturpunkte. Dtsch Zschr Akup 1987;4:75–79.
- Schlebusch KP, Maric-Oehler W, Popp FA: Biophotonics in the infrared spectral range reveal acupuncture meridian structure of the body. J Altern Complement Med 2005;11(1): 171–173.
- Ovechkin A, Lee SM, Kim KS: Thermovisual evaluation of acupuncture points. Acupunct Electrother Res 2001;26(1–2):11–23.
- Zhang D, Gao H, Wei Z, Wen B: Preliminary observation of imaging of facial temperature along meridians. Zhen Ci Yan Jiu 1992;17(1): 71–74.
- Zhang D, Fu W, Wang S, Wei Z, Wang F: Displaying of infrared thermogram of temperature character on meridians. Zhen Ci Yan Jiu 1996;21(3):63–67.
- Litscher G, Wang L: Visualisierung von peripheren Durchblutungsänderungen während der Akupunktur mittels Thermographie. Biomed Technik 1999;44:129–134.
- Wolfe WL, Zissis GJ (Eds): The Infrared Handbook. Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, 1985.
- Litscher G, Schwarz G, Sandner-Kiesling A, Hadolt I: Transkranielle Doppler-Sonographie – Robotergesteuerte Sonden zur Quantifizierung des Einflusses der Akupunktur. Biomed Technik 1997;42:116–122.
- Litscher G, Schwarz G, Sandner-Kiesling A, Hadolt I, Eger E: Effects of acupuncture on the oxygenation of cerebral tissue. Neurol Res 1998;20(1):28–32.
- Litscher G, Schwarz G, Sandner-Kiesling A, Hadolt I: Robotic transcranial Doppler sonography probes and acupuncture. Intern J Neurosci 1998;95:1–15.
- Litscher G, Schikora D: Cerebral effects of noninvasive laserneedles measured by transorbital and transtemporal Doppler sonography. Lasers Med Sci 2002;17:289–295.
- Litscher G, Schikora D: Neue Konzepte in der experimentellen Akupunkturforschung – Computerkontrollierte Laserpunkt (CCL) mit der Laserneedle Technik. Der Akupunkturarzt / Aurikulotherapeut 2002;28(3):18–28.
- Litscher G, Schikora D: Nahinfrarot-spektroskopische Untersuchungen zur Nadel- und Lasernadelakupunktur. AKU 2002;30(3):140–146.
- Litscher G, Schikora D: Near-infrared spectroscopy for objectifying cerebral effects of needle and laserneedle acupuncture. Spectroscopy 2002;16/3–4:335–342.
- Litscher G: Laserneedle-Akupunktur auf dem Prüfstand der Wissenschaft. Schweizerische Z f Ganzheitsmedizin 2003;15:253–259.
- Litscher G: Cerebral and peripheral effects of laserneedle-stimulation. Neurol Res 2003;25: 722–728.
- Frankenberger RT, Bussman O, Nahm W, Konecny E, Gortner L: Messung seitlicher Hauttemperaturprofile von Frühgebornen in Inkubatoren mittels Thermographie. Biomed Technik 1998;43:174–178.
- Litscher G, Yang NH, Wang L, Schwarz G: Quantitative Separation spezifischer Akupunktoreffekte von Gehirn und Auge mittels bidirektionaler Ultraschallmeßkonstruktion. AKU 1998;26(4):212–217.
- Litscher G, Yang NH, Schwarz G, Wang L: Computerkontrollierte Akupunktur®: Eine neue Konstruktion zur simultanen und kontinuierlichen Erfassung der Blutflußgeschwindigkeit in der A. supratrochlearis und A. cerebri media. Biomed Technik 1999;44:58–63.
- Litscher G, Wang L, Yang NH, Schwarz G: Ultrasound-monitored effects of acupuncture on brain and eye. Neurol Res 1999;21:373–377.
- Litscher G, Wang L, Yang NH, Schwarz G: Computer-controlled acupuncture®. Quantification and separation of specific effects. Neurol Res 1999;21:530–534.
- Litscher G, Wang L, Wiesner-Zechmeister M: Specific effects of laserpuncture on the cerebral circulation. Lasers Med Sci 2000;15: 57–62.
- Litscher G, Cho ZH (Eds): Computer Controlled Acupuncture® (CCA). Pabst Science Publishers, Lengerich Berlin Rom Riga Wien Zagreb 2000.
- Litscher G: Computerkontrollierte Akupunktur® – Messung spezifischer stimulationskorrelierter Effekte im Gehirn. Biomed Technik 2000;45(S1):214–215.
- Litscher G, Wang L: Zerebrale Nahinfrarot-Spektroskopie und Akupunktur – Ergebnisse einer Pilotstudie. Biomed Technik 2000;45: 215–218.
- Litscher G, Wang L, Huber E, Nilsson G: Laser Doppler Imaging – Objektivierung und Quantifizierung primärer peripherer Mikro-zirkulationsänderungen durch Akupunktur. Europäische Zeitschrift für Akupunktur, Der Akupunkturarzt / Aurikulotherapeut 2001;3:7–17.
- Litscher G, Wang L, Nilsson G: Laser Doppler Imaging und Kryoglobulinämie. Biomed Technik 2001;46:154–157.
- Litscher G: High-Tech Akupunktur®. Pabst Science Publishers, Lengerich Berlin Düsseldorf 2001.
- Sandner-Kiesling A, Litscher G, Voit-Augustin H, James RL, Schwarz G: Laser Doppler flowmetry in combined needle acupuncture and moxibustion: A pilot study in healthy adults. Lasers Med Sci 2001;16(3):184–191.
- Litscher G, Wang L, Huber E, Nilsson G: Changed skin blood perfusion in the fingertip following acupuncture needle introduction as evaluated by laser Doppler imaging. Lasers Med Sci 2002;17:19–25.
- Litscher G: Computer-based objectivation of traditional Chinese-, ear-, and Korean hand acupuncture: Needle-induced changes of regional cerebral blood flow velocity. Neurol Res 2002;24:377–380.
- Litscher G, Wang L, Huber E: Veränderungen zerebraler nahinfrarot-spektroskopischer Parameter während manueller Akupunktur-nadelstimulation. Biomed Technik 2002;47:76–79.
- Litscher G: Effects of acupressure, manual acupuncture and laserneedle acupuncture on EEG bispectral index (BIS) and spectral edge frequency (SEF) in healthy volunteers. Europ J Anaesthesiol 2004;21:13–19.
- Litscher G, Rachbauer D, Ropele S, Wang L, Schikora D: Die schmerzfreie Lasernadelakupunktur moduliert die Gehirnaktivität: Erste Nachweise mit funktioneller transkranieller Dopplersonographie (fTCD) und funktionellem Magnetresonanztomographie (fMRI). Schmerz & Akupunktur 2004;1:4–11.
- Litscher G, Wang L, Schikora D, Rachbauer D, Schwarz G, Schöpfer A, Ropele S, Huber E: Biological effects of painless laserneedle acupuncture. Medical Acupuncture 2004; 16(1):24–29.
- Litscher G, Schikora D (Hrsg.): Lasernadel-Akupunktur. Wissenschaft und Praxis. Pabst Science Publishers, Lengerich Berlin Bremen 2004.
- Litscher G, Rachbauer D, Ropele S, Wang L, Schikora D, Fazekas F, Ebner F: Acupuncture using laser needles modulates brain function: first evidence from functional transcranial Doppler sonography and functional magnetic resonance imaging. Lasers Med Sci 2004; 19:6–11.
- Litscher G, Schwarz G, Schöpfer A, Wang L, Saraya M, Schikora D: Laser-“Nadel”-Stimulation als potenzielle additive Methode zur postoperativen Schmerztherapie. Schmerz & Akupunktur 2005;4:2–5.
- Litscher G: NIR spectroscopy explores mysteries of acupuncture. Spectroscopy Europe 2005;17(1):8–14.
- Litscher G, Schikora D (Eds): Laserneedle-Acupuncture. Science and Practice. Pabst Science Publishers, Lengerich Berlin Bremen 2005.

Korrespondenzadresse:

Univ.-Prof. DI DDr. Gerhard Litscher
Biomedizintechnische Forschung in
Anästhesie und Intensivmedizin
Medizinische Universität Graz
Auenbruggerplatz 29, A-8036 Graz
Tel. ++43 316 385-3907, -83907
Fax ++43 316 385-3908
E-mail: gerhard.litscher@meduni-graz.at
Websites: <http://litscher.info>
<http://litscher.at>
<http://www.neuromonitoring.org>