

(1) 医療機器学 第85巻 第1号 (平成27年2月1日発行)

タイトル:「超音波頭部マッサージ器による頭蓋骨モデル内の音場測定」

タイトルの研究目的は、日本が高齢化時代を迎えて特に認知症患者の療養は社会的課題となっている。現在は薬物療養が中心であるが、一方で薬害問題も浮上している。非薬物療養への期待が有り、物理療養として比較的安安全とされる超音波に関する研究の必要性が求められた。

従来、JIS 規定による超音波治療器の周波数は500kHzから5000kHzと規定されている。水中の音響速度を1500 m/秒とすると、例えば1000kHzでの水中波長は0.15cmと短い。当該機器のMu-Ma Proの周波数は30kHzで水中波長は5cmである。

頭部への適用を考えると、浸透距離を前額部から頭蓋中心までの距離が10~15cmである。15cmとした場合に到達までの波数は、1000kHzでは $15\text{cm}/0.15\text{cm}=100$ で波動変化が100回行われる。一方、30kHzでは $15\text{cm}/5\text{cm}=3$ で3回の音圧変化で到達することになる。音圧変化の度に強度は減衰していく。一般に、音響伝搬における触媒中の吸収減衰は周波数の二乗に比例しますから、同じ強度の音響振動エネルギーを頭蓋中心部に届ける為には、100/5倍以上の強度の超音波振動子を印加しなければならず、人体に負担を強いる。30kHzの超音波は毛細血管や脳細胞に対して圧力マッサージではなく、微弱運動で活性化させるソフトなマッサージ効果を目指している。1回20分間の治療はパルスの刺激で延べ約700万回の微弱振動を作り出し、この音響波は頭蓋内の全般に広がりバランスのとれたマッサージが期待される。

JISで規定する超音波測定環境はIEC61689で示している。JIS T 0601-2-5では音響周波数は16kHz以上の音響振動となっているが、現状の測定環境が国内・国外にないことから医療機器の開発に支障があった。

本論文では、まず30kHzの水中音響測定環境を作り、東京都立産業技術研究センターの協力を得て測定できた。その結果、当該の超音波振動素子から発する音響エネルギーの特性が測定でき、振動子面の分布は円錐形で中心の最大音響強度は $1.6\text{mW}/\text{cm}^2$ で、全振動子面からの音響出力強度は4.4mWであった。

JIS規格では、最大有効強度は $3\text{W}/\text{cm}^2$ を超えてはならないと規定されている。この値は振動面の振動摩擦から熱治療を目的とした値で、比較した場合には当該のMu-Ma Proの超音波振動子の表面強度が $1.6\text{mW}/\text{cm}^2$ で、この比は $3/0.0016=1875$ となり、概ね1000分の1以下で極めて安全なレベルであることを証明した。一方、音響伝搬に関しては特殊樹脂で作られたファントムモデル内における音響分布を測定した。振動子を前頭部と後頭部から同時に印加した場合の頭蓋内部の音響分布を測定した。結果、大後頭孔の中心より後頭側に寄った位置に音響エネルギーの集まりを観測した。ただし、強度の絶対値は $20\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の低レベルである。ヒトの頭蓋骨での試験ではないが音響分布としての概観を得た。30kHzの超音波振動子及び音響伝搬について図1、図2、図3に示す。

●振動子の音響特性

図1：振動子面の音響分布

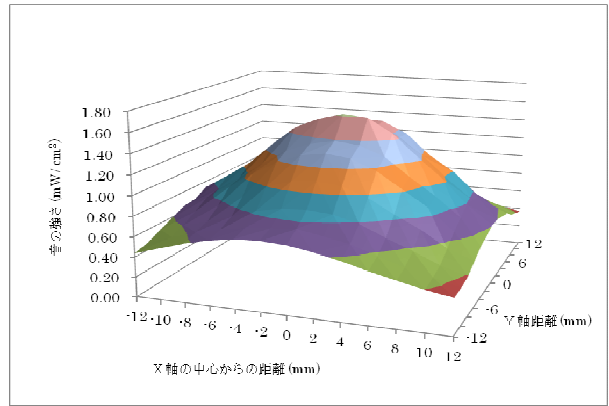
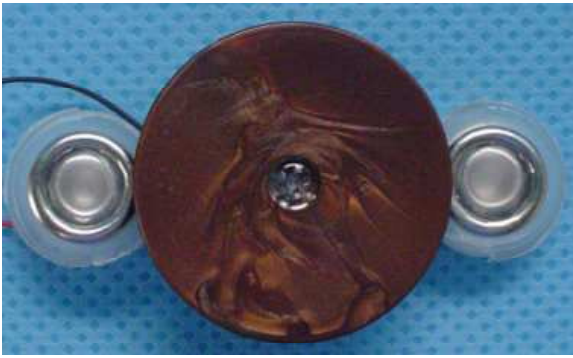


図2：水中超音波伝搬減衰測定（放射状に広がる）

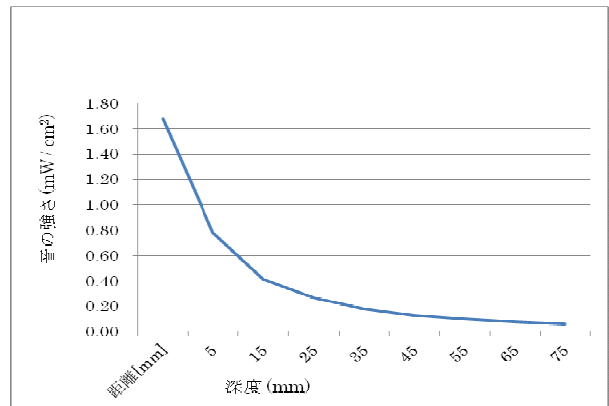
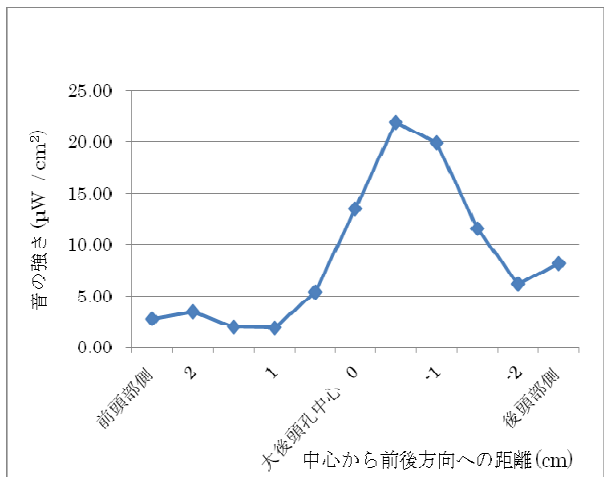


図3：ファントムモデル内部の音響分布



(2) 日本補完医療学会誌 第12巻 第2号 (2015年9月:73-78 発行)

タイトル:「**健常成人における経頭蓋微弱超音波振動による脳血流の変化**」

タイトルの研究目的は、先行研究の「超音波頭部マッサージ器による頭蓋骨モデル内の音場測定」で比較的安全と確認された超音波マッサージが、健常成人の頭蓋内でどのような作用効果があるか確認する必要性が求められた。

長波超音波による微弱マッサージを頭部全体に行うことで、脳の血流促進効果を2名の健常人で検討した。超音波周波数は30kHzで最大音響強度は1.6mW/cm<sup>2</sup>、音響出力強度は4.4mWの振動子を用いた。1.5秒間隔で0.3秒のパルス超音波刺激である。

最初に、前頭部の左右から交互にパルス刺激を20分間印加した場合の脳血流変化はXeガスX線CTで確認した。その結果で刺激前と刺激後の脳血流量は10%の増加が見られた。

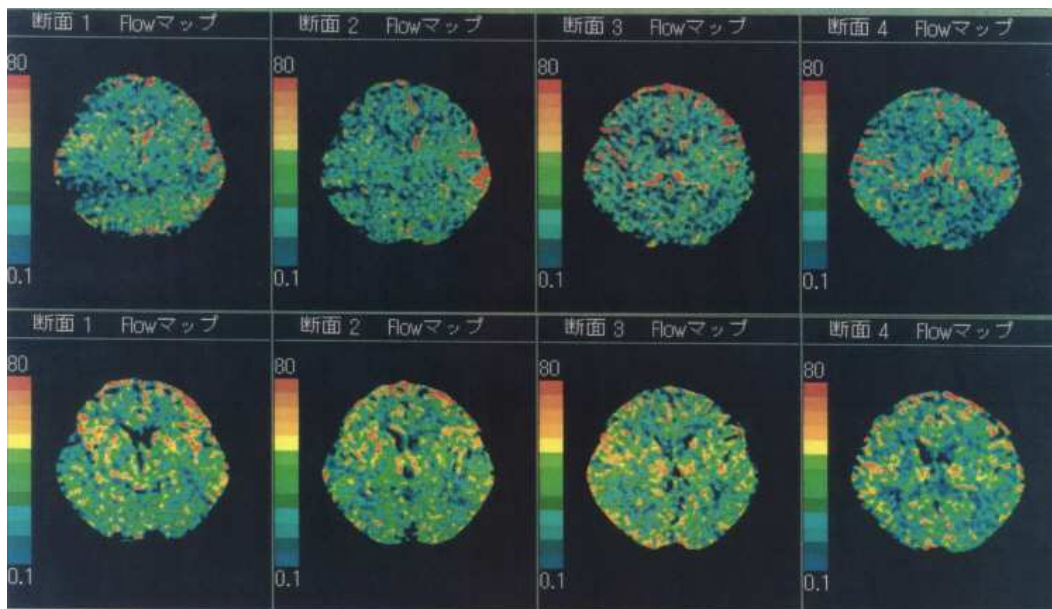
次に、前頭部の左右と後頭部の左右から向かい合わせて左右交互にパルス刺激を20分間印加する測定検査を実施した。なお、核医学であるSPECTで行い、刺激前と刺激後は2日間空けて行った。その結果では前後の血流量は14.4%の増加を認めた。

以上の結果より頭部の前後から刺激する方法が好ましいと判断した。今後、脳疾患患者において検討することで、薬物療法を補完できる超音波物理療法が確立される可能性が有ると思える。

(例1) 被験者 (68歳女性) (Ultra-Ma、Mu-Ma マッサージャー)

但し、前頭部 (左右交互) 刺激による脳血流量の変化: XeガスX線CT画像

上段: 刺激前、下段: 刺激後の血流画像



(例2) 経頭蓋微弱超音波振動刺激装置 (Mu-Ma Pro) 前頭部+後頭部の刺激前後における  
脳内血流量変化の SPECT 画像

被験者 (68 歳、男性)

刺激前

刺激後

前後の差分

