

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 人間・環境学 )	氏名	長谷川 聡
論文題目	<b>CLINICAL APPLICATIONS OF ELECTRICAL MUSCLE STIMULATION</b> (骨格筋電気刺激の臨床応用)		
(論文内容の要旨)			
<p>骨格筋電気刺激は生体に対して様々な有用な効果を及ぼす。主に糖代謝促進効果、筋肥大効果、循環改善効果などが認められている。一方、筋萎縮や筋力低下は、整形外科分野だけでなく呼吸器疾患分野においても、身体予後やQOLに大きな影響を与え、臨床における重要な課題である。本学位申請論文は、我々の研究室の基礎研究をもとにして得られた電気刺激プロトコルを利用し、骨格筋電気刺激による筋肥大効果を、膝関節術後の運動制限により筋萎縮発生が余儀なくされる症例や呼吸困難のために運動が継続できない慢性閉塞性肺疾患、急性呼吸不全後の回復期など、さまざまな運動弱者を対象に検証することを目的とした。</p> <p>膝前十字靭帯術後早期患者および中等度から重症に分類される安定した慢性閉塞性肺疾患患者を対象とし、従来からスタンダードとされるトレーニングプログラムを実施するコントロール群 (CON群) と電気刺激トレーニングを含むトレーニングを実施する群 (EMS群) の2つのグループにランダムに振り分け、大腿部および下腿部筋厚や筋力をはじめとする様々な臨床効果を検証した。EMS群の刺激条件に関しては、周波数20Hz、パルス幅250 <math>\mu</math> secのexponential climbing pulseを採用した。duty cycle 5秒on 2秒offで耐えうる限りの強度 (74 - 118mA) にて20分間の刺激を週5回、4～6週間実施した。さらに、急性呼吸不全の治療戦略の1つとして位置づけられる早期呼吸リハビリテーションの新たなツールとして骨格筋電気刺激トレーニングシステムを導入し、その効果を検証した。</p> <p>まず、膝前十字靭帯再建術後患者に対しては、術後翌々日から骨格筋電気刺激トレーニングを週5日、4週間実施し、その効果を分析した結果、従来のトレーニングのみを行うCON群よりも術後早期の筋萎縮および筋力低下を有意に抑制する効果を認めた。また、術後3ヵ月後の中期的な経過においても術後早期に電気刺激トレーニングを導入したほうが膝伸展筋力の回復率は高かった。</p> <p>次に、慢性閉塞性肺疾患患者に対しては、週5日、6週間の骨格筋電気刺激トレーニングプログラムを導入し、従来の能動的トレーニングプログラムとの臨床効果を比較した結果、電気刺激トレーニングを導入した群において、より高い筋力増大効果、運動耐容能改善効果、日常生活動作能力の改善効果</p>			

を認めた。運動時の呼吸困難を主訴とする当疾患患者におけるQOLの改善および予後の改善を目的とした新たなリハビリテーションツールとして骨格筋電気刺激の有用性が示唆された。

近年では、急性呼吸不全患者の治療戦略の1つとして、呼吸リハビリテーションが実施され、それはポジショニング、気道管理、Early Mobilization（早期の運動）から構成される。長期臥床は呼吸機能にとって不利になることは勿論、全身の筋力低下や関節拘縮などの廃用性症候群、また精神機能の低下などを助長することになり、病態改善後の日常生活動作回復の遷延や身体機能面での予後不良にもつながる。したがって、循環動態に問題がなければ可及的早期にリハビリテーションの介入を進めるべきであるといわれている。しかしながら、呼吸不全患者の運動療法において、特に重症例では、運動による呼吸困難やdesaturationのために運動の実施自体が困難であることが多い。そこで申請者は、新たな試みとして、慢性閉塞性肺疾患急性増悪患者のステロイド治療減量時期より、骨格筋電気刺激トレーニングを導入し、従来のレジスタンストレーニングとの筋力や運動耐容能の改善効果を比較検証した。その結果、4週間の電気刺激トレーニングにより、膝伸展筋力が改善し、6分間歩行距離の延長を認めた。骨格筋電気刺激トレーニングの導入によって、治療戦略の1つであるEarly Mobilizationを患者にとってより安全に、より効果的に、そして、より楽に実現できることが示唆された。

各疾患での電気刺激トレーニングシステムの導入には若干の課題が残っているが、運動弱者に対するトレーニングツールとして広範囲の症例に応用できることが示唆された。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

運動は、糖尿病、肥満症や高血圧症など生活習慣病の病態改善や予防に重要な役割を担っており、「生活習慣改善」の大きな柱となっている。これまで行われた多くの研究によって、運動のなかでもとりわけ有酸素運動を日常的に行うことの医学的重要性が明らかにされてきた。しかしながら、超高齢化社会を迎えた今日、寝たきり患者や慢性的な運動不足者、体力の低下した人々、あるいは過度の肥満や整形外科的疾患などのために、運動を十分に行えない人々が多数存在する。

申請者は骨格筋電気刺激 (EMS) の手法を用い、運動に制限がある人々の他動的運動療法を確立し、臨床応用に繋げることを目的として一連の研究を行ったもので、国内外での研究はほとんどないのが現状である。

本博士学位申請論文は1) 膝前十字靭帯再建術後における術後早期骨格筋電気刺激トレーニングによる筋萎縮予防効果、2) 慢性閉塞性肺疾患患者に対する骨格筋電気刺激による筋力、運動耐容能、および日常生活動作能力の改善効果、3) 呼吸不全に対する筋電気刺激トレーニング併用の呼吸リハビリテーション効果に関する研究成果及び考察から構成されている。

第一の実験では、京都大学附属病院に入院した患者をランダムに2群に分け、EMSの効果を従来のリハビリテーションプログラムと比較検討した。実験では膝前十字靭帯再建術後患者に対して術後翌々日から骨格筋電気刺激トレーニングを実施するEMS群と従来型リハビリ施行群に4週間のトレーニングを行い、大腿部および下腿部筋厚や筋力をはじめとする様々な臨床効果を比較検証した。その結果、EMS群では、従来のトレーニングのみを行う群よりも統計学的に有意に筋萎縮および筋力低下を抑制する効果を認めた。また、術後3ヵ月後の中期的な経過においても術後早期に電気刺激トレーニングを導入したほうが膝伸展筋力の回復率は高かった。これらの知見は今後の膝前十字靭帯再建術後のリハビリテーションプログラムに画期的な影響を与える可能性を示唆しており、非常に高く評価できる。この研究成果は、日本整形外科学会でも高く評価されるとともに、国際電気生理運動学会の機関誌 (Journal of Electromyography and Kinesiology) に受理され、現在印刷中である。

第二の実験は、慢性閉塞性肺疾患患者に対して6週間の骨格筋電気刺激トレーニングプログラムを導入し、従来の能動的トレーニングプログラムとの臨床効果を比較検討したものである。その結果、骨格筋電気刺激トレーニングは、従来のリハビリテーションプログラムに比較して顕著な筋力増大、運動

耐容能改善、日常生活動作能力の改善効果をもたらすことを実験的に証明することができた。また、骨格筋電気刺激に伴う速筋線維の選択的動員によって生成された乳酸などによる末梢血管拡張と動静脈酸素較差の増大による呼吸循環への好影響により、運動時の呼吸困難を低減できる可能性も示唆された。本研究で得られた貴重な臨床応用結果から、骨格筋電気刺激の有用性が明らかになり、呼吸困難で運動リハビリテーションが難しい慢性閉塞性肺疾患患者におけるQOLの改善および予後の改善を目的とした新たなリハビリテーションツールとして利用される可能性が示唆され、日本呼吸ケアリハビリテーション学会で高い評価を受けている。

第三の実験は、呼吸不全患者に対するリハビリテーションの早期の運動リハビリテーション導入への骨格筋電気刺激の応用とその臨床効果を詳細に検討したものである。呼吸不全患者に対するリハビリテーションではコンディショニングと下肢の筋力トレーニングが重要なトレーニング内容となるが、運動時の呼吸困難のため、負荷の設定や継続性が問題となる。そこで、申請者は、新たなリハビリテーションツールとして、呼吸困難を出現させずに筋力および運動耐容能の改善を実現できる下肢筋に対する骨格筋電気刺激トレーニングを導入し、臨床応用が可能であることを明らかにした。その研究成果は、日本呼吸療法医学会誌 人工呼吸 (26(2): 42-49, 2009) に掲載され、すでに高い評価を受けている。

このように本博士学位申請論文は有酸素運動や筋トレーニングの遂行が難しい膝前十字靭帯再建術後の筋委縮の抑制、慢性閉塞性肺疾患及び呼吸不全患者への新たなリハビリテーションツールとしての骨格筋電気刺激の研究を精力的に行い、臨床応用への道を築いたもので、大変高い評価が与えられる。

これら一連の研究は、整形外科的疾患や呼吸器疾患の人々がどのような基本的機能を持つかを解明し、その人間が共同体をなして共生を目指す存在であることを究明する共生人間学専攻の目的にふさわしい内容を備えたものと言える。

よって、  
本学位申請論文は、博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また平成23年2月14日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日以降

