

Lasernadelstimulation unter Normkonditionen und Tinnitus

Erste computergestützte Untersuchungen mit sehr frühen akustisch evozierten Potenzialen

Gerhard Litscher¹, Lu Wang¹, Gerhard Schwarz², Detlef Schikora³

¹Forschungseinheit für biomedizinische Technik in Anästhesie und Intensivmedizin, Medizinische Universität, AT-Graz

²Klinische Abteilung für Neuro- und Gesichtschirurgische Anästhesiologie und Intensivmedizin, Medizinische Universität, AT-Graz

³Fakultät für Naturwissenschaften, Universität Paderborn, DE-Paderborn

In den letzten Jahren haben viele technische Neuentwicklungen im Bereich der Laserakupunktur einen Innovationsschub ausgelöst. Darüber hinaus erbrachten wissenschaftliche Studien den Nachweis, dass z.B. die Lasernadelakupunktur nadeläquivalente Veränderungen zerebraler Parameter hervorrufen kann, die mit modernsten Messverfahren aus dem Bereich des Neuromonitorings reproduzierbar nachweisbar sind [1–6].

Wissenschaftlich nahezu unerforscht sind bislang die Auswirkungen der Laserlichtstimulation im Bereich des äußeren Gehörganges auf frühe (FAEP; Latenzen: 1–10 ms) und sehr frühe akustisch evozierte Potenziale (SFAEP; Latenzen: < 1 ms) [7]. Zielsetzung der Studie war es zu prüfen, ob die oben genannten Parameter, die zur Bewertung der Reizverarbeitung und -weiterleitung im peripheren Anteil des akustischen Systems herangezogen werden, durch die Lasernadelstimulation reproduzierbare Beeinflussungen erfahren.

Material und Methoden

Lasernadelstimulation im Bereich des Meatus acusticus externus

Für die monoaurikuläre Applikation der Laserstimulation im äusseren Gehörgang wurde ein Adapter neu entwickelt, der ähnlich einer Brillenkonstruktion am Ohr fixiert wird (siehe

Zielsetzung: Untersuchung der Effekte der Lasernadelstimulation (LNS) auf sehr frühe (SFAEP) und frühe (FAEP) akustisch evozierte Potenziale, die bislang weder an Normkollektiven noch unter pathologischen Bedingungen, wie etwa Tinnitus, untersucht wurden. **Studien-Design:** Die Potenziale wurden bei 23 gesunden Probanden und bei einer 21 Jahre alten Patientin mit Tinnitus unter Ruhebedingungen sowie während kontinuierlicher und frequenzmodulierter LNS im Meatus acusticus externus untersucht. **Material und Methoden:** Über einen neu entwickelten Ohr-Adapter wurde mittels LNS (685 nm, 4 x 30–40 mW, Dauer 10 min, 4 x 2,3 kJ/cm²) der Bereich des äußeren Gehörganges stimuliert. Beurteilt wurden die Amplituden der SFAEP sowie jene des Summenaktionspotenzials des Hörnervs (Welle I) und des IV/V-Komplexes. **Ergebnisse:** Die SFAEP waren sowohl während kontinuierlicher ($p = 0,019$) als auch während frequenzmodulierter ($p = 0,014$) LNS gegenüber der Kontrollmessung im Sinne einer positiv gerichteten Zunahme der Amplituden der Reizantworten signifikant verändert. **Schlussfolgerungen:** Die LNS führt zu reproduzierbaren Alterationen der SFAEP. Eine eindeutige kausale Zuordnung ist derzeit noch nicht möglich. Thermische Effekte auf die Mittelohrmechanik oder Innenohrphysiologie aber auch stimulationsassoziierte Einflüsse auf die neuronale Leitfähigkeit im peripheren Anteil der Hörbahn wie etwa reizbezogene Depolarisationsvorgänge werden als mögliche Erklärungen für den signifikanten Unterschied der Messparameter diskutiert.

Schlüsselwörter: Laserstimulation, Lasernadel, Akupunktur, Akustisch evozierte Potenziale, Ohr, Tinnitus

Laserneedle Stimulation in Healthy Volunteers and for Tinnitus

First computer-based investigations using very early auditory-evoked potentials

Objective: To study the effects of laserneedle stimulation (LNS) on very early (EAEP) and brainstem (BAEP) auditory-evoked potentials that have not been investigated previously in controls and under pathologic conditions like tinnitus. **Design and Subjects:** The potentials were investigated in 23 volunteers and a 21-year-old patient with tinnitus under resting conditions and during continuous and frequency-modulated LNS in the external auditory meatus. **Methods:** Using a newly-developed ear adapter, the outer region of the auditory canal was stimulated with LNS (685 nm, 4 x 30–40 mW, duration 10 minutes, 4 x 2.3 kJ/cm²). The amplitudes of the EAEPs, of wave I and the wave IV/V complex were evaluated. **Results:** The EAEPs were significantly changed during continuous ($p = 0.019$), as well as during frequency-modulated ($p = 0.014$) LNS compared to control measurements in the sense of a positive increase of the amplitudes. **Conclusions:** LNS can lead to reproducible alterations of EAEP. A direct causal correlation cannot be inferred. Thermic effects on the middle ear mechanics or inner ear physiology together with stimulation-associated influences on the neuronal conductivity in the peripheral part of the acoustic system (like stimulus-dependent depolarization processes) are discussed as possible explanations for the significant difference within the measuring parameters.

Key words: Laserstimulation, laserneedle, acupuncture, auditory-evoked potentials, ear, tinnitus

Abb. 1). Über eine drehbare und im Abstand veränderbare runde Halterung werden insgesamt 4 optische Fasern in den äusseren Gehörgang geleitet. Diese sogenannten Lasernadeln emittieren kontinuierliches oder frequenzmoduliertes Laserlicht mit einer Wellenlänge von 685 nm und einer Leistung von 30–40 mW pro Lasernadel. Die Stimulationsdauer wurde für diese Studie mit 10 min festgelegt, woraus sich eine Energiedichte von 2,3 kJ/cm² an jeder Lasernadel und eine durchschnittliche Gesamtsumme von 9,2 kJ/cm² für die gesamte Laserstimulation ergab [1–7].

Zusätzlich zur Laserlichtstimulation wurde in den Adapter ein Schallschlauch zur akustischen Stimulation der evozierten Potenziale integriert. Der gesamte Adapter beinhaltet keine Metallteile; es wurden ausschliesslich Kunststoffkomponenten verwendet.

Messparameter

Für die Darstellung der akustisch evozierten Potenziale früher Latenz erfolgte die Stimulation mittels Klicks von 200 µs Dauer und alternierender Polarität mit einer Frequenz von 11,1 Hz. Die Reizstärke betrug 105 dB nHL (normal hearing level). Das kontralaterale Ohr wurde nicht maskiert. Zur Stimulation wurden Miniaturrohrhörer (Nicolet 464–656, Nicolet Instrument Corp., Madison, WI, USA) verwendet, welche an einen Schallschlauch angeschlossen waren. Abgeleitet wurde bei den Personen mit Gold-Becherelektroden (Grass E6GH) zwischen Vertex (C_z) und rechtem ipsilateralem Mastoid (Cb₂). Die Ground-Elektrode befand sich an der Ableitposition F_z. Der Haut-Elektrodenübergangswiderstand war < 3 kOhm. Die Becherelektroden waren direkt mit aktiven Elektroden zur kopfnahen Verstärkung der Signale verbunden, so dass die bioelektrischen Hirnaktivitäten störungsminimiert erfasst werden konnten [8] (vgl. Abb. 1). Bei jeder Untersuchung wurden mindestens 2000 Einzelklicks aufsummiert. Jede Messphase wurde zur Prüfung der Reproduzierbarkeit ein weiteres Mal wiederholt. Für die Datenverarbeitung wurden ein PC-basierendes Monitoringsystem (Viking IV, Nicolet Instrument

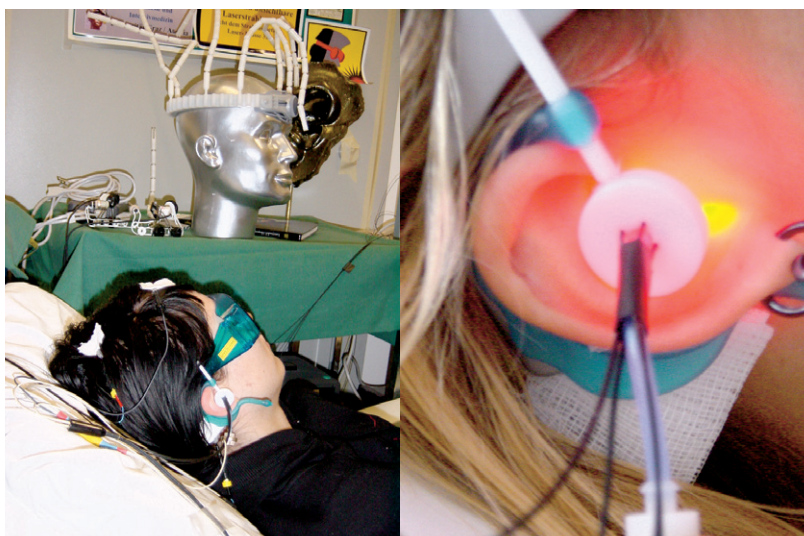


Abb. 1. Stimulationsadapter zur optischen Laserstimulation im Bereich des Meatus acusticus externus. Zwischen 4 Lasernadeln ist ein Schallschlauch zur akustischen Stimulation in die Konstruktion implementiert.

Abkürzungen

LNS	Lasernadelstimulation
SFAEP	Sehr frühe akustisch evozierte Potenziale (< 1 ms)
FAEP	Frühe akustisch evozierte Potenziale (1 – 10 ms)
EAEP	Very early auditory evoked potentials (< 1 ms) = SFAEP
BAEP	Brainstem auditory evoked potentials (1 – 10 ms) = FAEP
CM	Mikrofonpotenziale (cochlear microphonics)
AP	Summenaktionspotenzial = N1

Corp., Madison, WI, USA) verwendet.

Zur Bewertung der elektrophysiologischen Messgrössen kamen die Amplituden der Welle I und des IV/V-Komplexes der FAEP sowie auch die Amplituden sehr früher AEP-Antworten einschliesslich des sogenannten Stimulationsartefaktes.

Ergänzend wurde auch die tympanale Temperatur mit Hilfe eines ThermoScan pro LT (Thermoscan Inc., San Diego, CA, USA) vor und nach den drei Untersuchungsphasen (a) Ruhebedingungen (steady state), (b) kontinuierliche Lasernadelstimulation und (c) frequenzmodulierte (2 Hz) Lasernadelstimulation untersucht.

Probanden

Alle 23 freiwilligen Probanden waren über die Untersuchung aufgeklärt und gaben schriftlich ihr Einverständnis. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz genehmigt. Keine Person nahm zum Zeitraum der Untersuchung oder

unmittelbar davor zentral wirksame Medikamente ein, der neurologische, psychische und otologische Status war bei allen unauffällig.

Das mittlere Alter (± SD) der Untersuchungsgruppe betrug 26,5 ± 3,6 Jahre (Bereich 20 bis 36 Jahre; 15 f, 8 m).

Kasuistik

Eine 21-jährige Studentin litt etwa ein Jahr lang an einem Tinnitus des rechten Ohres und leichtem Schwindelgefühl. Die Beschwerden traten zwei Wochen vor der Erstuntersuchung zur Lasernadelstimulation nach einer Massage im Bereich der Halswirbelsäule (HWS) verstärkt auf. Der Tinnitus akzentuierte sich durch den Einfluss lauter Musik und unter Verspannungsgefühl im Bereich der HWS weiter. Im Anschluss an die otologische Abklärung (Audiogramm und Tympanogramm unauffällig; Tinnitusfrequenz: 20 dB bei 8 kHz; kalorische Spülung: Spontannystagmus) wurde eine konventionelle Pharmakotherapie (Beta-

histindihydrochlorid 8 mg/Tag über 3 Wochen) mit subjektiv allerdings nur geringen Remissionstendenzen durchgeführt. Die therapeutischen Massnahmen mussten wegen der gastrointestinalen Begleitbeschwerden abgebrochen werden. Danach wurde nach entsprechender Aufklärung und mit schriftlichem Einverständnis der Versuch einer Laserstimulation zur möglichen Linderung des Tinnitus in Kombination mit Akupunktur (Punkteschema siehe **Abb. 2**) unternommen.

Für die Akupunktur wurde eine neutrale Technik mit dünnen Nadeln (0,3 × 30 mm, Huan Qiu, Suzhou, China) eingesetzt. Die Nadelung erfolgte einseitig und es wurde jeweils ein De-Qi-Gefühl ausgelöst. Die Stimulation bestand aus einer Rotation und einem Heben und Senken der Nadeln.

Statistische Analyse

Die Analyse der Messdaten sowie die graphische Präsentation wurden mit Hilfe der Computerprogramme Sigma-Stat bzw. SigmaPlot (Jandel Scientific Corp., Erkrath, Deutschland) durchgeführt. Für die statistischen Auswertungen wurde der *paired t-Test* herangezogen und die graphische Darstellung erfolgte mit Hilfe von Box-Plot-Darstellungen. Als Kriterium für die Signifikanz wurde $p < 0,05$ festgelegt.

Ergebnisse

Bei allen Probanden waren die ersten fünf Komponenten der FAEP isoliert und reproduzierbar ableitbar und entsprachen den konventionellen Normkriterien [7,9]. Ein Beispiel ist in der **Abbildung 3** dargestellt.

Die mittleren Amplituden der SFAEP, die der Welle I und jene des IV/V-Komplexes unter Ruhebedingungen (ohne Stimulation; *steady state*), nach kontinuierlicher Lasernadelstimulation und nach frequenzmodulierter (2 Hz) Lasernadelstimulation aller 23 Versuchspersonen sind der **Abbildung 4** zu entnehmen.

Die Amplitude der Welle I als auch jene des IV/V-Komplexes weist keine signifikante Veränderung durch die Laserbestrahlung auf. Die mittlere Amplitude des Stimulationsartefaktes

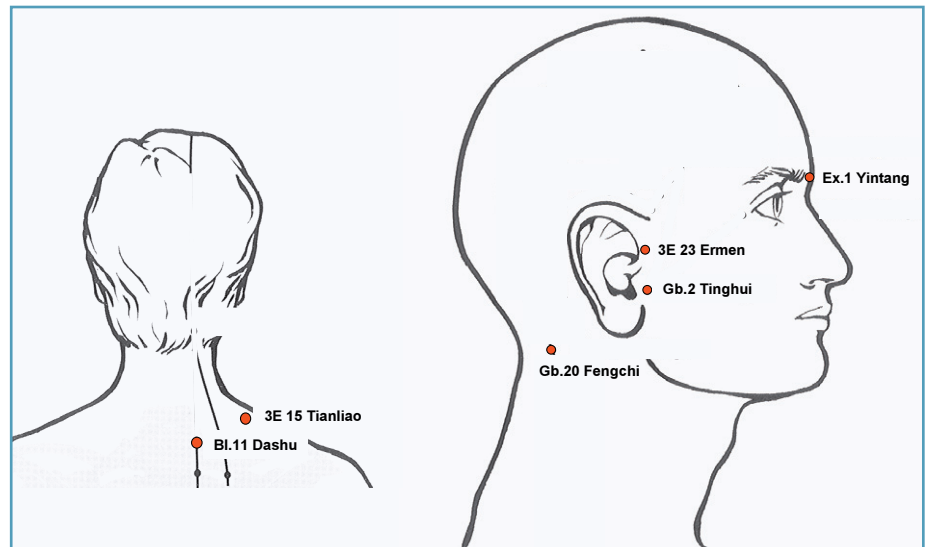


Abb. 2. Akupunkturpunkteschema.

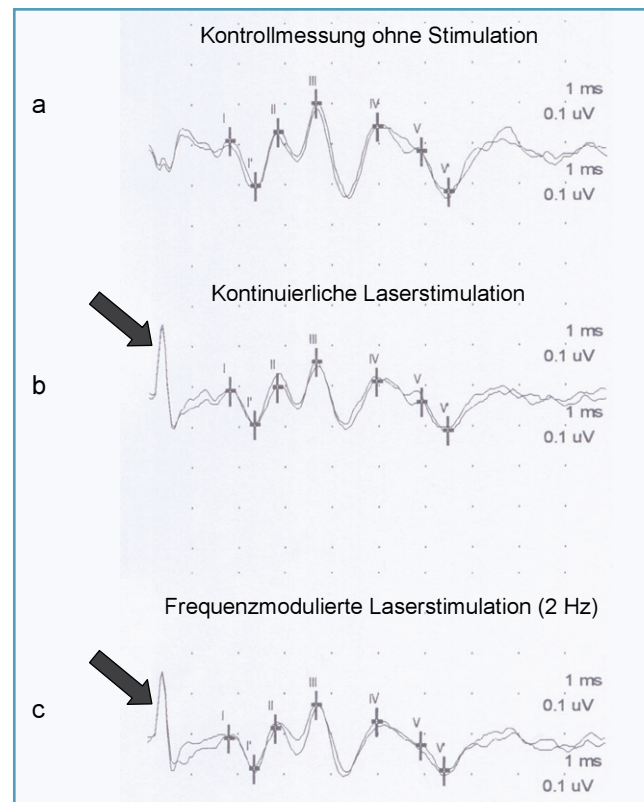


Abb. 3. Akustisch evozierte Potenziale ohne (a), während kontinuierlicher (b) und während frequenzmodulierter (c) Laserstimulation bei einer 24 Jahre alten Probandin. Man beachte das Auftreten sehr früher Reizantworten bzw. die Zunahme des Stimulationsartefaktes (siehe Pfeile) trotz alternierendem Stimulationsmodus während Laserstimulation.

zeigt sowohl unter kontinuierlicher ($p = 0,019$) als auch unter 2 Hz-modulierter Stimulation ($p = 0,014$) eine signifikante Zunahme.

Die Werte der jeweils unmittelbar nach dem Untersuchungsabschnitt

gemessenen tympanalen Temperatur sind in der **Abbildung 5** dargestellt.

Die Messergebnisse bei Vorliegen eines Tinnitus sind in der **Abb. 6** zusammengefasst. Die initiale Messwertregistrierung lieferte wie schon bei

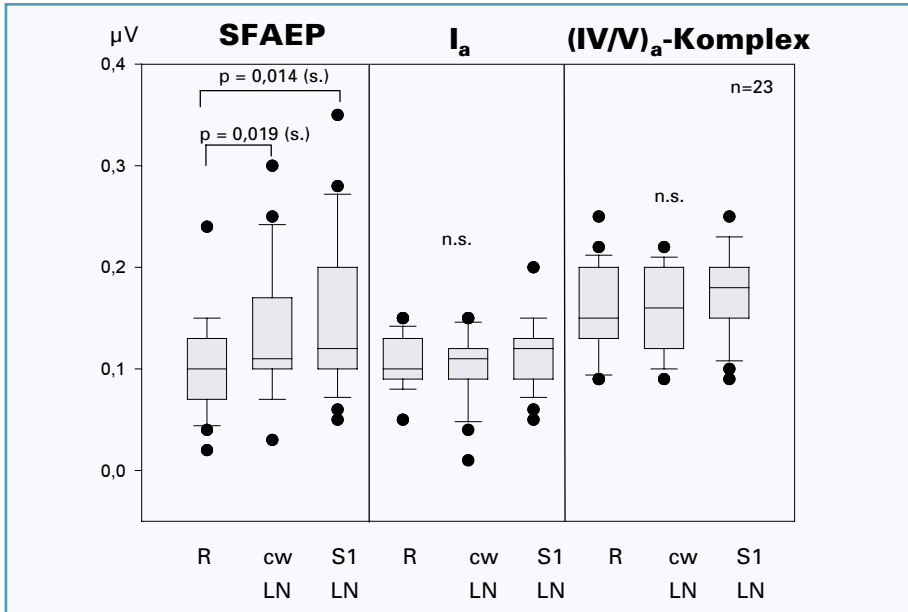


Abb. 4. Box-Plot Darstellungen der sehr frühen akustisch evozierten Potenziale (SFAEP), der Amplituden der Welle I (I_a) und der Amplituden des IV/V-Wellenkomplexes (IV/V) $_a$ jeweils in μV unter den Bedingungen R (= Ruhe, *steady state*, Kontrollmessung), cw LN (kontinuierliche Lasernadelstimulation) und S1 LN (mit 2 Hz frequenzmodulierte Lasernadelstimulation). Man beachte die signifikanten Zunahmen der SFAEP während Laserstimulation. Die horizontale Linie in der Box gibt jeweils die Lage des Medians an. Die Enden der Box definieren die 25ste und 75ste Perzentile, die Fehlerbalken kennzeichnen die 10te und 90ste Perzentile.

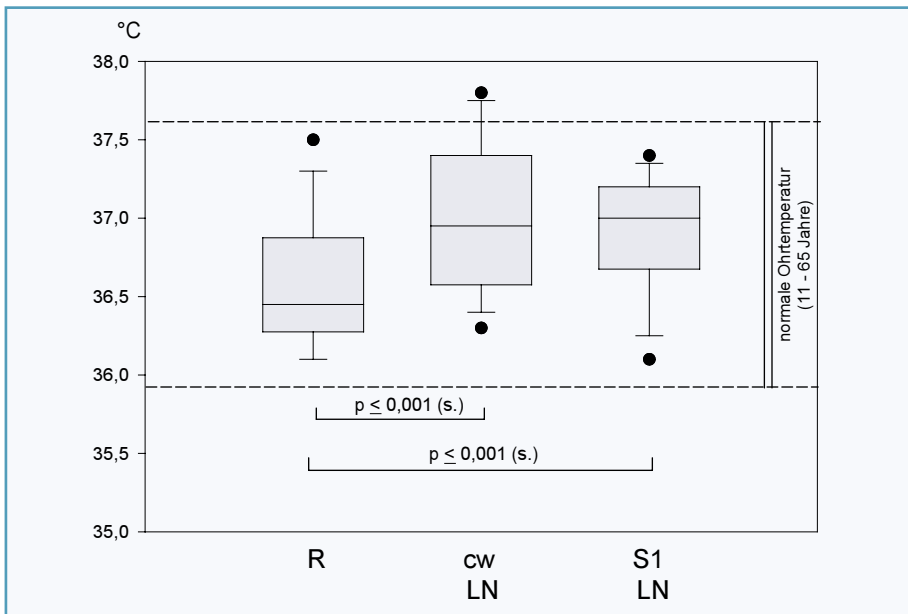


Abb. 5. Laserstimulationsbedingte Veränderungen der Temperatur im äußeren Gehörgang. Der vom Hersteller angegebene „Normbereich“ der Ohrtemperatur ist rechts eingezeichnet (R = Ruhe, ohne Stimulation; cw LN = kontinuierliche Laserstimulation; S1 LN = frequenzmodulierte Laserstimulation). Weitere Erklärungen siehe Abb. 4.

den Untersuchungen an gesunden Probanden eine Zunahme der Amplitude der SFAEP nach Lasernadelstimulation. Das Ausmass dieser Amplitudenerhöhung war jedoch nicht so ausgeprägt wie jenes bei den Pro-

banden. Lediglich unter einer Stimulation von 2 Hz (S1 LN) war diesbezüglich ein deutlicher Effekt darstellbar (Abb. 6a). Gleichzeitig reduzierte sich die myogene Aktivität (siehe Abb. 6a, 1. Kurve ohne LN, rechter Abschnitt,

Pfeil) während Laserstimulation deutlich. Der Tinnitus hat nach subjektiver Einschätzung nach der 2. kombinierten Akupunkturbehandlung und Laserstimulation sogar zugenommen. Im Anschluss an die darauf folgenden Behandlungen reduzierten sich die subjektive Wahrnehmung des Tinnitus ebenso deutlich wie das Empfinden der Muskelverspannungen im Nackenbereich. In den SFAEP konnte im Rahmen der 6. Messung auch während kontinuierlicher Lasernadelstimulation eine deutliche Amplitudenzunahme festgestellt werden (Abb. 6b). Nach der 10. Behandlung wurde der Tinnitus subjektiv weitestgehend gedämpft empfunden; ein Kontroll-Audiogramm und Tympanogramm wurde seitens der Patientin abgelehnt. Das ursprünglich beschriebene Schwindelgefühl ist nicht mehr aufgetreten. Die Kontrollmessung der akustischen Potenziale zeigte im Vergleich zur initialen Messung keine myogene Komponente (Abb. 6c; Pfeil).

Diskussion

Der Laser hat im Bereich der Akupunktur seinen festen Platz erworben. Entsprechend den gewünschten Problemlösungen müssen die unterschiedlichen Qualitäten der einzelnen Lasersysteme berücksichtigt werden. Vor dem Hintergrund der neuen Anwendungen des Lasers in der Medizin im generellen und der Akupunktur im speziellen sind künftige methodische Entwicklungen zu erwarten. Faktoren wie z.B. das bessere Verständnis der Wirkmechanismen, die Verfügbarkeit technisch noch ausgereifterer Laserkonstruktionen sowie die Entwicklung flexibler optischer Transmissionssysteme und optischer Fasern, welche alle zu technisch einfacheren Systemen führen, werden zunehmend eine grössere Rolle spielen [10].

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde erstmals eine Lasernadelbestrahlung im Bereich des Meatus acusticus externus vorgenommen und der Versuch unternommen, periphere und mögliche zentrale Effekte dieses Stimulationsverfahrens mit Hilfe bioelektrischer Reizantwort-

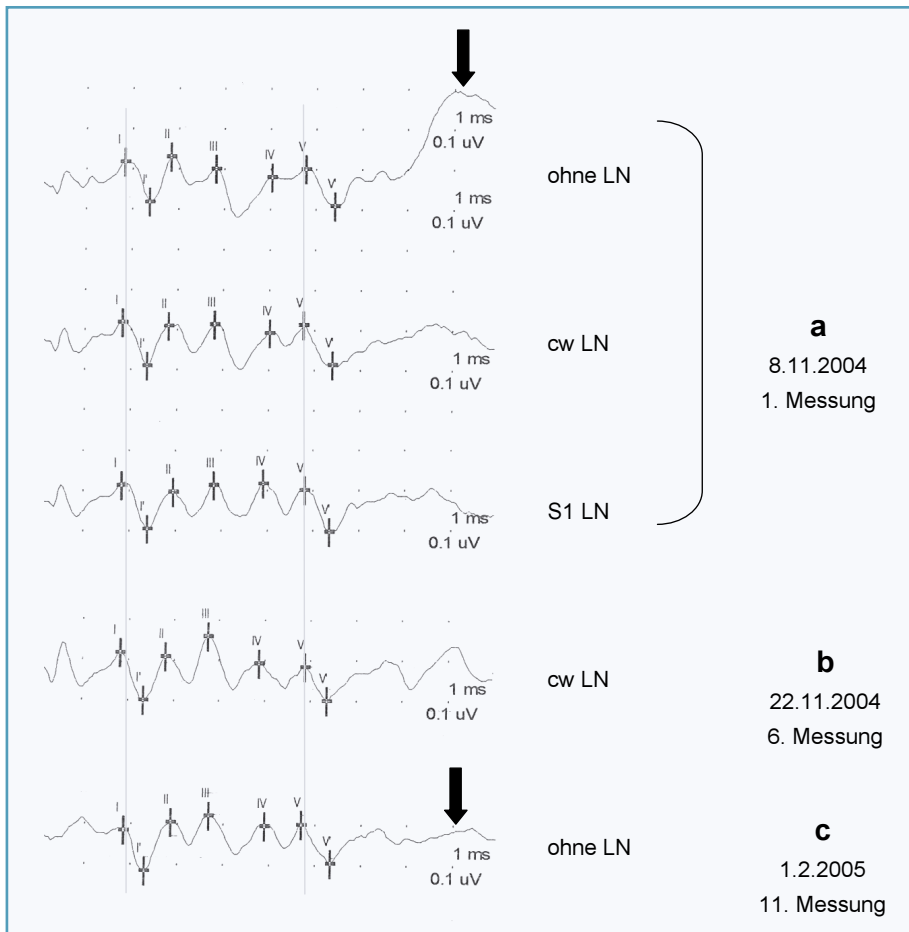


Abb. 6. Akustisch evozierte Potenziale ohne, während kontinuierlicher (cw) und während frequenzmodulierter (2 Hz) Lasernadelstimulation (LN) bei Tinnitus. Man beachte das Verschwinden der myogenen Komponente (a, Pfeil) während Lasernadelstimulation und nach Therapieversuch (c) sowie die Zunahme der SFAEP während der Lasernadelstimulation (b).

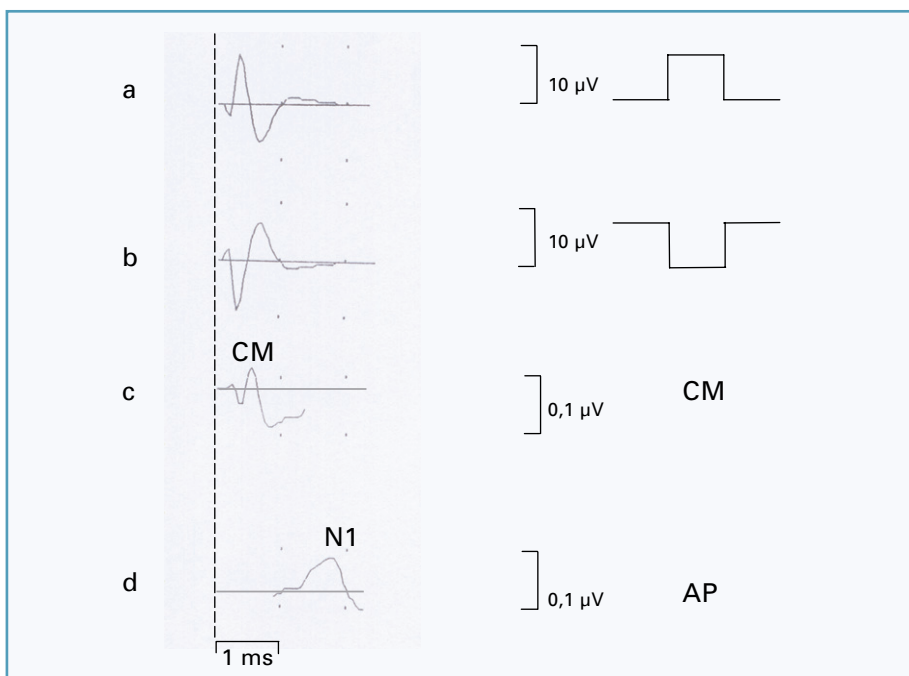


Abb. 7. Gemessene sehr frühe akustisch evozierte Potenziale (SFAEP) bei einer 20 Jahre alten Probandin nach Darbietung positiver (a) und negativer (b) Klicks. Dargestellt sind (c) die Mikrofonpotenziale (CM) sowie (d) das Summenaktionspotential (AP = N1).

ten computergestützt zu objektivieren. Dazu wurden akustisch evozierte Potenziale sehr früher Latenz eingesetzt. Als Stimulationsimpulse wurden sogenannte „Klicks“ (= Rechteckimpulse) mit einer Dauer von 200 μ s verwendet. Auswirkungen auf die Latenzen, Amplituden und Wellenformen der frühen akustisch evozierten Potenziale wurden in Abhängigkeit von der Polarität der elektrischen Reize beobachtet und in der Literatur ausführlich beschrieben [11–13]. Bietet man diese Reize alternierend dar, d.h. abwechselnd einmal positiv und dann negativ, so werden reizbedingte Artefakte, die bei gleichbleibender Stimuluspolarität entstehen, in der Signalantwort herausgemittelt.

In gleicher Weise werden die in der präsynaptischen Region mit den Haarzellen und ihren Hilfsstrukturen entstehenden Potenziale der Elektrocochleographie, die Mikrofonpotenziale (cochlear microphonics) und das Summationspotential (summing potential) durch das Wechseln der Polarität des Reizes eliminiert.

Die Hauptkomponente, die postsynaptische Welle N1 (vgl. **Abb. 7**), stellt ein Summenaktionspotential des Hörnervs dar und entsteht genau genommen nicht in der Cochlea [14]. Die Mikrofonpotenziale (CM) hingegen werden als cochleäres Ereignis angesehen, spielen aber in der klinischen Diagnostik derzeit eine untergeordnete Rolle [14].

In vorangehenden Studien zeigte sich, wie auch in den vorliegenden Untersuchungsergebnissen, ein interessantes Phänomen, nämlich eine zweifelsohne biologisch bedingte Veränderung des Stimulusartefaktes trotz gleichbleibender Reiz- bzw. Ableitparameter beim Coma dépassé (Hirntod) [15,16]. Pathologische Veränderungen im Bereich der Innenohrmechanik wurden als mögliche Erklärungen für die Zunahme des Artefaktes angenommen. Während sich bei unseren vorliegenden Messungen unter Laserstimulation eine Veränderung der SFAEP im Sinne einer positiv gerichteten Amplitudenzunahme dieser Komponenten ergab, zeigten die Resultate in den vorangehenden Studien bei komatösen Patienten und im Extremfall beim

Coma dépassé eine entgegengesetzte, nämlich negative Aktivitätszunahme.

Auf ähnliche Befunde, nämlich unterschiedliche FAEP-Reizantworten (Welle I bis V) auf Sog- bzw. Druckreize sowohl bei Normalpersonen als auch bei pathologischen Befundmustern, wurde in der Literatur bereits hingewiesen [15,16]. Eine Lösung dieser Problematik, die vermutlich in der Mittelohrmechanik oder Physiologie des Innenohres zu suchen ist, ist derzeit aber nicht in Sicht. Dazu müsste man genauere Informationen über tatsächliche Druckverhältnisse im Gehörgang bekommen. Dies ist schwierig, da das Einführen einer Mikrosonde den Schalldruckverlauf zusätzlich verändern würde [15,16].

Eine zweite Hypothese beruht auf der Annahme von extrazerebralen Leitfähigkeitsänderungen. So wurde z.B. bereits 1973 gezeigt [17], dass sowohl nach Ischämie als auch nach Anoxie beim Eintreten einer irreversiblen Funktionsstörung des Gehirns eine Abnahme der kortikalen Impedanz im Vergleich zum Ausgangswert vorliegen kann, während es in der Formatio reticularis zu einer Zunahme der Impedanz kam.

Für das Auftreten der Veränderungen der SFAEP unter Laserstimulation kann als weitere Hypothese angenommen werden, dass diesem stimulationsbezogene Depolarisationsvorgänge in extrazerebralen Anteilen des auditorischen Systems unter geänderten Impedanzbedingungen zugrunde liegen.

Als Versuch zur Linderung bei Tinnitus-Beschwerden wird in der vorliegenden Arbeit erstmals eine Kombination aus einer neu entwickelten Methode einer Laserbestrahlung im Meatus acusticus externus und einer Akupunkturbehandlung nach Vorstellungen der Traditionellen Chinesischen Medizin exemplarisch beschrieben [18]. Interessant ist dabei die Tatsache, dass im Bereich der SFAEP Veränderungen durch die Laserstimulation feststellbar waren. In diesem Latenzbereich werden Mikrofonpotenziale, das Summationspotenzial und in weiterer Folge das Summenaktionspotenzial des Hörnervs abgeleitet (vgl. **Abb. 7**). Die Differenzierung eines möglichen Primäreffektes Lasernadel-

stimulation vs. Akupunktur war allerdings auf Grund des gewählten Untersuchungsdesigns nicht möglich und ist für Folgestudien vorzusehen.

Um in Zukunft noch genauere Forschungsergebnisse zu erhalten, sind experimentell anstelle der Ableitung der induzierten bioelektrischen Aktivität vom Mastoid, wie sie im Rahmen der Studie verwendet wurde, auch transtympanale oder extratympanale Techniken anzudenken, die mögliche durch Laserstimulation aktivierte Alterationen erfassen. Bei der transtympanalen Technik wird eine dünne Stahlnadel durch den Gehörgang und das Trommelfell hindurch in grösstmögliche Nähe des Innenohrs platziert. Im Rahmen der weniger invasiven extratympanalen Technik können Potenzialänderungen durch Einführung einer Nadelelektrode an der Hinterwand des Meatus acusticus externus mit Verschieben bis in Trommelfellnähe abgeleitet werden.

Weitere experimentelle und klinische Untersuchungen wie beispielsweise genaue Analysen des begleitenden Temperatureffektes sind notwendig, um endgültige Aussagen zu dieser Thematik treffen zu können.

Danksagung

Die Autoren danken Frau Mag. Ingrid Gaischek (Forschungseinheit für biomedizinische Technik in Anästhesie und Intensivmedizin, Medizinische Universität Graz) für ihre wertvolle Hilfe bei der Datenaufnahme und Datenanalyse. Die Grundlagenuntersuchungen zur Thematik wurden teilweise im Zentrum für Medizinische Grundlagenforschung der Medizinischen Universität Graz (Projekt ID 16) durchgeführt.

Literatur

- [1] Litscher G: Cerebral and peripheral effects of laserneedle®-stimulation. *Neurol Res* 2003; 25:722–728.
- [2] Litscher G, Schikora D: Cerebral vascular effects of non-invasive laserneedles measured by transorbital and transtemporal Doppler sonography. *Lasers Med Sci* 2002; 17:289–295.
- [3] Litscher G, Schikora D: Near-infrared spectroscopy for objectifying cerebral effects of needle and laserneedle acupuncture. *Spectroscopy* 2002;16:335–342.
- [4] Litscher G, Rachbauer D, Ropele S, Wang L, Schikora D, Fazekas F, Ebner F: Acupuncture using laserneedles modulates brain function:

First evidence from functional transcranial Doppler sonography (fTCD) and functional magnetic resonance imaging (fMRI). *Lasers Med Sci* 2004;19:6–11.

- [5] Litscher G, Schikora D (Hrsg.): *Lasernadel-Akupunktur. Wissenschaft und Praxis*. Pabst Science Publishers, Lengerich Berlin Bremen 2004.
- [6] Litscher G, Schikora D (Eds): *Laserneedle-Acupuncture. Science and Practice*. Pabst Science Publishers, Lengerich Berlin Bremen Miami 2005.
- [7] Litscher G: Effects of laserneedle stimulation in the external auditory meatus on brainstem and very early auditory-evoked potentials in humans. *Neurol Res* 2005, in press.
- [8] Litscher G: A multifunctional helmet for non-invasive neuromonitoring. *J Neurosurg Anesthesiol* 1998;10(2):116–119.
- [9] Litscher G: Continuous brainstem auditory-evoked potential monitoring during nocturnal sleep. *Int J Neurosci* 1995;82(1–2):135–142.
- [10] Albrecht H, Rohde E, Zgoda F, Müller G: Lasersysteme. In: Kramme R (Hrsg.): *Medizintechnik*. Springer, Berlin Heidelberg New York 2002, S. 296–318.
- [11] Maurer K, Schäfer E, Leitner H: The effect of varying stimulus polarity (rarefaction vs. condensation) on early auditory-evoked potentials (EAEPs). *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1980;50:332–334.
- [12] Stockard JJ, Stockard JE, Sharbrough FW: Non-pathologic factors influencing brainstem auditory-evoked potentials. *Am J EEG Technol* 1978;18:177–209.
- [13] Stockard JE, Stockard JJ, Westmoreland BF, Corfitts JL: Brainstem auditory-evoked responses. Normal variation as a function of stimulus and subject characteristics. *Arch Neurol* 1979;39:823–831.
- [14] Maurer K, Lowitzsch K, Stöhr M: Evozierte Potentiale. AEP – VEP – SEP. Atlas mit Einführungen. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1990.
- [15] Litscher G, Schwarz G, Kleinert R: Brain-stem auditory evoked potential monitoring. Variations of stimulus artifact in brain death. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1995;96:413–419.
- [16] Litscher G, Schwarz G, Jobstmann R, Kehl G, Kleinert R: Brain-stem auditory evoked potential monitoring. The increase of the stimulus artifact in the development of brain death: a biological phenomenon? *Int J Neurosci* 1996; 91(1–2):95–103.
- [17] Lechner R, Ott E: Impedanzuntersuchungen bei reversiblen und irreversiblen Funktionsverlust des Gehirns. In: Krösl W, Scherzer E (Hrsg.): *Die Bestimmung des Todeszeitpunktes*. Maudrich, Wien 1973, S. 163–170.
- [18] Jinsheng H: Acupuncture treatment of tinnitus. *J Trad Chin Med* 2004;24(3):238–240.

Korrespondenzadresse:

Univ.-Prof. DI Dr. Gerhard Litscher
Forschungseinheit für biomedizinische
Technik 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>