

超音波が人体に与える影響

—生理指標を用いた基礎研究—

キーワード：超音波、聴性脳幹反応 (ABR)、超音波知覚

人間生活工学教育研究分野：小松健一

■背景

ヒトの可聴周波数は一般的に20Hzから20kHzとされ、それ以外の音は聴くことができないと言われている。しかし近年20kHz以上の音、いわゆる超音波のヒトに対する影響が注目されている。大橋(1994)の研究では、超音波を含む音と超音波を含まない音ではα波の振幅に違いが見られた。また佐藤(1997)は超音波の有無により楽曲の主観評価に違いが現れると報告している。

■目的

超音波の人に対する影響について以前より研究が成されているが、広く認識された定説がないのが現状である。また超音波を含む音に関する研究はあるが、超音波のみの影響については報告例はない。

ヒトは、可聴音の刺激後約10ms以内において脳幹由来の誘発電位、聴性脳幹反応 (ABR) を示す。そこで、超音波におけるABRの有無を確かめ、超音波が単独で音として人に知覚されているか否かを見極めることを本研究の目的とした。

■方法

・実験1：高域可聴周波数閾値の測定

周波数の高域閾値には個人差が予想される。主観的に聴こえない超音波が20kHz以上であるかを確認するため、高域周波数閾値を測定した。

- 被験者 ▪ 8名(男6,女2 年齢21~23 平均年齢:22)
- 出力 ▪ スピーカ (SONY, SS-TW100ED)
- 音種 周波数が連続的に調節可能なサイン波
- 音圧 ▪ 50dB SPL

被験者は自ら信号発生器を操作し周波数を変化させ、聴こえなくなった点を記録した。周波数を上昇させて閾値を探る場合と、下降させて探る場合の2種類を3回ずつ計6回行い平均を閾値とした。

・実験2：ABRの測定の確認

超音波におけるABRを測定する前に、可聴音におけるABRを測定し実験システムの信頼性を確認した。

- 被験者 2名(男1,女1 年齢:21,22)
- 測定項目 ABR, 眼球電図
- 刺激(fig.1) ・クリック音 (ヘッドホン)
- ・クリック音 (スピーカ)
- ・5kHzトーンバースト (スピーカ)
- 刺激持続時間 クリック音-0.5ms
- トーンバースト-3ms
- 刺激間隔 0.1s
- 試行時間 360s

各刺激条件で、6分間連続で刺激音が呈示された。実験中被験者は閉眼で安静にし、頭部はなるべく動かさないよう指示された。記録された脳波の刺激音呈示から10msの波形が2000回加算平均された。実験条件順序はランダムに行われた。

・実験3：超音波を用いたABRの測定

実験2の結果に基づき、実験3では可聴音に加え超音波を呈示した場合のABRの有無を確認した。

- 被験者 ▪ 大学生8名(男5,女3 年齢:21~23 平均:22)
- 出力 スピーカ
- 音圧 45dB SPL

刺激

- ・クリック音
- ・5kHzトーンバースト
- ・25kHzトーンバースト
- ・コントロール条件(無音)

測定項目、試行時間、刺激間隔、刺激持続時間、加算回数は実験2と同様に行われた。被験者は、まず無音状態で360s安静にし(コントロール条件)、その後3種の音がランダムな順序で呈示された。

fig.1 刺激音の模式図

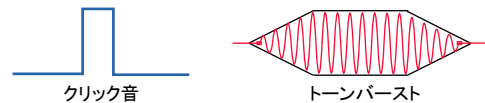


fig.2 実験2で得られた被験者のABR波形例

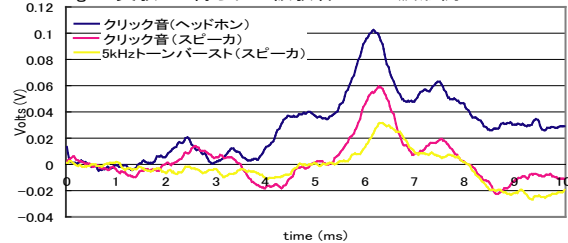
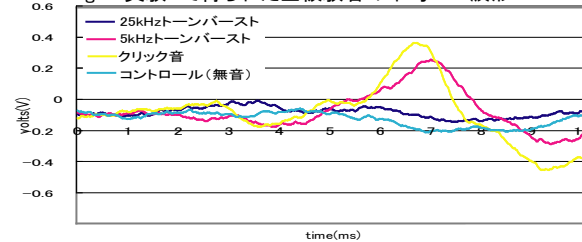


fig.3 実験3で得られた全被験者の平均ABR波形



■結果

- ・実験1：被験者8名の平均周波数閾値は16.61kHz(SD ±1.06kHz)であった。よって20kHz以上は主観的に聴こえないことが確認された。
- ・実験2：得られた被験者の加算平均波形(fig.2)は、一般的なABR波形とピーク潜時、振幅が一致し、ABRの測定が確認された。
- ・実験3：全被験者の平均の波形(fig.3)より、クリック音と5kHzにおいてはABR波形が明瞭に現れているが、25kHzにおいてはABR波形は現れなかった。また各実験条件での波形の最大振幅については、クリック及び5kHzと無音の間に有意な差があった(P<0.01)が、無音と25kHzの間には有意な差は認められなかった。

■まとめ

以上の結果より本研究において、25kHzを呈示した場合ABRが生じないことが確認された。これは、超音波が刺激として脳幹聴覚路を通り脳には伝達されないことを意味する。このことから、超音波は空気を介して呈示した場合に、ヒトには音として知覚されない可能性が極めて高いことが示された。

この結果から、先行研究の結果は超音波そのものの影響ではなく、超音波の有無が可聴帯域への何らかの影響が示唆される。またNishimura et al.(2002)は、超音波を骨を通して伝えた場合に聴こえると報告しており、鼓膜などの問題により刺激が内耳や脳幹まで伝達されない可能性も考えられる。

今回の研究結果は他に研究例がなく、引き続き研究を行っていく価値がある。