

氏名(本籍)	にし 西	やす 保	たけし 岳	(大阪府)
学位の種類	教育学博士			
学位記番号	博甲第496号			
学位授与年月日	昭和63年1月31日			
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当			
審査研究科	体育科学研究科			
学位論文題目	筋ポンプ作用に関する研究			
主査	筑波大学教授	医学博士	池上晴夫	
副査	筑波大学教授	医学博士	藤田紀盛	
副査	筑波大学助教授	医学博士	浅野勝己	
副査	筑波大学助教授		岩崎庸男	
副査	筑波大学助教授		藤田和弘	
副査	筑波大学助教授		長洲南海男	

論文の要旨

研究の目的

四肢の筋肉の収縮・弛緩を反復させると、静脈弁の働きとあいまってポンプ作用を発揮し、静脈還流を促進する。さらに収縮によって血液を押し返した後の弛緩期には筋肉内の静脈圧が低下するので、灌流圧が増大し筋血流量が増す。したがって筋の収縮・弛緩の反復は末梢循環の円滑化にも貢献している。

本研究の目的は、(1)筋ポンプ作用が、運動時の血液循環において果たす貢献度を定量的に評価すること、(2)筋ポンプ作用の特性を運動生理学的に検討すること、および(3)筋ポンプ作用の応用研究として筋収縮による起立性低血圧の予防法を開発することである。

方法

下半身陰圧負荷装置(LBNP)と運動を組み合わせた方法を採用した。LBNPは下半身からの静脈還流を減少させ、下肢運動による筋ポンプ作用は逆に静脈還流を促進させる。したがってLBNPのもたらす循環系の変化が運動によってどのように改善されるかを検討すれば、筋ポンプ作用の循環系に対する貢献度及び特性を評価できるものと考えた。

実験1：自転車運動時の筋ポンプ作用が全身の血液循環動態に及ぼす効果について、下肢血管の壁内外圧差と運動強度に着目して検討するために、LBNPと自転車運動を組み合わせた実験を

行い、左心室収縮時相、1回拍出量、心拍出量、及び血圧を測定した。

実験2：下肢血管の壁内外圧差や運動強度などの影響因子の面から全身運動時における筋ポンプ作用の特性を検討するために、LBNPと運動強度の各種組み合わせについて実験1と同様の実験を行った。

実験3：自転車運動開始時及び終了時における筋ポンプ作用の循環系に対するtransientな影響を検討するために、インピーダンスカルジオグラフによる微分波を連続的に測定し、加算平均法によって分析し、beat-by-beatに近い間隔で1回拍出量、心拍数、心拍出量、及び平均胸郭インピーダンスを算出した。

実験4：等尺性筋収縮による筋ポンプ作用について、収縮強度と下肢貯留血液量との相互関係に着目して検討するために、収縮強度とLBNPの強度を変数にして、下腿容積変化をラバーストレインゲージ・プレチスモグラフによって測定した。

実験5：等尺性筋収縮の筋収縮頻度に着目し、実験4の結果をもとに至適収縮強度を求め、その強度での反復収縮を種々の頻度で行い、その際の下腿容積変化を測定した。

実験6：下肢筋の等尺性筋収縮による起立性低血圧予防効果を検討するために、常温環境で立位安静を保ち、血圧が低下した時点で下肢の等尺性収縮運動を行い、血圧、左室収縮時相、心拍数等を測定した。

実験7：6の結果について、環境温の影響に関して検討した。すなわち環境制御室において室温が34℃、24℃、及び18℃の場合に6と同様の実験を行い、上記の項目に1回拍出量や心拍出量を加えて測定した。

結論

以上の実験結果について考察を加え、以下の結論を得た。

- (1). 100wattまでの軽い自転車運動による筋ポンプ作用には、 $-40\sim-50\text{mmHg}$ の強い強度のLBNPによって生じる静脈還流の障害を大きく改善する効果がある。
- (2). 自転車運動による筋ポンプ作用の特性として、次の2つが指摘された。
 - 1) 筋ポンプ作用は、100wattまでの軽い自転車運動で十分効果的に作用し、それ以上の強度では効果は頭打ちとなる。
 - 2) 運動強度が一定の場合には、筋ポンプ作用はLBNP強度が強い状態、すなわち下肢に多くの血液が貯留した状態でより効果的に作用する。
- (3). 自転車運動による筋ポンプ作用の効果は、運動開始とともに生じ、約30秒でプラトーに達し、運動を終了すると速やかに消失する。
- (4). 下肢筋の等尺性収縮による筋ポンプ作用は、20~40kgの筋収縮で最も効果的に働き、 $-40\sim-60\text{mmHg}$ のLBNPによって貯留した血液をほぼ完全に下腿から押し出すことができる。
- (5). 下肢筋の等尺性収縮による筋ポンプ作用の特性として次の2つが指摘された。
 - 1) 筋ポンプ作用には累積効果があり、1回の収縮よりも連続して数回行った方が明らかにその効果が増す。

- 2) 同一強度の筋収縮による筋ポンプ作用の効果は、20kg以上の筋収縮では下腿血液量が増すほど増大する。それ以下の強度の収縮では強いLBNPの作用には打ち勝てない。
- (6). 等尺性収縮による筋ポンプ作用の累積効果は、20kgの筋収縮の場合には5秒に1回の頻度で、40kgの場合には5秒～10秒に1回の頻度で最も大きくなる。
- (7). 下肢筋を等尺性に10秒に1回以上の頻度で反復収縮することによって、起立中の血圧低下を十分に防止することができる。
- (8). 7の効果は、18℃～34℃の環境下でも有効である。

以上のことから、運動時並びに起立時においては、下肢の筋ポンプ作用が全身の血液循環を円滑なものにするうえで、きわめて重要な役割を果たしていると結論された。

審 査 の 要 旨

本論文は、下肢筋の収縮に伴って生ずるポンプ作用の全身循環において果たす役割や、その作用の生理学的特性を明らかにしようとしたものである。

7つの実験を行い、その結果について考察し、結局、筋ポンプ作用が運動時並びに起立時に、全身の血液循環を円滑にする上で、きわめて重要な役割を果たしていることを立証し、またその筋ポンプ作用の特性を種々明らかにすることができた。

本論文の特徴として、次の諸点が指摘できる。

- (1) 筋ポンプ作用を量的に評価するために、下半身陰圧負荷(LBNP)と筋収縮という拮抗的作用を組み合わせた点は、方法上の特徴であり、研究目的を果たす上で有効な着想であった。このほかの方法上の特徴としては、胸郭インピーダンス波形に加算平均を施して雑音除去に成功した点、およびラバーストレインゲージに、水銀に替わる物質として、ガリウムとインジウムの合金を用いた点が挙げられる。
- (2) 筋ポンプ作用の効果を、等張性筋収縮と等尺性筋収縮について、収縮の強さや頻度に着目して、量的に評価することができた。また、筋ポンプ作用の効果は、比較的軽い運動で十分に発揮されること、強すぎるとかえって効果が減退するなどの所見は新しい知見である。
- (3) 筋ポンプ作用の応用的研究として、起立性低血圧の予防に、下肢筋の等尺性収縮がきわめて有効であることを明らかにし、かつそのための筋収縮の条件を明らかにした点は、実用的見地からみても意義の大きい成果である。
- (4) 実験の対象が主によく鍛錬された若い男子に限られていたことは、得られた結論を一般化する上での限界である。今後は、性、年齢、鍛錬度等に関してより広範な対象について実験を広げ、より普遍的な結論を導くことが望まれる。

以上により、本論文は対象の選定に若干の問題は指摘できるが、しかし研究方法の点でもまた成果の点でも、独創性に富み、体育科学の領域において学問的意義の高いものであり、博士論文として十分に評価できる論文である。

よって、著者は教育学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。