

6 Zusammenfassung

Das Anliegen dieser Arbeit ist es, im Rahmen eines Projektes zur Entwicklung eines vollimplantierbaren Hörgerätes beim Menschen, die elektrische Reaktionsaudiometrie (ERA) im Tiermodell einzusetzen. Hierbei sollen die Auswirkungen eines Mittelohrimplantates (MOI) erfaßt werden, die sich im Bereich von Hörnerv und Hirnstamm manifestieren. Aufgrund der Dimensionierung des zu untersuchenden MOI findet die Untersuchung am Hund statt. Hierfür wird bei 22 normal hörenden Foxhounds linksseitig ein teilimplantierbares, piezoelektrisches MOI in das Cavum tympani eingebracht. Nachdem die Verbindung mit der Ossikelkette hergestellt ist, kann das Implantat über diese Verbindung Schwingungen an das Hörorgan weiterleiten. Es werden präoperativ und postoperativ akustisch evozierte Potentiale (AEP) beider Ohren aller Hunde erfaßt. Ebenso erfolgt die Ableitung von evozierten Potentialen mittels Knochenleitung (BEP). Des weiteren wird die postoperative Ableitung von mechanisch evozierten Potentialen (MEP) durch das MOI für das untersuchte Implantat etabliert.

Für AEP ergeben die Messungen eine mittlere Potentialschwelle von $31,56 \pm 8,92$ dB SPL ($n = 147$) für alle unmanipulierten Ohren. Bei einem Pegel von 90 dB SPL betragen die Latenz I $1,31 \pm 0,10$ ms ($n = 116$), die Latenz III $2,91 \pm 0,13$ ms ($n = 113$), die Latenz V $4,27 \pm 0,20$ ms ($n = 114$) und die Interpeaklatenz (IPL) I-V $2,96 \pm 0,17$ ms ($n = 119$). Post implantationem steigt die Potentialschwelle der implantierten Ohren um $41,63 \pm 11,10$ dB und die Latenzen verlängern sich auf $1,69 \pm 0,26$ ms ($n = 108$) für die Latenz I, $3,26 \pm 0,29$ ms ($n = 93$) für die Latenz III und auf $4,63 \pm 0,30$ ms ($n = 91$) für die Latenz V. Die IPL I-V beträgt post implantationem $2,98 \pm 0,14$ ms ($n = 81$). Anhand der Ergebnisse aus der Ableitung der AEP wird der Eingriff in die Mechanismen der normalen Schallfortleitung im Bereich des Mittelohres deutlich, den das MOI darstellt.

Bei der Ableitung der BEP werden nur individuelle Potentialschwellen jedes einzelnen Hundes erfaßt. Durch Nutzung der kranialen Schalleitung wird das cochleäre Hörvermögen direkt überprüft. Es steht damit ein Instrument zur Unterscheidung von Schalleitungs- und Schallempfindungsstörungen zur Verfügung. An unmanipulierten Ohren können hierbei

mittlere Potentialschwellen zwischen $116,82 \pm 7,22$ dB ($n = 22$) und $125,00 \pm 5,00$ dB ($n = 20$) ermittelt werden. Post implantationem ergeben die Messungen an den manipulierten Ohren eine mittlere Potentialschwelle für BEP, die zwischen $109,52 \pm 7,22$ dB ($n = 21$) und $113,64 \pm 8,81$ dB ($n = 22$) liegt.

Die Ableitung der MEP dient der Überprüfung von Funktion und Stabilität des MOI über den Versuchszeitraum von 24 bis 30 Wochen. Es kann eine mittlere Potentialschwelle von $-62,94 \pm 10,72$ dBV ($n = 17$) bis $-41,76 \pm 12,00$ dBV ($n = 17$) ermittelt werden. Die Latenzen betragen bei einem Pegel von 0 dBV $1,19 \pm 0,17$ ms ($n = 63$) für die Latenz I, $2,73 \pm 0,19$ ms ($n = 59$) für die Latenz III, $4,23 \pm 0,19$ ms ($n = 57$) für die Latenz V und für die IPL I-V $3,06 \pm 0,14$ ms ($n = 51$). Gewebereaktionen, die im Bereich des Cavum tympani beobachtet werden, haben zur Folge, daß durch das MOI über den Versuchszeitraum erst mit steigendem Pegel MEP abgeleitet werden können. Anhand der stabilen Latenzwerte beim Maximalpegel können Funktion und Stabilität des MOI bestätigt werden. Außerdem ist durch die Bestimmung der Latenzen möglich, den Reizpegel des MOI als entsprechenden akustischen Pegel in dB SPL anzugeben. Es entsprechen 0 dBV etwa einem Pegel von 90 dB SPL.

Die Implantation des untersuchten MOI beeinträchtigt die normale Fortleitung von akustischen Signalen, wie die Auswertung aller Ergebnisse der Potentialschwellen und der absoluten Latenzen I, III und V und der relativen IPL I-V ergibt. Bei allen Hunden kommt es zu einer einseitigen, durch das Implantat bedingten Hörstörung. Diese kann anhand der post implantationem abgeleiteten Hirnstammpotentialen als reine Schalleitungsstörung bezeichnet werden. Für eine Schalleitungsstörung in Form einer sensorischen oder retrocochleären Hörstörung können keine Hinweise gewonnen werden. Das postoperativ aufgetretene, einseitig eingeschränkte Hörvermögen ist also auf den mechanischen Eingriff des MOI in die Fortleitung des Schalls im Bereich der Ossikelkette des Mittelohres zurückzuführen, nicht aber auf Schädigungen der Cochlea. Dies galt es auszuschließen.

Die Ableitung von evozierten Hirnstammpotentialen erweist sich damit als geeignetes Instrument, um beim Hund eine objektive Bewertung des Hörvermögens vornehmen zu können. Dies ist besonders bei der Beurteilung einseitiger Hörstörungen vorteilhaft, wie sie

z.B. im Rahmen dieser experimentellen Implantationsstudie induziert wurden. Des Weiteren ist eine Unterscheidung von Schalleitungs- und Schallempfindungsstörungen möglich, indem die Stimulation mittels Knochenleitung hinzugezogen wird und eine Auswertung der Latenzwerte der verschiedenen Stimulationsformen erfolgt. Darüberhinaus kann durch die Ableitung der MEP, die in dieser Studie für das zu untersuchende MOI etabliert wird, das MOI im Tiermodell überprüft werden. Es bleibt auch über einen längeren Zeitraum von einem halben Jahr stabil und in Funktion.

7 Summary

Jacobi, Markus: Electric response audiometry (ERA) in the dog. Influence of a piezoelectric middle-ear implant.

The aim of this study, as part of a project to develop a totally-implantable hearing device in man, is to use electric response audiometry (ERA) in an experimental animal model. The influence of a middle-ear implant (MEI), that is reflected by effects on auditory nerve and brainstem, is investigated. Because of the MEI's size, this study is carried out in dogs. Therefore a partially-implantable, piezoelectric MEI is implanted in the left tympanic cave of 22 normal hearing Foxhounds. After connecting the MEI with the ossicular chain it is able to transmit signals to the hearing organ. Auditory evoked potentials produced either by acoustic stimulation (AEP) or by bone stimulation (BEP) are measured pre- and postoperatively in all dogs. In additional postoperative experiments the measurement of auditory evoked potentials produced by mechanical stimulation (MEP) through the MEI is developed and carried out.

The mean threshold for AEP is in all unmanipulated ears $31,56 \pm 8,92$ dB SPL ($n = 147$). With a stimulus level of 90 dB SPL the mean latencies I, III and V are $1,31 \pm 0,10$ ms ($n = 116$), $2,91 \pm 0,13$ ms ($n = 113$) and $4,27 \pm 0,20$ ms ($n = 114$), respectively. The relative inter-peak-latency (IPL) I-V is $2,96 \pm 0,17$ ms ($n = 119$). The postoperative threshold for AEP in the implanted ears is $41,63 \pm 11,10$ dB higher than preoperatively and the mean latencies I, III and V lengthen to $1,69 \pm 0,26$ ms ($n = 108$), $3,26 \pm 0,26$ ms ($n = 93$) and $4,63 \pm 0,30$ ms ($n = 91$), respectively. The postoperative IPL I-V in the implanted ears is $2,98 \pm 0,14$ ms ($n = 81$). These results make clear the MEI's influence on the mechanisms of sound transmission in the middle-ear.

With the measurement of BEP only individual thresholds of each dog are fixed. By using the sound transmission of the cranium the cochlear function is investigated directly. This is therefore an instrument to distinguish between conductive and sensory hearing losses. In unmanipulated ears a mean threshold for BEP between $116,82 \pm 7,22$ dB ($n = 22$) and $125,00$

$\pm 5,00$ dB ($n = 20$) can be found. The postoperative threshold for BEP in manipulated ears is between $109,52 \pm 7,22$ dB ($n = 21$) and $113,64 \pm 8,81$ dB ($n = 22$).

The measurement of MEP is used to explore the MEI's function and stability over a period of 24 to 30 weeks. The mean thresholds for MEP during this time are between $-62,94 \pm 10,72$ dBV ($n = 17$) and $-41,76 \pm 12,00$ dBV ($n = 17$). With a stimulus level of 0 dBV the mean latencies I, III and V are $1,19 \pm 0,17$ ms ($n = 63$), $2,73 \pm 0,19$ ms ($n = 59$) and $4,23 \pm 0,19$ ms ($n = 57$), respectively. The IPL I-V for MEP is $3,06 \pm 0,14$ ms ($n = 51$). Reactions of the middle-ear tissue, that could be found in the tympanic cave, caused an increase in the mean threshold for MEP during this study. Besides this the stabil latencies at the maximum stimulus level confirm function and stability of the MEI. In addition the evaluation of the latencies enables one to define the stimulus level of the MEI as an equivalent acoustic level of dB SPL. A level of 0 dBV corresponds to 90 dB SPL.

Implanting the investigated MEI impairs a normal transmission of acoustic signals in the middle-ear, as is confirmed by the measurement of thresholds and latencies I, III and V and IPL I-V. In all dogs a unilateral hearing impairment, caused by the implant, can be found. All postoperative measurements show that this is a conductive hearing loss. There are no indications of a sensory or retrocochlear hearing disorder. This hearing impairment can be attributed to the MEI's mechanical obstruction of sound transmission by the ossicular chain in the middle-ear cavity and not to cochlear damage. This was to be excluded.

The measurement of auditory evoked potentials is a suitable instrument for an objective investigation and evaluation of hearing function in the dog. It shows its usefulness in particular when an investigation is carried out on unilateral hearing impairments, as can be found in this experimental study. Not only the diagnosis of hearing disorders but the distinction between conductive and sensory hearing impairment can be done either by additionally using bone stimulation or by evaluating the latencies of the different forms of stimulation. In addition the measurement of MEP, which is established in this study for the investigated MEI, gives the opportunity to examine the implant non-invasively in an experimental animal model. The MEI keeps its function and stability over a period even as long as half a year.