

氏名	佐々木 和 郎
授与学位	博士（工学）
学位授与年月日	平成9年3月14日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第2項
最終学歴	昭和57年3月 筑波大学理療科教員養成施設臨床専攻課程修了
学位論文題目	鍼灸医学における筋肉の硬さ計測に関する研究
論文審査委員	東北大学教授 中鉢 憲賢 東北大学教授 曾根 敏夫 東北大学教授 星宮 望 東北大学教授 半田 康延 東北大学講師 田中 治雄 (医学系研究科)

論文内容要旨

第1章 序 論

WHOは人類の健康増進のため1979年、医療における鍼灸治療の普及と科学研究を行うよう各国に通達した。また、1995年にはWHO西太平洋事務局が中心になり鍼灸治療の臨床研究を行うためのガイドラインが作製された。このように東洋医学は現在、世界中で再認識され臨床研究・基礎研究が盛んに行われるようになってきている。

しかし、わが国では西洋医学に比べて十分普及していない。その理由として「治療や診断の殆どが施術者の感覚にゆだねられ、治療法の善し悪しが施術者の優劣に強く依存するようにみえる事。」等があげられる。西洋医学は治療法や診断法の客観性かなりの部分を補っている。このような観点から、東洋医学の医療や診断に“客観性”を持たすことができれば、信頼性がまし東洋医学のみでなく医学全般の発展への寄与は図り知れない。

研究の最初は筋緊張部を触診で確認し、鍼でその部位の緊張を取り除いた時の症状の変化を観察した。その結果、多くの疾患は筋緊張を取り除くことで症状が寛解することが解った。Wallenberg症候群の1例では西洋医学でめまいの回復が困難な症例に対し、後頸部の筋緊張を鍼で軟らかくすることで異常眼球運動が減少し、早期にめまい感の改善を経験した。耳鳴の患者では耳周囲の筋緊張部位を鍼で軟らかくする事で、耳鳴の大きさが変化する事を確認した。また、肩こり患者では筋緊張を鍼で軟らかくすることでこり感が軽快する事も解った。以上の治療の際、治療の基本は頸部、体幹部等の筋緊張を鍼で緩和する事である。そこで、鍼治療の効果を客観的に解明するため筋緊張を客観的に測定する事が必要と考えた。しかし、肩こり等のこりは筋電図で計測できず、新たな計測方法の開発が必要である。そこで、先に治療者の感覚から客観化することを考えた。なぜなら、鍼治療で経験を積んだ治療者は鍼刺入部位の1本の鍼を介し組織の緊張状態を感覚でき、その感覚に基づいて治療の日安・治療時間・鍼の深さなどを決定するからである。ここに現代医学が認識していない新たな計測方法と治療の分野がある。皮膚表面、骨の状態は計測方法が多いが、皮膚と骨との間の機能的な測定、特に筋の緊張状態をも含めた生体軟部組織系の粘弾性計測は測定方法が少ないためINVIVOでは未解明の状態である。東洋医学は診断・治療にこの部の情報を最も良く活用し生体軟部組織系を基本とした診断・治療体系を形成している。

以下、第2章で鍼灸師の客観化の方法を示し、第3章及び第4章ではそのために必要なセンサー及び駆動装置の開発について述べる。第5章でそれらを生体へ適用した例を示す。第6章は結論である。

第2章 鍼灸師の感覚認識の客観化

鍼灸医学の診断に重要な刺鍼抵抗感覚の客観的な評価が可能になれば鍼灸師の感覚差を調整できる。特に、鍼灸師の養成の段階から利用すればより効果的であると考えられる。そこで、新たな硬さ測定用試料の開発、官能検査法を使用した硬さ感覚、刺鍼感覚の測定を行った。

測定用試料としては生体軟部組織に近い硬度のシリコンゴムを開発した。本シリコンゴムは硬度調整が自由で、表面でのベタツキが少なく、経年変化による劣化も少ない。触診による硬さ感覚はシェッフエの一対比較の中屋変法を用い評価を行った。測定試料は3種類の硬さのシリコンゴムである。その結果、触診による硬さの感覚 \hat{a}_i は Asker F 硬度と有為な相関が観察された。次に、臨床経験1年以下の初診者群と2年以上の熟練者群を対象にオイルゼリー試料の微妙な硬度差を感覚できるかを検討した。その結果、両者には有意な差があり、臨床経験の長いものほど微妙な硬度差を判別できることを実験的に裏付けることができた。

刺鍼感覚も同じ検査法、同じ試料で評価した。振動する刺鍼の機械インピーダンス（放射インピーダンス）と経験豊富な鍼灸師による刺鍼抵抗感覚の官能検査による評価 \hat{a}_i 間の相関は高く、これにより、鍼の単位長さ当たりの機械インピーダンスの絶対値 $|Z|$ は経験豊富な治療師の刺鍼抵抗感覚の代用となる。即ち、鍼の単位長さ当たりの機械インピーダンスの絶対値によって刺鍼抵抗感覚の客観化は可能である。

第3章 硬さセンサーおよび鍼センサーの開発

硬さセンサーは触診との対応を考え、変位と圧力から計測を行う方法とした。さらに、手動でも精度良い測定が可能となるようにセンサー部とコンピュータをA/D変換機を介して結び圧センサーを押し込む時に一定スピードに入ったものだけサンプリングするプログラムを開発した。その結果、硬さセンサーと Asker F 硬度とは良く対応した。さらに、より正確な変位を実現するためにセンサーの押し込みを油圧で行う装置も開発した。

刺鍼抵抗感覚の客観化のため鍼センサーを開発した。その準備として筋収縮前・収縮後の鍼に加わる張力を観察した。筋収縮時では最大張力が100gw内に多く分布する。そこで200gwまでの間で小型で高感度の鍼センサーを開発した。小型で高感度とするため半導体ストレングージを使用している。しかし、試作I号の鍼センサーは幾つかの欠点が明らかになった。そこで、次の改善を行った。まず、温度に敏感すぎるのを防ぐため、半導体ストレングージをペーパーストレングージに変えた。ペーパーストレングージの感度の問題はなかった。次に鍼の曲げ方向の力による出力を打ち消すためストレングージを4枚組み合わせブリッジ回路の圧力センサーを使用し横方向のぶれを打ち消す鍼センサーII型を開発した。II型は鍼軸方向に多少の曲げが加わっても相殺され鍼軸方向に加わる力を精度よく測定可能であった。鍼センサーの開発により治療者の刺鍼抵抗感覚と試料・生体組織の刺鍼抵抗値を同時に測定できた。これにより治療者の感覚と刺鍼抵抗測定値の間に高い相関性があることが明らかになった。

第4章 鍼駆動装置の開発

本章では鍼を一定振幅、等速度で上下させる鍼駆動装置について述べる。この駆動装置と第3章で述べた鍼センサーを組み合わせ機械駆動式鍼レオメータを形成し刺鍼抵抗感覚を定量的に測定できることを示す。更に将来の臨床応用に向けての装置の小型化とより高精度の測定を考え、電磁バランス方式によるリニアモータ駆動方式鍼レオメータ（以下、電磁駆式鍼レオメータと略す）を新たに開発した。以上の装置を使用し第2章で述べたオイルゼリー及びシリコンゴム試料を対象として測定を行った。

機械駆動式鍼レオメータを用いO-41, O-51の試料の硬度差が測定できるかどうか測定し、十分判別可能であることがわかった。試料に刺入した鍼の刺鍼抵抗と鍼上下動の振幅の関係は2~3.5mmまではほぼ直線的に刺鍼抵抗が増加するが4mm以後は刺鍼抵抗の大きさが押さえられた形となり標準偏差も大きくなった。これは、鍼と試料との間に滑りが起きているためと考えられた。

刺鍼抵抗と刺入深度の関係は刺入深度が増すと鍼に加わる刺鍼抵抗も増加しその相関は0.99と高い相関を示した。この相関を利用し刺鍼部の鍼の振動が周波数一定、振幅一定の条件下では刺鍼方向の硬さ変化を測定できる事を硬度の異なる組合せ試料で証明した。これは皮下組織・浅層筋・深層筋の組織緊張度を的確に測定する方法として有用である。

次に、電磁駆動式鍼レオメータも開発した。電磁駆動式レオメータではより精度の高い刺鍼抵抗の測定が可能となっ

た。さらに、将来の臨床応用のためより小型の電磁駆動式鍼レオメータも新たに開発した。これにより鍼療時の計測ができるようになると現在まで感覚のみに頼ってきた鍼治療も生体の軟部組織系の粘弾性の計測を合わせた治療となり、個人の技術に左右されない、より客観的な鍼治療となる。

第5章 生体への応用

鍼治療で筋の弾性がどの様に変化するかを客観的に計測した報告はほとんど無い。本章では硬さセンサーによる測定例と鍼レオメータの人体組織への適用例を示す。

硬さセンサーでは前頸骨筋の筋収縮時に応力・押し込み距離曲線の傾きが増加し、筋の硬さが増していることを測定できた。また、筋硬結部、非硬結部の硬さの変化を測定できた。肩こりに対しては鍼刺激により筋緊張が改善する事を測定できた。

機械駆動式鍼レオメータを用い、橈側手根屈筋について刺鍼抵抗と筋緊張の関連について検討を行なった。筋収縮により生ずる力と刺鍼抵抗は相関関数 $r=0.985$ と高い相関性が観察された。この成績は鍼の臨床においても鍼レオメータは有効で、筋緊張を客観的に評価できることを示したものである。同時にこの関数はグリップをにぎり筋を緊張させて出した力と、その結果として筋肉が硬くなる度合いが比例関係にあることを示している。筋収縮により生じる力と、筋硬化の度合いの対応関係は漠然と正の相関があると思われていたが人体で測定したのは初めてのことと考えられる。また、鍼センサーII型を用い解診で観察した硬結部、非硬結部の刺鍼抵抗の測定を行ったところ、硬結部の方が刺鍼抵抗の上昇部位として観察することが出来た。さらに、電磁駆動式鍼レオメータにより刺鍼抵抗を測定し、前腕橈側手根屈筋筋緊張と呼吸の関係を観察した。呼吸と橈側手根屈筋筋腹のトーンスの変化は吸気開始から3～4秒後に刺鍼抵抗が3～5gw増加するという形で観察された。息こらえを行なわせると刺鍼抵抗は増加した状態で持続した。吸気後3～4秒後に刺鍼抵抗は元の値に回復した。呼吸により筋交感神経活動が変化し筋交感神経活動の変化が筋緊張に影響を及ぼすことは解っているが、人において呼吸による筋緊張の微妙な変化を計測することは筋電図を用いても困難である。しかし、電磁駆動レオメータでは測定することができた。これは、古来から言われてきた呼吸の補瀉つまり吸気時に刺激すると筋緊張が亢進しているため刺激が強くなり、吸気時に刺激すると筋緊張が緩和されるため穏やかな刺激になることを客観的に裏付けたものと考えられる。

第6章 結 論

以上、生体内部の粘弾性変化を測定できる新たな装置を開発し鍼灸医学の客観化を検討した。これにより、現代医学ではほとんど認識されていなかった現象を、生体の粘弾性測定の観点から新たに発展できる可能性がある事が解った。今回開発した硬さ測定システム、鍼レオメータは鍼灸医学にとどまらず広く生体軟部組織のレオロジー的特性解明の一手段として応用が可能であると思われる。

また、生体軟部組織の鍼によるせん断方向の歪みを測定している文献はほとんど無く参考にするべき論文が無いという現状である。その意味でも、鍼灸医学だけでなく将来の医用電子、生体工学の分野で応用が期待できるものとする。さらに研究が発展すれば今まで鍼施術者の感覚のみに頼っていた鍼治療もより客観的、定量的に行うことが可能となる。これは、鍼灸医学の科学的な発展のみならず、医学全体の進歩発展に大いに役立つものとする。

審査結果の要旨

近年、薬の副作用、慢性疾患の増加等で医学の新たな転換と補完が求められている。鍼灸治療は副作用が少なく、慢性病に有効なことが世界中で再確認され、WHO は人類の健康増進のため鍼灸治療の普及と科学的研究の推進を勧告している。著者はこの流れに沿い、鍼灸治療の客観化の研究を行ってきた。臨床の経験から、診断の基本である触診と刺鍼感覚の客観化が必要であると考え、しかも診断時の判断方法が音響工学的材料評価法と類似していることから、触診と刺鍼の2つの感覚に対応する測定系を設計・試作し、試料と生体でその有効性を確認した。本論文は、これらの成果をもとめたもので、全6章からなる。

第1章は序論で、本論文の概要と本研究をするに至った経過を、鍼灸治療の現状と共に述べている。

第2章では、鍼灸師の感覚の尺度化に関する研究について述べている。即ち、著者が鍼灸師の教育用に開発した生体軟部組織に近い硬さの試料を用いて、鍼灸師である判定者の触診及び刺鍼感覚を官能検査法を用いて尺度化し、それぞれの尺度は硬度計や第4章で述べる鍼駆動式レオメータの測定量と高い相関のあることを示している。これは感覚の客観化の可能性を示すもので、有用な成果である。

第3章では、触診と刺鍼感覚に対応した測定用のセンサーの開発について述べている。触診時には皮膚を指で押した時に生体から受ける反発力で判断することから、硬さセンサーは皮膚表面からの触子の押し込み距離測定用センサーと触子が受ける反発力を測定する圧力センサーとで構成した。刺鍼時には、鍼を押し込む際に受けるすべり応力で判断することから、鍼が受ける反発力を測定する鍼センサーを開発した。

第4章では、開発した鍼センサーを鍼灸治療時の手の動作に近い動きで上下動させる鍼駆動装置の開発について述べている。機械駆動装置の開発の後、小型で上下動の振幅と周波数を微調整できる電磁駆動装置を開発し、これらの駆動装置と鍼センサーを組み合わせ、鍼駆動式レオメータを構成した。これで測定精度が上がり、第2章の結果と合わせると、個人の技術によらない客観的な鍼治療が可能となる。これは境界領域における先進的な成果である。

第5章は生体での測定について述べている。まず、硬さセンサーについては筋緊張と筋硬結の測定を行い、更に肩こりの症状を測定し、こり部と他部の違いや治療による筋緊張の緩和などの識別に成功している。次に、鍼駆動式レオメータについて筋硬結の測定を行い、さらに、こぶしを握ることにより橈側手根屈筋の等尺性運動で筋収縮を起こし、筋の刺鍼感覚に対応する鍼の単位長当たりの機械インピーダンス Z を測定した。その結果、握力と Z 、即ち、筋の硬さの間には正の相関のあることを明らかにしている。又、この方法により、呼吸時の微妙な筋緊張度の変化の識別も可能であることが示されている。これらの関係を定量的に確認したのは本研究が初めてであり、新しい知見として高く評価できる。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、鍼灸医療における筋緊張度診断の客観化を目指し、触診および刺鍼感覚の代用となりうる硬さ測定センサーおよび鍼駆動式レオメータを開発し、その実用性を確認したものであり、計測工学及び医用電子工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。