

Untersuchungen zur Physiologie des Nogier-Reflexes

Von M. MOSER, L. DORFER, F. MUHRY, D. MESSERSCHMIDT, M. FRÜHWIRTH, F. BAHR

Zusammenfassung: In der vorliegenden Arbeit werden physiologische Korrelate zum Nogier-Reflex (RAC) aufgezeigt.

1. Einleitung
2. Methodik
3. Versuchsdurchführung
4. Ergebnisse und Diskussion
5. Physiologie der RAC-Tastung

1. Einleitung

In der Ohrakupunktur wird seit Nogier (1968) eine Veränderung der Pulswelle am Radialispuls als Indikator zum Auffinden von gestörten Akupunkturpunkten verwendet. Dieses Phänomen wurde von Nogier als Reflex Auriculocardiaque (RAC) bezeichnet, da eine Beteiligung des Herzens an seiner Entstehung vermutet wurde [1]. Obwohl der physiologische Hintergrund des Phänomens bisher nicht vollständig geklärt ist, wird dieser Reflex von erfahrenen Akupunkteuren als äußerst hilfreich für die Diagnosestellung und zur Erprobung therapeutischer Maßnahmen dargestellt [2]. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll mit Hilfe moderner kreislaufphysiologischer Meßmethoden geklärt werden, ob es physiologische Korrelate zum Nogier-Reflex gibt.

2. Methodik

An zehn Versuchspersonen (VP) im Alter von 23-47 Jahren (Mittel: 31,2; 4 weibliche VP) wurden mit Hilfe einer ursprünglich für die Weltraummedizin entwickelten Sensorjacke physiologische Messungen durchgeführt. An der Studie waren Patienten der Praxis eines mit dieser Methode gut vertrauten Akupunkturarztes (Dr. Leopold Dorfer) beteiligt. Die Patienten, deren schriftliches Einverständnis vor Beginn der Studie eingeholt wurde und die über die Art der Untersuchung informiert waren, wurden im Liegen auf einer bequemen Liege in einem ruhigen und gleichmäßig temperierten Raum untersucht. Während der Untersuchung wurden folgende Parameter gemessen:

- Elektrokardiogramm (EKG), Seismokardiogramm (SKG)
- Ballistokardiogramm (BKG)
- Carotispuls, 1-2 Radialispulse an der rechten Hand
- Fingerpuls an der rechten Hand, Atmung

Seismo- und Ballistokardiogramm wurden mittels einachsiger Beschleunigungsaufnehmer in sagittaler (SKG) bzw. in longitudinaler (BKG) Körperachse aufgezeichnet. Der Carotispuls wurde mit Hilfe eines piezomechanischen Sensors, Radialis- und Finger-puls mit optoelektrischen Reflexionssensoren registriert. Die Atmung wurde mit Hilfe eines Thermistornasenfühlers gemessen. Pulssensoren (Abb. 1) sowie Datenaufzeichnungsgerät (Abb. 2) wurden im Rahmen des österreichischrussischen

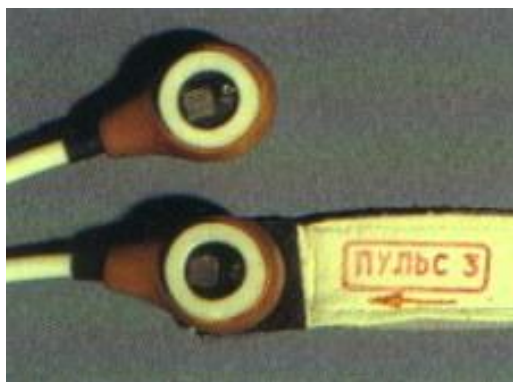


Abb. 1: Optische Pulssensoren. Die Sensorgehäuse aus Apfelholz enthalten einen optoelektrischen Reflexionssensor, der auf einer Fläche von ca. 2 mm² den photoplethysmographischen Puls mißt.

Weltraumprojekts (Abb. 3) entwickelt und sind von Gallasch, Moser und Rafolt an anderer Stelle ausführlich beschrieben [3, 4, 5].

Aus den Originaldaten wurden folgende Parameter berechnet: RR-Intervalle des EKGs bzw. Herzfrequenz, Pulswellenlaufzeit zum Carotis-, Radialis- und Fingerpuls sowie die Pulswellenamplitude von Carotis-, Radialis- und Fingerpuls.



Abb. 2: In einer Sensorjacke aus Leinen und Merinowolle sind die Kabel zusammengefaßt, um ein störendes Kabelgewirr zu vermeiden. Ein 16-Kanal-Datenaufzeichnungsgerät (KYMO) zeichnet die gemessenen Analogdaten digital auf. Ein Gerät gleicher Bauart wird auf der Raumstation MIR zur Aufzeichnung physiologischer Parameter bei Kosmonauten eingesetzt.

3. Versuchsdurchführung

Vor Beginn der Experimente wurden die Versuchspersonen an die Sensoren, die in einer Sensorjacke zusammengefaßt sind, angeschlossen und konnten sich 15 Minuten in bequemer Ruhelage entspannen. Vom Versuchsleiter wurde während dieser Zeit ein Test vorgenommen, ob und in welchem Ausmaß der RAC am linken Handgelenk der Versuchsperson zu tasten war, wenn eine Provokation durch einen dafür geeigneten Reiz erfolgte. Als Reiz wurden folgende Maßnahmen gesetzt:

- Annäherung einer Ampulle mit toxischen Substanzen an die Stirn der Versuchsperson (Ampulle)
- Laserung eines ausgewählten Akupunkturpunktes (Laser)
- Einschalten einer Niedervoltlampe im Gesichtsfeld der Versuchsperson (Heinlampe)



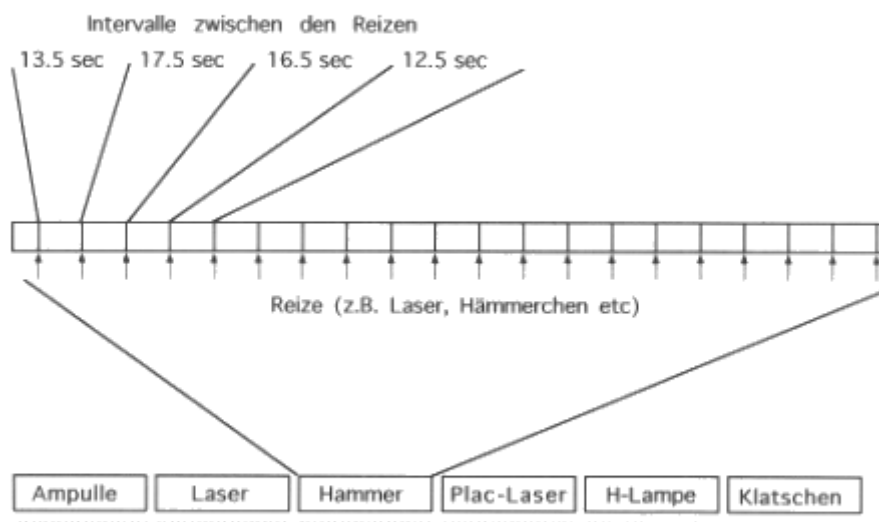
Österreichischer Kosmonaut in Schwerelosigkeit bei der Durchführung eines physiologischen Experiments mit KYMO.

- Laserung eines neutralen Hautpunktes (Plazebo-laser)
- Annäherung eines elektrischen Feldes an bestimmte Areale der Ohrmuschel (3-V-Hämmerchen)
- Händeklatschen über dem Scheitel der Versuchsperson (Klatschen)

Durch die Auswahl der Reize sollten einerseits Interventionen geprüft werden, die zum normalen Repertoire des Akupunkturarztes gehören (Ampulle, Laser, Heinelampe, 3-V-Hämmerchen), andererseits Reize, von denen man annehmen konnte, daß sie eine physiologische Schreckreaktion auslösen (Klatschen).

Da in Vorversuchen festgestellt wurde, daß die Atmung eine stark modulierende Auswirkung auf verschiedene der Meßparameter hat, wurde versucht, den Zeitpunkt der Reizsetzung so zu wählen, daß es nicht zu einer Synchronisation zwischen Reiz und Atemphase kommen konnte. Zu diesem Zweck wurde eine Experimentsteuerung programmiert, die nach einem unregelmäßigen Muster den Beginn der Reizsetzung optisch vorgab. In Abb. 4 ist ein Überblick über das jeweils durchgeführte Gesamtexperiment (unten) sowie über den Aufbau der Teilexperimente (oben) gegeben.

Versuchsprotokoll RAC-Studie



Je Versuchsteil wurden 20 Reize in unterschiedlichen Intervallen verabreicht.

Die Auswertung erfolgte durch reizbezogene Mittelung (signal averaging) über jeweils 20 Reize bei je 10 Versuchspersonen.

Abb. 4: Übersicht über das Versuchsprotokoll bei jeder Versuchsperson (unten), der Aufbau eines Versuchsteils mit 20 Einzelreizen ist vergrößert dargestellt (oben).

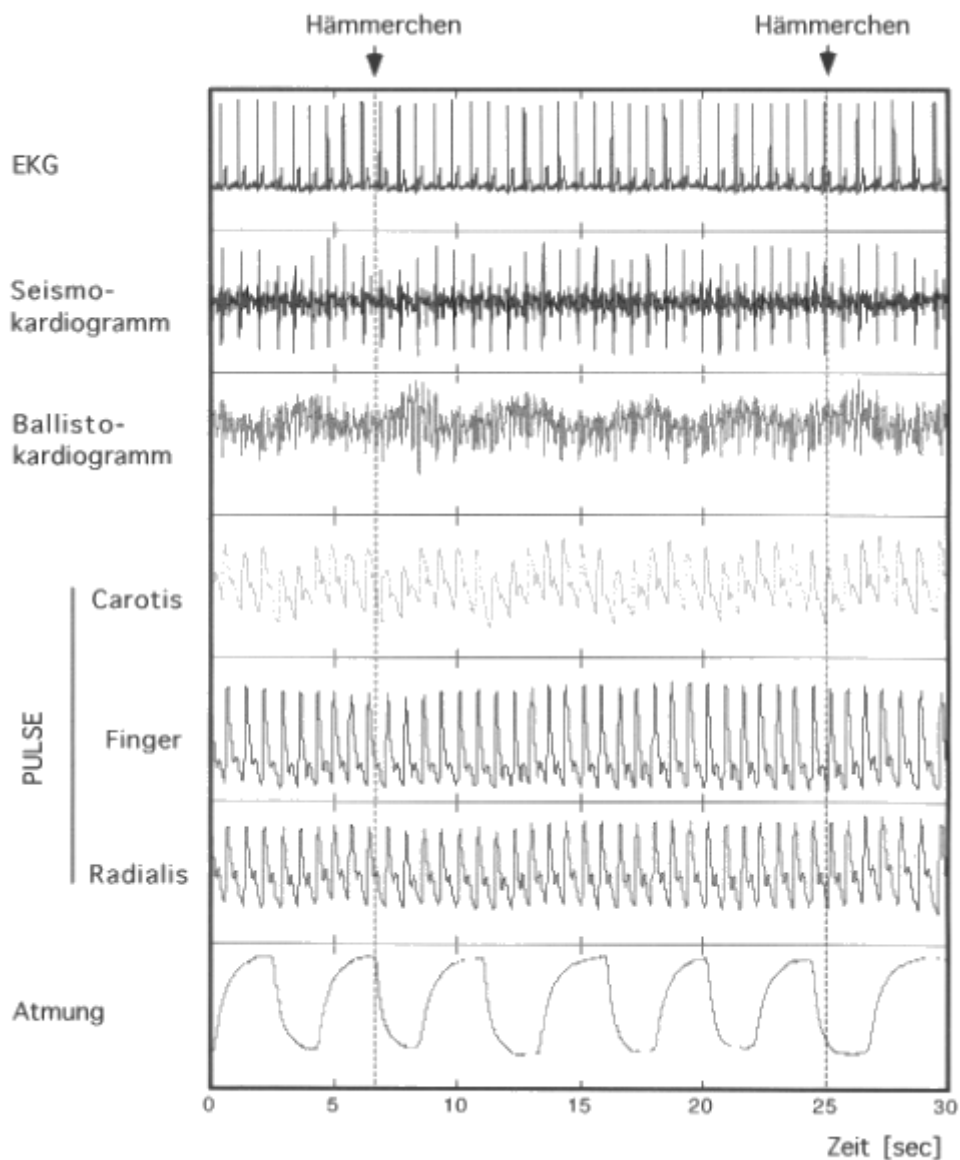


Abb. 5: Während einer Experimentphase aufgezeichnete Kreislaufparameter. An den gekennzeichneten Stellen wurde eine RAC-Testung mittels 3-V-Hämmerchen durchgeführt.

4. Ergebnisse und Diskussionen

Abb. 5 beinhaltet die während eines Experiments aufgezeichneten Originaldaten. Von oben nach unten sind in der Abbildung das Elektro- Seismo- und Ballistokardiogramm sowie Carotis-, Finger- und Radialispuls gezeigt. Der unterste Teil der Abbildung zeigt die Atmung. Es ist deutlich erkennbar, daß die Atmung auf jeden anderen Parameter amplituden- und/oder frequenzmodulierend wirkt.

Besonders deutliche Auswirkungen sind im Bereich des Seismo- und Ballistokardiogramms sowie des Carotispulses zu erkennen. Während der 30 dargestellten Sekunden wurden zweimal an den vertikal gekennzeichneten Stellen RAC-Testungen mittels 3-Volt-Hämmerchen durchgeführt. Gegenüber der Atmung ist der unmittelbar sichtbare Einfluß der RAC-Testung mit dem Hämmerchen sehr gering.

Es ist daher verständlich, daß eine Bearbeitung der Daten erfolgen mußte, die den

Effekt der Atmungsartefakte minimiert und die Wirkung des RAC maximiert. Als erster Schritt wurde deshalb eine Mittelung von zahlreichen Einzelversuchen durchgeführt, wobei die Parameter über den Zeitpunkt des RAC-Reizes gemittelt wurden. Ähnlich elektroenzephalografischen Messungen von den evozierten Potentialen, bei denen durch mehrmalige Wiederholung von Reizen die zufällige Grundschiwingung herausgemittelt und die Wirkung des Reizes dadurch deutlich wird, erfolgte die Mittelung in diesem Fall in der Absicht, die zufällig verteilten Einflüsse der Atmung aus den Meßparametern durch Mittelung zu entfernen.

Abb. 6 zeigt fünf wichtige Kenngrößen, deren Verlauf jeweils für 10 Versuchspersonen und 20 Einzelreize über den Zeitpunkt der Reizsetzung gemittelt wurde. Durch die 6 unterschiedlichen Reiz-typen ergeben sich jeweils sechs Verlaufskurven. Die dünn gezeichneten Kurven entsprechen dem mittleren Verlauf der sieben Herzschläge vor der Reizsetzung, die dicker gezeichneten Kurven dem Verlauf von 12 Herzschlägen nach der Reizsetzung. In der Abbildung sind von links oben nach rechts unten die Auswirkungen der Reizsetzung auf die RR-Intervalle des EKGs, die Finger- und die Radialispulslaufzeit sowie die Radialis- und Fingerpulsamplituden gezeigt.

Man erkennt, daß durch Atmung bzw. zufällige Schwankungen eine gewisse Unruhe der Kurven vor der Reizsetzung zu beobachten ist, diese ist allerdings wesentlich geringer als die Wirkung der Reize. Praktisch alle Reiztypen zeigen eine Verlangsamung des Herzschlages (Zunahme des RR-Intervalls) in den ersten 3 Herzschlägen nach der Reizsetzung. Fingerpuls und Radialislaufzeit zeigen eine biphasische Antwort, in deren Verlauf es zunächst zu einer Beschleunigung, dann jedoch zu einer Verzögerung der Pulswelle kommt. In der Pulsamplitude verursacht besonders Klatschen und der Lichtreiz der Heine-Lampe eine deutliche biphasische Reaktion mit einer vorübergehenden Zunahme und danach Abnahme der Pulsamplitude. Die anderen Meßparameter weisen hier keine besonders deutliche Reaktion auf.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß eine deutliche physiologische Reaktion als Folge der verschiedenen Reize beobachtet wurde, die für eine Reaktion der Herzfrequenz wie auch der peripheren Gefäße spricht. Die schnelle transiente Abnahme der Herzfrequenz (Zunahme der RR-Intervalle) spricht hierbei für eine Vagusreaktion; die biphasischen Antworten der Pulslaufzeiten und Pulsamplituden für eine sympathische Gefäßreaktion. Die Form des Verlaufs von Finger- und Radialispulszeit läßt auf eine transiente Anspannung und nachfolgende Entspannung des Gefäßtonus schließen. Diese Gefäßmotorik führt offensichtlich in den weiter proximal gelegenen Arterien zu einer vorübergehenden Überhöhung der Pulswelle, was besonders deutlich beim Klatschen und bei der Heine-Lampe im unteren Bereich der Abb. 6 gesehen werden kann.

Um statistische Aussagen über die Sicherheit des Nachweises verschiedener Reizformen durch physiologische Größen machen zu können, wurden 5 Parameter herangezogen und der prozentuale Anteil an signifikanten Abweichungen von der Ruhewertlinie für die jeweils 10 Versuchspersonen mit je 20 Messungen berechnet.

Gewertet wurden dabei jene Versuche, bei denen nach der Reizsetzung innerhalb von 12 Herzschlägen eine signifikante Abweichung ($p < 0,01$) vom Mittelwert der 7 Pulse vor dem Reiz nachgewiesen werden konnte. Die Signifikanz wurde mittels eines nichtparametrischen Wilcoxon-Signed-Rank-Tests überprüft. Wie in Abb. 7 erkennbar, ist Klatschen in fast 60% der Versuche auf einem hohen Signifikanzniveau nachweisbar, während der Placebolaser nur in 9% der Fälle eine signifikante Abweichung vom Ausgangswert erzeugt. Zwischen diesen beiden Extremen liegen in fallender Reihenfolge der Lichtreiz der Heine-Lampe, das 3-Volt-Hämmerchen, die Ampulle und der Akupunkturlaser. Es ist noch nicht klar, ob die gerade noch nachweisbare Wirkung des Placebolasers auf Zufall oder auf einer unspezifischen Reizung durch den auf neutraler Hautoberfläche applizierten Laserreiz verursacht wurde.

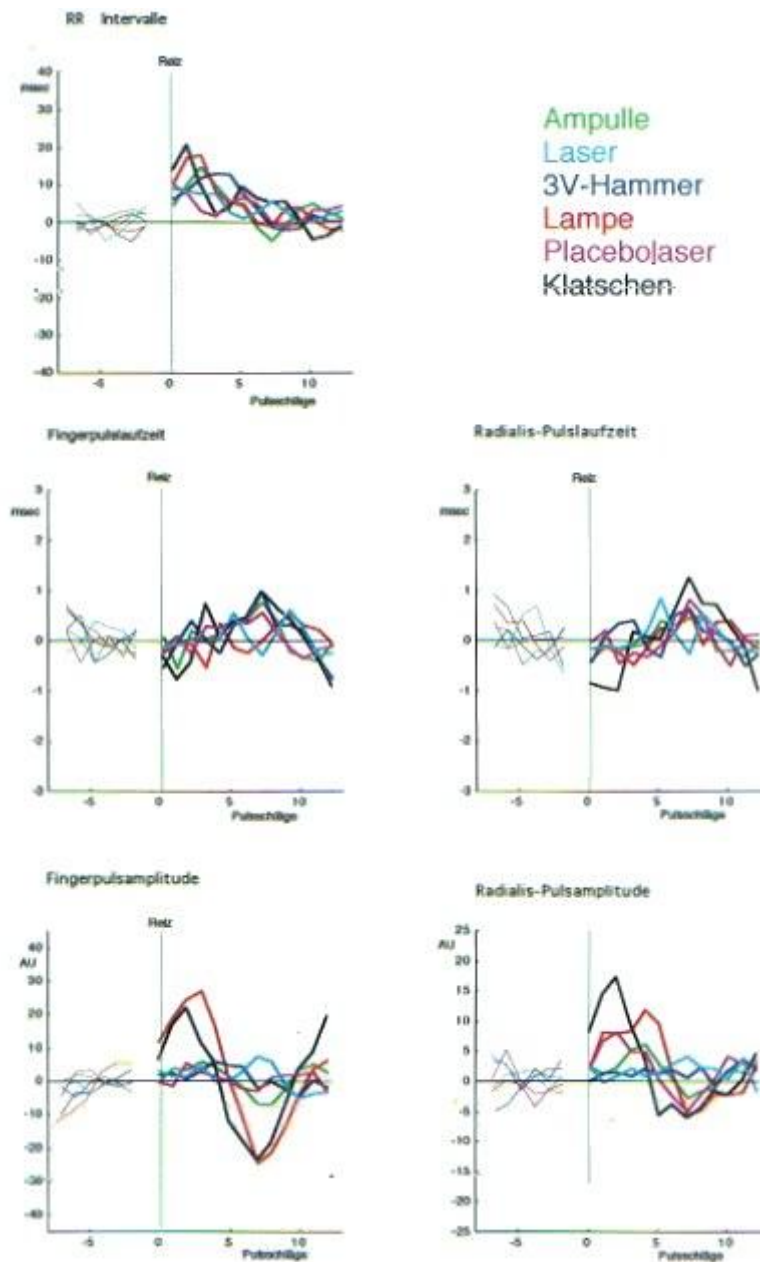


Abb. 6: Über den Reizzeitpunkt gemittelte Zeitverläufe kardiovaskulär Parameter für verschiedene Reiztypen. Die vor Reizbeginn gemessenen Kurven (dünne Linien) zeigen weniger Auslenkung vom Mittelwert als die nach dem Reiz. Jede Einzelkurve wurde aus 20 Messungen bei je 10 Versuchspersonen gemittelt, d.h. aus jeweils insgesamt 200 Einzelversuchen.

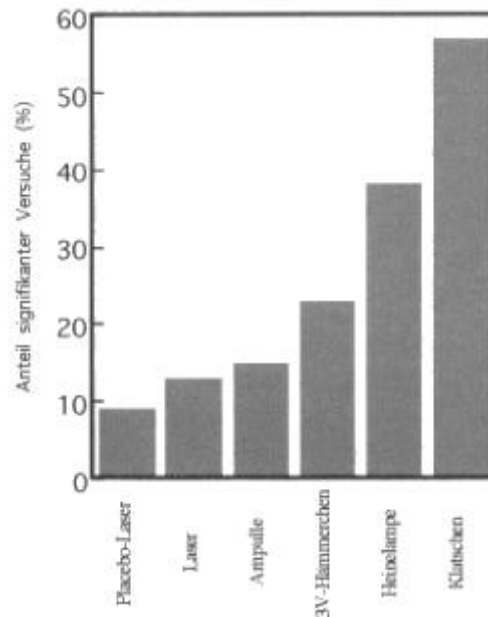


Abb. 7: Prozentualer Anteil an signifikanten Versuchsergebnissen ($p < 0,01\%$) bei verschiedenen Reizen, wenn die 5 aussagekräftigsten Parameter herangezogen wurden (RR-Intervalle, Fingerpulslaufzeit, Fingerpulsamplitude, Radialispulslaufzeit, Radialispulsamplitude; $n=10$ VP mit je 20 Messungen).

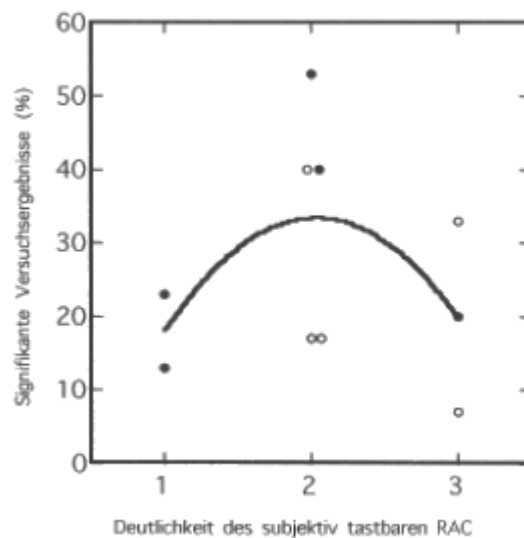


Abb. 8: Anteil an signifikanten Versuchsergebnissen verschiedener Versuchspersonen in Abhängigkeit von der Deutlichkeit des subjektiv tastbaren RAC. Alter 23-47 J. (Mittel:31,2), $n=10$ (weibl. VP: offenes Symbol).

In einem weiteren Schritt wurde untersucht, bei welchen Versuchspersonen der RAC besonders deutlich als physiologisches Phänomen zu beobachten war. Zu diesem Zweck wurde vom untersuchenden Akupunkturarzt eine subjektive Einschätzung der Deutlichkeit des getasteten RAC bei einem Normreiz für jede Versuchsperson vorgenommen. Die Skalierung reichte hierbei von "RAC tastbar" (1) über "RAC deutlich tastbar" (2) bis zu "RAC sehr deutlich tastbar"(3). Diese subjektive Skalierung für jede Versuchsperson wurde mit der prozentualen Anzahl an signifikanten Veränderungen der physiologischen Parameter bei der jeweiligen Versuchsperson verglichen (Abb. 8). Es zeigte sich, daß bei einem subjektiv mittelstark nachweisbaren RAC die deutlichsten physiologischen Veränderungen zu beobachten waren, bei einem weniger stark ausgeprägten oder sehr stark ausgeprägten RAC jedoch geringere physiologische Veränderungen beobachtet

werden konnten. Während bei Frauen in der vorliegenden Studie weniger stark ausgeprägte subjektive RAC-Einschätzungen auftraten, war kein Unterschied in der Deutlichkeit objektiver Veränderungen zwischen Frauen und Männern erkennbar.

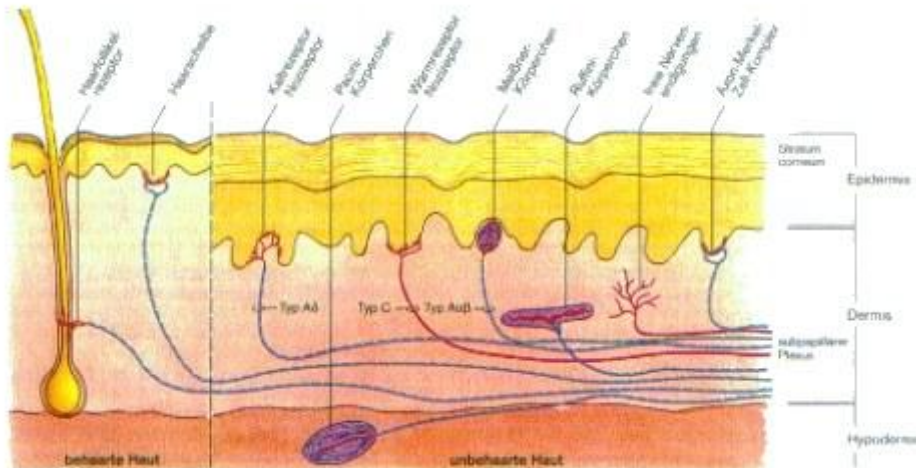


Abb. 9: Schnitt durch die behaarte (links) und unbehaarte Haut des Menschen. Thermo-, Mechano- und Schmerzrezeptoren sind nach Klinke und Sibernagl schematisch eingezeichnet [6].

5. Physiologie der RAC-Tastung

Da derzeit der apparative Nachweis des RAC dem Nachweis durch die geschulte Hand des Arztes an Sicherheit noch deutlich unterlegen ist, wurde in einem letzten Schritt die Fragestellung untersucht, welche Voraussetzungen ein Sensor erfüllen müßte, um damit eine erfolgreiche, störungsfreie und verlässliche RAC-Bestimmung durchführen zu können.

Eine Betrachtung der in der Haut der Fingerkuppe vorhandenen Mechanorezeptoren (Abb. 9) zeigt, daß in der an die Epidermis grenzenden Hautschicht vor allem Meißner-Körperchen, Axon-Merkel-Zell-Komplexe sowie etwas tiefer gelegen Ruffini-Körperchen, und schließlich in der Hypodermis Pacini-Körperchen zu finden sind. Druck wird vorwiegend von den Axon-Merkel-Zellkomplexen sowie den Ruffini-Körperchen, Spannung nur von den Ruffini-Körperchen wahrgenommen. Für die Vibration sind Meißner- und Pacini-Körperchen, für Berührung alle Typen von Mechanosensoren zuständig. Die Anzahl der Mechanosensoren in der Haut der Fingerbeere liegt bei etwa 2000/cm². Diese große Zahl garantiert die Sicherheit der Wahrnehmung, weil bei einer Störung einzelner Sensoren noch immer genügend andere Sensoren die Störung unterdrücken können.

Eine Untersuchung des Frequenzganges der einzelnen Hautsensoren ergab, daß die größte Empfindlichkeit bei einer Frequenz von etwa 300 Hz liegt, wobei Schwingungen von 0,5 Hz bis zu 800 Hz wahrgenommen werden können [6]. Da in der vorliegenden Studie die Pulswelle nur mit 200 Hz abgetastet wurde, erscheint eine Erhöhung der Abtastrate sowie der Frequenzcharakteristik der Sensoren sinnvoll. In einer späteren Studie sollen diese Möglichkeiten genauer untersucht werden.

Von Bedeutung für den Nachweis des RAC-Reflexes ist möglicherweise auch die räumliche Auflösung des Sensorsystems. Es zeigt sich anhand einer Graphik der 2-Punkt- und Druckschwellen für verschiedene Hautareale (Abb. 10), daß die Wahl des Zeigefingers oder des Daumens zum Ertasten des RACs einen sehr vernünftigen Kompromiß darstellt. Wie man in der Abbildung sehen kann, liegt die

2-Punkt-Schwelle für den ersten und zweiten Finger bei etwa 2 mm. Das heißt, daß 2 Druckpunkte dann voneinander getrennt wahrgenommen werden können, wenn sie mindestens 2 mm voneinander entfernt liegen. Nur die Zungenspitze weist eine noch größere Ortsauflösung auf und bietet sich für mutige Akupunkteure als noch genaueres Sensorium zur RAC-Testung an.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß physiologische Korrelate zum RAC in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen werden konnten. Diese bestehen vor allem in einer transienten Verlangsamung des Herzschlages sowie in der biphasischen Änderung von Pulslaufzeiten und Pulsamplituden in den Armarterien. Ihr zeitlicher Verlauf stimmt mit der subjektiven Beschreibung des zeitlichen Verlaufs des RAC gut überein. Der störungsfreie physiologische Nachweis des RAC ist derzeit noch nicht möglich, nur eine Mittelung von zahlreichen Einzelversuchen führt zu brauchbaren und statistisch signifikanten Ergebnissen. Als wichtigste Störvariable erscheint die Atmung, an deren rechnerischer Elimination gearbeitet wird. Eine Betrachtung des Sensoriums der Fingerspitze zeigt, daß noch einige technische Hürden zu nehmen sind, bevor ein Gerät eine der ärztlichen Hand adäquate Messung des RAC wird durchführen können.

Summary: In this work physiological equivalents of the Nogi reflex (RAC) are shown.

Danksagung:

Wir danken der Deutschen Akademie für Akupunktur für die Unterstützung des Forschungsprojektes.

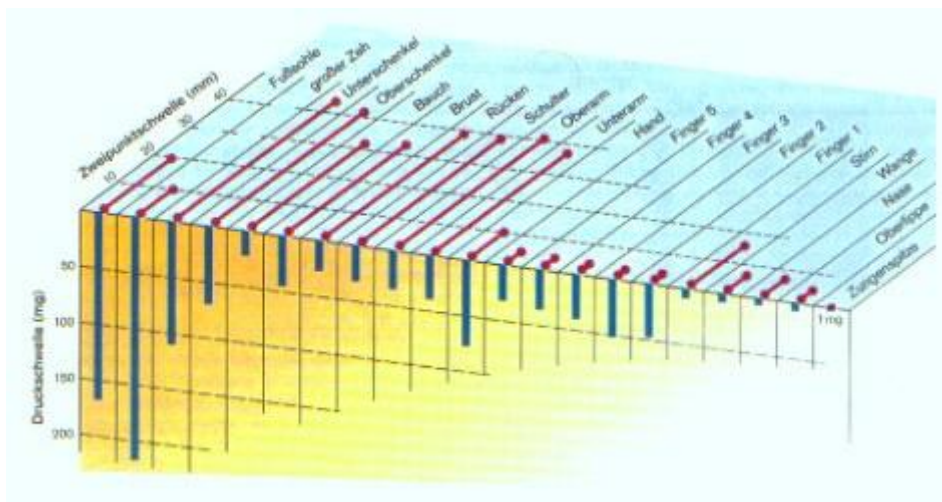


Abb. 10: Mittlere Druckschwelle und Zwei-Punkt-Schwelle an verschiedenen Hautarealen beim Menschen. Die Druckschwelle wurden mit kalibrierten Borsten bestimmt. Die Zwei-Punkt-Schwelle der Zungenspitze stammen von Weber (1835). Alle übrigen Daten sind aus dem "Lehrbuch der Physiologie" (1996) von Klinker und Silbernagl entnommen [6]. Es sind die Mittelwerte von Messungen an der rechten und linken Körperseite von je 24 Männern und Frauen im Alter zwischen 19 und 37 Jahren