

健康文化

理学療法と超音波

木山 喬博

「リハビリテーション」という用語（以下リハビリと略します）はマスコミの力で一般の人にも知られていますが、「理学療法」という用語は一般の人にはあまり知られておりません。「理学療法士」では通じませんが「リハビリの先生」なら多くの場合は通じます。理学療法は医学的リハビリ分野（教育的リハビリ、犯罪者のリハビリ、宗教的リハビリなどがあります）の一領域を担当する医療職種です。

温めたり、冷やすなどして症状を和らげる処置は、進歩・発展した現代医学以前から行われていたようですが、社会復帰の観点からは1910年代の第一次世界大戦での戦傷者の治療として、また戦傷者の職業復帰政策の一環として、1910年代後半にリハビリの体制が米国で固まったようです。それ以後は少しずつ進歩・発展し、第二次世界大戦後に急激にリハビリの対象者が増え、規模も大きくなったようです。日本では1965年に「理学療法士および作業療法士」法が制定され、資格制度が確立されました。日本の理学療法士を養成する学校は3年制の国、公、私立の養成校と4年制の国、私立の大学を合わせて100校余りあります。厚生省立、労働省立、文部省立のものが混じっています。

理学療法とは、「理学療法は身体的治療の技術であり、運動療法、教育指導、温熱、寒冷、光線、水、マッサージおよび電気を治療手段とする」と定義されています。理学療法は物理的な刺激を生体を与えて好ましい反応を誘発する物理療法と自らの体を動かして生体内で好ましい反応を誘発する運動療法との2本柱からなっています。

予防医学や治療医学が進歩・発展したために日本人の平均寿命は延びてきましたが、障害や不自由さと共に生きなければならない人も結果的に増えています。理学療法はPhysical Therapyですから治療を目指しています。薬物療法や手術療法を終えた患者さんや治療を継続中の患者さんを対象とする場合と原因がはっきりしないけれども足腰が痛いとか体調が悪いと訴える人達が理学療法の対象となります。従って、理学療法の効果の幅は自ずと狭い範囲に限定されることとなりますし、障害の種類によっては患者さんとの付き合いが長く、

現状維持が精一杯であったり、年々悪化することも少なくありません。困ったことに、お付き合いが長くなると施療者側も受療者側もアラが目立つことになります。障害のある患者さんは障害そのものを気にするのはもちろんのことと思いますが、過去の自分自身や周囲の健康な人と比較するために障害が受容できずに、心が穏やかでなくなることが多いようです。私もその立場になればやはり平静ではいられないのでしょう。難しい問題です。

医療に携わる人が最新で有効な知識や技術を医療行為に提供するの当然ですが、人間同士の付き合いが長くなる場合は病める人が平安を感じられるように支援できる医療人を育てる必要があるように思います。病や障害を受けた人たちと接する場合に必要な、またそれらの人が心の平安を感じることができるような宗教学や哲学を今の医学・医療教育の中に多く取り入れることも大事なことであろうと思います。実現は難しいでしょうが。

「死」の受容も大切ですが「障害」の受容も大切に感じます。自分自身が障害を受けた場合に果たしてどのように対処できるか。多分うろたえるのでしょう。理学療法法の柱の一つである物理療法で使用される刺激は「熱」、「電気」と「力」の3種類に大別されます。熱刺激の場合は温熱と冷熱を使い分け、鎮痛、血流促進などの目的で使用されます。電気刺激の場合は周波数を変えたり、刺激波形を変えたり、変調なども工夫して、鎮痛、血流促進や筋の萎縮予防などを目的として使用しています。力刺激の場合は関節部を牽引する力を与えて関節部の除圧や関節周囲の組織の伸長を、マッサージや指圧で組織に圧迫や伸張を加える手技や超音波を照射して振動を与え、振動による加熱や微振動による手術後の癒着予防などを目的として使用されます。「熱」、「電気」と「力」の治療機器の種類や使用方法や適応疾患などについてはここでは省略します。

医師によって処方される物理療法法の件数は非常に多いのですが、理学療法士が直接物理療法を実施することは少なく、殆どの場合理学療法を補助している人たちによって実施されています。これは、1960年代後半から1970年代に随意運動を支配する神経系の障害に対する運動療法が日本に紹介されて以来、理学療法士の関心がそちらに集中したためです。理学療法士による物理療法関係の研究発表の数も論文の数も非常に少ない現状です。従って、物理療法法の効果の有無も曖昧のまま処方され、実施されているのが現状です。有害なものや危険なものは少ないとはいえ、物理療法に関する研究にも力を入れる必要があると考えています。物理療法関連の書物には超音波の性質についての説明が不十分なため理解しにくいことが多くあります。最近、超音波についての基礎的なことを調べている途中ですが、超音波の一部について紹介します。

ある鉱物結晶に力を加えて歪ませると電気を発生する「ピエゾ効果」、「ピエゾ現象」をキュリー兄弟が1880年に発見したそうです。この原理の反対の「逆ピエゾ効果、現象」、つまり或る結晶に電圧を加えたり、停止することによって変形を反復させて20,000 Hz以上の周波数で振動させると超音波が得られます。この原理を利用した海中の測深機が1921年に実用化されました。実用化が10年早ければ、話題になった映画の豪華船タイタニック号の事故は防がれていたであろうといわれています。日本では海軍がフランス流の91探信儀を1931年に実用化して以後種々の探信儀を実用化したようです。日本の超音波技術のレベルは相当高かったようで外国からも高く評価されてきました。終戦後はこれらの技術は魚探専用機に応用され、漁業関係で多用されたようです。その他の工業関係では、主として超音波加工と超音波洗浄に使用されていますが、化学工業、薬品工業、食料品工業、醸造工業や医学分野などにも応用されています。医学分野では超音波診断、結石の破壊、温熱療法などに利用されています。超音波は気体や液体中は縦波でしか伝播しませんが、固体中では横波も存在します。可聴音波は気体中でも比較的良好に伝播しますが治療用超音波(1MHz)は気体中を殆ど伝播しません。

生体に照射された超音波は物質に反射、吸収されながら透過、伝播します。その間に熱を発生したり、条件によってはキャビテーション(超音波は加圧と減圧を反復しながら疎密波として伝播する縦波であり、条件によっては負圧が生じて起こる空洞現象)を発生してついには振動エネルギーを失います。キャビテーションは破壊作用があり、金属を侵食したり水中では H_2O_2 、 HNO_2 を発生することもありますし、他にも面白い現象が見られるようですが、理論的に詳しく解明されていない現象でもあります。しかし、工業用にはキャビテーションの性質を洗浄などに利用しているようです。

理学療法で利用する超音波が与える生体への影響は、生体組織の音響的特異性(伝播速度、音響インピーダンス、減衰度など)によって異なります。又、細胞や器官の応答閾値などによっても異なります。音響的特異性については多くの報告があり調査可能です。しかし、音響的特異性の測定は容易ではなく明らかにされていない未解決の問題も多いようです。

理学療法領域では直径約3cmの超音波振動板の治療機が温熱療法用として使用されます。この分野で使用される超音波の周波数は1MHzが殆どですが最近では日本でも3MHzのものも市販されるようになり、前者は比較的深い部位の、後者は浅い部位の加熱用として使用されます。一般的に周波数が高い(波長の短い)波のエネルギーは吸収され易く、減衰され易い性質があります。超音波

の照射強度は固定法の場合は $0.5\text{W}/\text{cm}^2$ 以下で、移動法の場合は $0.5\text{-}1.5\text{W}/\text{cm}^2$ 程度で使用されます。細胞が破壊される強度として、 $5\text{W}/\text{cm}^2$ とするものや $10\text{W}/\text{cm}^2$ とするものがありますが、その限界強度は明らかにされていないようです。

理学療法で利用する超音波が循環系と神経系に及ぼす影響の一部を紹介しておきます。

循環系に関するものでは、超音波を家兎の心臓に照射すると心拍動数の減少、心電図 P-Q 間の延長、ひき蛙の頸、胸、腰、腹部への照射で心拍動数は増加し、心収縮力は強くなり、心筋弛緩期が短縮し、これらは数時間持続するそうです。血管は超音波が弱い場合には拡張し、強い場合には収縮しますが、これが1時間程は持続するようです。毛細血管の透過性は増しますが、強力な超音波では血管破綻を来すそうです。また、遠隔部の血管拡張ありとの報告も見られます。これらの反応の一時的な熱の影響と振動の影響以外に生物学的に有効な化学物質が二次的に生成・遊離されたことの裏付け実験もなされており、この化学物質のために比較的長い時間反応が持続しているとの観測もあります。

神経系に関するものでは、末梢体性神経系に関する報告が多いようです。神経伝導速度、麻痺、神経伝達物質分泌や疼痛についての報告があります。

臨床関係の報告では種々の疾患による疼痛症状を訴える患者に対して $1\text{W}/\text{cm}^2$ 前後の超音波を照射して痛みが変化したかどうかを調査し、高成績であったとの報告が国内外で多く見られますが、痛みの評価法が難しい（曖昧な？）ことから、普及していないのが現状です。ただし、私自身の体に超音波を照射して肩凝り感覚が大きく変化した体験から、治療法の一つとしてその有効性、危険性の有無とメカニズムをいま少し追いかけてみようと思っています。

参考文献

- 1.超音波工学（理論と実際）、川島正憲、工業調査会、1977
- 2.高周波の基礎と応用、高橋勘次郎、東京電気大学出版局、1991
- 3.超音波スペクトロスコーピー、御子柴宣夫・他、倍風館、1990
- 4.超音波技術、根岸勝雄・他、東京大学出版会、1989

(名古屋大学医学部助教授・保健学科理学療法学専攻)