

## 審査の結果の要旨

氏名 坂井 有紀

現在広く使用されている骨導補聴器の基本原理は1900年代前半に開発されたものであり、骨導補聴器に使われている振動子の振動様式は電磁式と呼ばれるものである。この振動子は0.5-1 kHzにピークを持つ山型の増幅特性が特徴であり、0.25 kHz以下の低音域、4 kHz以上の高音域での利得には限界がある。電磁式骨導振動子には改善すべき点が多くあるが、骨導補聴器を使用する人口が少ないことや小型軽量化が難しいことなどから、これまで新たな振動子を開発する試みは少なかった。平成16-17年、日本のフレエイ社が超磁歪素子から成る新しい骨導振動子を東京大学耳鼻咽喉科学教室と共同開発した。本研究はこの超磁歪骨導振動子の周波数特性およびひずみなどを骨導振動子特性測定装置で測定し、振動子の性能について動物やヒトのABRの測定を実際に行い評価した。そして従来の電磁式骨導振動子の特性と比較して、下記の結果を得た。

1. 動物実験は、東京大学動物実験マニュアルおよび規則に基づいて行った。10 kHz以上の高音域を出力することが可能な超磁歪式骨導振動子(長さ8 mm×径2 mmの超磁歪素子を使用)の性能を他覚的に評価するために、可聴域が約0.15-67 kHzと言われている成熟ウイスターラット6匹の骨導ABRを測定し、電磁式と比較した。骨導ABR測定後、レーザードップラー振動計(LDV)で連続正弦波を用いてラットの頭蓋振動速度を測定し、FFT (fast Fourier transformation analyzer)にて解析を行った。各振動子で測定した骨導ABRの誘発刺激の較正にはラット頭蓋振動速度の値を用いた。その結果 電磁式振動子では2 kHz以上の周波数でラット頭蓋を振動させる速度が徐々に小さくなり、30 kHzではABRをかるうじて認める程度になった。これに対し、超磁歪式振動子で測定したものは30 kHzでも、ABRがよく観察され、頭蓋振動速度も測定できた。

2. 各骨導振動子で測定した骨導ABR閾値上での頭蓋振動速度平均値は、繰り返しのある二元配置分散分析法(two-way repeated-measures ANOVA)で比較すると有意差はなかった。この頭蓋振動速度平均値は測定した周波数において-35 dBから-50 dBの範囲にあった(0 dB re 1mm/s)。

3. 各振動子に1Vppを入力した時のラット頭蓋振動速度は、統計解析(ANOVA)で比較した結果、0.5, 1 kHzではラット頭蓋振動速度は超磁歪式が電磁式よりも有意に小さく、2-30 kHzでは頭蓋振動速度は超磁歪式が電磁式よりも有意に大きくなった。電磁式は0.5, 1 kHzで超磁歪式よりも5-10 dB、超磁歪式は2 kHz以上で電磁式よりラット頭蓋を10-40 dB (0

dB re 1 mm/s) も、より振動させることができることがわかった。

4. 臨床実験では、ヒト用超磁歪式骨導レシーバ（長さ 8 mm×径 2 mm の超磁歪素子を使用）とオーディオメーターの骨導レシーバとして広く使用されている Rion BR-41 の周波数特性を骨導振動特性測定装置である人工マストイド（B&K 4930）を用いて 8 kHz まで測定した。その結果、1 V の入力に対する人工マストイド上での出力（電圧感度）については 2 kHz までは電磁式が 2 kHz より上では超磁歪式が人工マストイド上での電圧感度は高かった。また、正常例である健聴者 8 人と臨床例の先天性両側外耳道閉鎖症患者 6 人に対して、検査の説明と同意を得た上で、0.5-8 kHz までのオクターブごとの周波数でトーンバースト刺激を使用して骨導 ABR を測定した。骨導 ABR の 8 kHz では、超磁歪式の力の出力が大きく、電磁式に比し健聴者の ABR はよく観察された。

5. 各周波数において両骨導レシーバで測定したヒト骨導 ABR の平均閾値には統計学的に有意差が見られなかった。また先天性両側小耳症、外耳道閉鎖症児 6 例の骨導 ABR 平均閾値は 0.5, 2, 8 kHz において健聴者と統計学的に有意差が見られなかった。

6. 先天性両側小耳症、外耳道閉鎖症症例の骨導 ABR 閾値が 0.5, 2, 8 kHz において健聴者と統計学的有意差を認めなかったことは、先天性両側小耳症、外耳道閉鎖症児の骨導聴力が良好であり、骨導では健聴者と同様に音を聴取できることを意味している。超磁歪骨導補聴器を用いることで、先天性両側小耳症、外耳道閉鎖症児は健聴者の可聴域と近い範囲で聞くことが可能となる。

理想的な音質、音量を保つには電磁式、超磁歪式が組み合わさったようなタイプの骨導補聴器が最も良いが、超磁歪式骨導補聴器の開発および本研究による評価は、骨導補聴器の再生周波数帯域において進歩につながったと考えられる。それゆえ、学位の授与に値するものと考えられる。