

令和元年6月21日現在

機関番号：32645

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01730

研究課題名(和文)片麻痺脳血管障害者の局所下肢運動時における循環調節の検証

研究課題名(英文)The circulatory adjustment in hemiplegia during limb exercise

研究代表者

長田 卓也 (OSADA, TAKUYA)

東京医科大学・医学部・講師

研究者番号：60297281

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：非麻痺側掌握運動中は、非麻痺側前腕屈筋群の筋酸素飽和度は運動開始とともに低下したが、反対に麻痺側前腕屈筋群の筋酸素飽和度は増加する傾向を示した。麻痺側上肢はブルンストロームステージ3を対象としているが、多くの対象者は随意的な運動に制限があり、非麻痺側上肢運動中に、随意的な運動はみられなかったにも関わらず、酸素動態が運動とともに上昇する傾向が認められた。この現象を証明するには、今後より多くのデータ検証が必要であるが、推論としては運動肢からの中枢性フィードバックを介した麻痺側上肢の骨格筋循環への影響の存在を示唆する所見であると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中後の中枢性障害は、その後の日常生活動作の制限のみならず、活動量の低下が長期臥床の要因となりうる。そのため、早期の機能回復へのアプローチは極めて重要な課題である。機能回復訓練は、不動・廃用の予防、座位の獲得等が初期介入の重要なポイントとなるが、より耐久性を向上するための上肢の等張性運動を含めた運動療法を併用することでより麻痺領域への循環動態への影響が引き起こされることが推測された。

研究成果の概要(英文)：Central disorder after the stroke may induce the hemiplegia with limitation of active daily living, furthermore occur the reduced physical activity. The role of early physical therapy and rehabilitation is to prevent the disuse, in addition upper and lower limb movement by the exercise therapy may be required for the stressor in the cardiovascular hemodynamics. In the present report, we determined that optimal muscle contraction intensity for non-hemiplegic forearm may be 10% of handgrip maximum voluntary contraction at a muscle contraction per 2 sec such as dynamic exercise for 3 min. The forearm muscle oxygenation in non-hemiplegic decreased during handgrip in non-hemiplegic site. However the muscle oxygenation in hemiplegic site may intend to increase with non-voluntary muscle contraction. It is speculated that the muscle contractions in non-hemiplegic forearm may possibility influence upon the activation of muscle circulation in hemiplegic forearm via central nervous feedback.

研究分野：運動生理学、リハビリテーション

キーワード：運動生理学 リハビリテーション 片麻痺 運動療法 掌握運動

1. 研究開始当初の背景

脳卒中運動麻痺に対するリハビリテーション(脳卒中ガイドラインによるエビデンス)は、起立-座位訓練や歩行訓練、伝統的な神経筋促通手技や関節可動域拡大の徒手法、あるいは経皮的電気刺激等の介入が主体である。これら治療法の効果は、運動器を主体とする機能障害回復よりも能力障害の改善、すなわち「歩行自立の改善度」や「日常生活動作の向上」等の全身遂行能力に重点を置いた判定に基づいており、「筋活動(運動療法)に伴う循環調節の適応・効果」について検証している報告が非常に少ない。この背景には、対象者の運動麻痺の重症度、発症前の身体活動習慣、生活習慣病の既往と薬物治療歴、介入の期間的限界等、更には片麻痺存在下で有酸素(全身)運動等を実施すること自体が困難であることなどが要因と考えられ、更には運動療法の効果を運動耐容能(体力循環指標:全身持久力指標 = 心拍出量と活動筋内酸素取込の積)として評価し難いといえる。しかしながら、歩行能力等の改善は骨格筋循環・代謝能における末梢レベルでの適応・調節あるいはモデリングによる代償反応が行われた結果であると推測され、仮説として非麻痺側肢からの代償機序(運動療法における残存機能の強化)が循環調節の上で麻痺側四肢の循環調節に影響を及ぼしていると考えられる。そこで本研究計画では、我々が先行研究で使用している四肢運動モデルを用いて「片麻痺脳血管疾患対象者」に応用し、理学療法の継続が非麻痺側肢一過性運動における骨格筋血流を中心とした筋循環調節(非麻痺側及び麻痺側肢)に与える影響についての基盤研究を行うこととした。

2. 研究の目的

片麻痺脳血管障害者の非麻痺肢の局所運動時における麻痺肢の循環調節の検証を目的とした。さらに、対象者の年齢層を考慮すると、より安全で対象者の多くが遂行できる運動モデルと計測が可能の検証を行うことを目的とした。

研究1)脳血管障害対象者の多様な障害像の中で、運動可能なモデル(等張性筋収縮及び等尺性筋収縮時)を検証するために骨格筋収縮及び弛緩のタイミングの相違が実際にどの程度、導管動脈の血流量の影響を与えるかを健常人において検証することを目的とした。加えて、片麻痺対象者の運動能力を考慮すると、至適な筋収縮の頻度を探索することも考慮した。

研究2)運動強度を設定する上で、より安全で簡易的な負荷方法を考案するために、張力が異なる6種類のゴムバンドの伸張負荷で得られる血流量の変化について検証を行うことを目的とした。

研究3)片麻痺対象者における非麻痺肢掌握運動時の麻痺肢の循環動態の変化について検討を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

研究参加に先立ち、研究の目的、危険性について被験者に十分周知した上で、研究に参加する旨の了承を得た。本研究は、本大学内倫理指針及びヘルシンキ宣言に基づき、十分な説明と同意のもとに行われた。

研究1) 等張性筋収縮及び等尺性筋収縮時(膝伸展運動)における血流動態の比較

a) 等張性筋収縮:1秒に1回の筋収縮の頻度にて漸増負荷(10, 20, 30及び40W)、あるいはb) 等尺性筋収縮:5秒間の持続性筋収縮後に5秒間の休止の頻度にて、漸増負荷(10%, 30%, 50%及び70% of MVC)に対する膝伸展運動を定常状態に至るまで継続した。測定項目として運動時の大腿動脈血流速度(超音波法)、血圧、筋張力あるいは最大筋力に対する相対的強度により計測した。

研究2) ゴムバンド負荷を使用した血流動態の変化

6種類の張力が異なるゴムバンド(Thera-band)を使用し、膝伸展運動時の四肢血流評価を試みた。

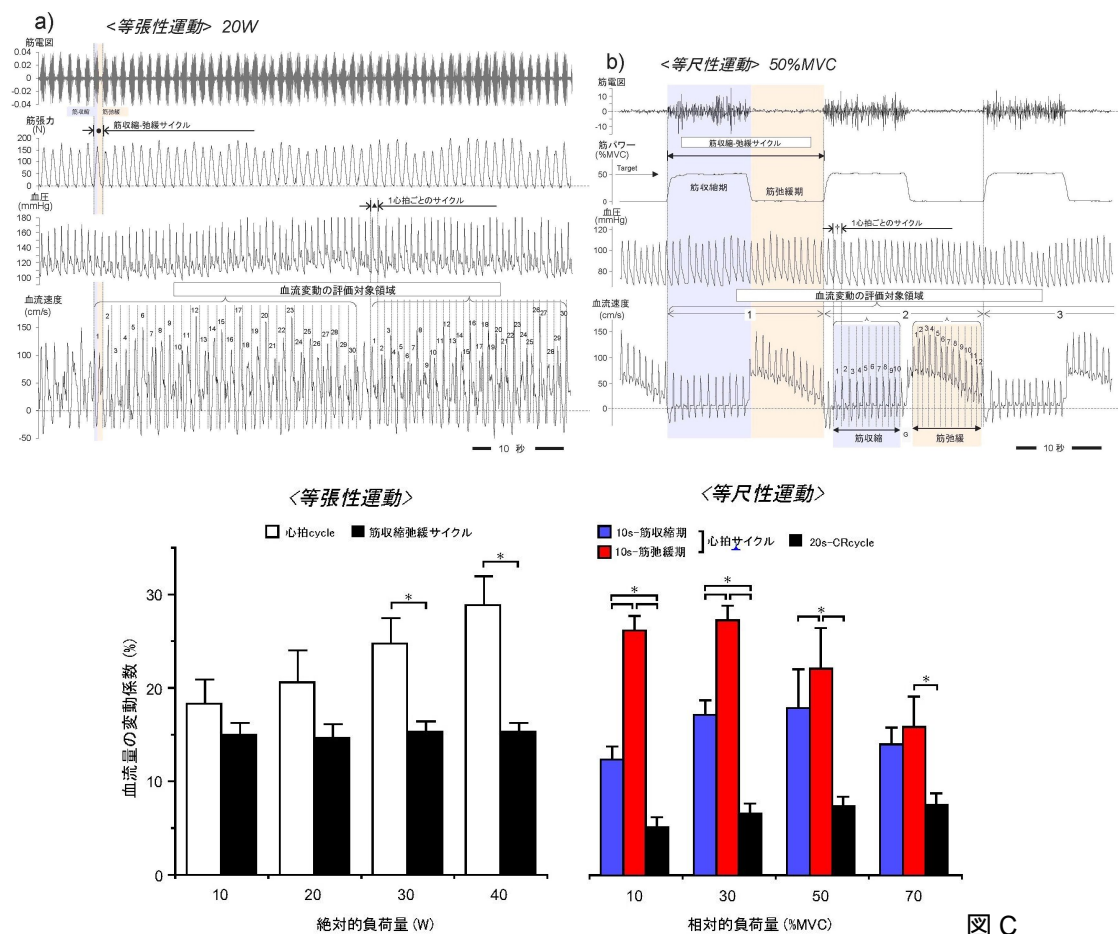
黄色(シン)、赤色(ミディアム)、緑色(ヘビー)、青色(エクストラヘビー)、黒色(スペシャルヘビー)、灰色(スーパーヘビー)の強度を持つ6種類のゴムバンドを使用し、膝伸展運動時の大腿動脈血流量を超音波法にて計測し、座位姿勢にて膝90度屈曲位から30度膝伸展位を可動域とし、2秒に1回の筋収縮頻度にて膝伸展動作を行った。各バンドにおいて3分間の膝伸展運動を行い、運動終了30秒前の血流量とゴムバンドの張力との関連性を検証した。

研究3)片麻痺対象者における非麻痺肢掌握運動時の麻痺上肢の循環動態の変化

片麻痺対象者(5名)において非麻痺側上肢の動的掌握運動時の前腕屈筋群及び対側の麻痺上肢の前腕屈筋群の酸素動態の変化を計測し、運動肢と麻痺肢における筋内酸素動態の関連性を検討した。Sub1は48歳(男性)多発性脳塞栓症、Sub2は62歳(男性)中大脳動脈塞栓症、Sub3は30歳(女性)内包後脚梗塞、Sub4は47歳(男性)皮質下出血そしてSub5は77歳(女性)出血性梗塞であり、それぞれ片麻痺を呈していた。非麻痺上肢の最大随意収縮力の10%に相当する強度で掌握運動エルゴメータを使用し、1回/2秒(1秒掌握-1秒開放)のリズムで3分間遂行した。血流動態として近赤外分光法による筋内酸素飽和度を両肢の前腕屈筋群において計測した。運動時の筋内酸素飽和度は安静時からの変化量として評価し、非麻痺肢と麻痺肢の両者の関連性を検討した。

4. 研究成果

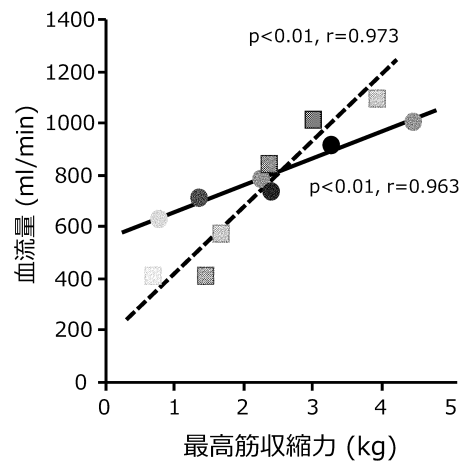
研究1)



1秒に1回の筋収縮リズムのような等張性運動は、負荷強度の上昇とともに心周期サイクルごとの血流変動は大きくなることが示唆され(図 C 左)、一方等尺性運動のように一回の筋収縮時間が長い運動形態では、筋弛緩期における血流変動が大きくなることが示唆された(図 C 右)。このように筋収縮形態の差異による運動強度別血流変動の分布を考察すると、いずれも筋収縮弛緩のサイクルに同期した血流変動は負荷強度に依存せず小さいことが検証された。これらの結果は、比較的高齢層の片

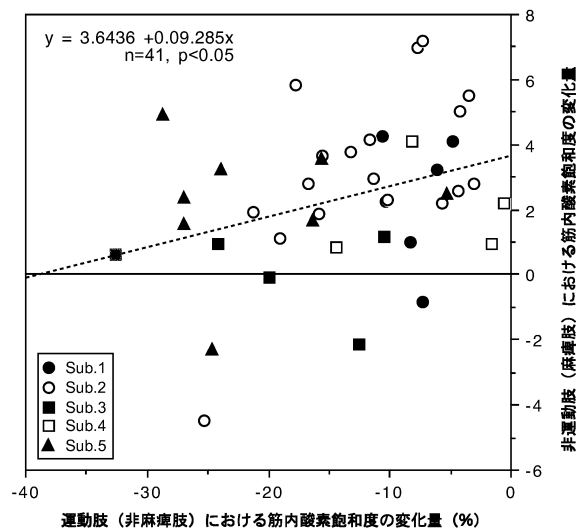
麻痺対象群への運動プロトコルは、加齢による潜在的な筋量低下や身体活動量の低下を考慮すると、運動強度が低く、かつ心周期血流の影響を受けにくい等張性運動を採用することが望ましいことが想定された。

研究2) ゴムバンド負荷を用いた下肢血流動態の比較



上記の結果は、ゴムバンドの張力に依存して定常状態での膝伸展運動時の下肢血流量は直線回帰に準じて増加することが検証され、運動時の強度設定では重錘などを使用した負荷設定よりも、比較的安全的なゴムバンドの伸張による運動強度設定にて十分な骨格筋循環へのストレスを与えることが可能であることが判明した。

研究3) 片麻痺対象者における非麻痺肢掌握運動時の麻痺肢の循環動態の変化



運動時の筋内酸素飽和度は安静時からの変化量として評価し、非麻痺肢と麻痺肢の両者の関連性を検討した。筋内酸素飽和度の計測は、リハビリテーション介入と併走して1回/日として実施しており、従って被験者内での複数回の計測値を含んでいる。例えば、Sub2では19回の計測を行う中で、同一負荷においてであるも筋内酸素動態の変動が大きいことが観察された。リハビリテーション介入とともに、片麻痺の回復過程の質的变化と運動時の筋内酸素動態の関連性を検討するには今後より多くのデータ検証が必要と思われた。しかしながら、対象者の計測総数で検討した結果では、運動時の非麻痺肢筋内酸素飽和度の安静時からの変化量が小さい時ほど、麻痺肢の筋内酸素の変化量が大きい傾向が認められた。この関連性については、健常人における動態についても比較検討を行う必要がある

も、一側肢の運動が対側肢に何らかの影響を及ぼしていること可能性が示唆される。

運動時末梢循環調節に関与するとされる遠心性神経活動は、セントラルコマンド・活動筋反射そして運動の時間や様式に大きく影響される。そのため、一側肢の運動が対側肢にどのような機序を経て影響しているかを明らかにするには容易ではない。しかしながら、先行研究による運動(活動筋)と非運動領域(非活動筋)への骨格筋循環動態の報告では、運動肢の血管拡張に反して非運動肢の血管収縮作用が生じると考えられている。しかしながら、このような現象は全身運動での強度に依存した非活動領域の血流減少を表しており、本研究での極めて低強度(最大随意収縮力の 10%)では、起こりにくい事が推測される。更に、筋内酸素飽和度の上昇は、筋内血管拡張、あるいは血流増加を潜在的に示していることから、中枢性障害による神経活動への何らかの代償機転である可能性も考えられる。

推論としては運動肢からの中枢性フィードバックを介した麻痺側上肢の骨格筋循環への影響の存在を示唆する所見であると考えられ、今後より詳細な検証が必要と思われる。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計 4 件)

1. **Osada T, Ishiyama M, Ueno R.** Time-course of thigh muscle contraction-induced blood flow magnitude in amputated lower limb with prosthesis during dynamic knee extensions: A case study. *Phys Ther Rehabil* 5: 21, 2018. 査読有
2. **Osada T, Ueno R, Rådegran G.** Magnitude of time-dependence of beat-to-beat muscle blood flow between isometric contraction and relaxation during repeated knee extensor exercise at incremental workload. *J Card Pulm Rehabil* 1: 119, 2017. 査読有
3. **Osada T, Rådegran G.** Difference in muscle blood flow fluctuations between dynamic and static thigh muscle contractions: How to evaluate exercise blood flow by Doppler ultrasound. *Phys Med Rehabil Res* 1(5): 1-7, 2016. 査読有
4. **Osada T, Mortensen SP, Rådegran G.** Mechanical compression during repeated sustained isometric muscle contractions and hyperemic recovery in healthy young males. *J Physiol Anthropol* 34: 36, 2015. 査読有

(学会発表)(計 4 件)

1. **長田 卓也, 上野 竜一.** TSB 式下腿義装着下における膝伸展運動時下肢血流評価を試みた一症例, 第 56 回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2019
2. **長田 卓也, 上野 竜一.** 下腿義足肢の膝伸展運動時血流動態評価を試みた 1 症例, 第 55 回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2018
3. **長長田 卓也, 上野 竜一.** 等張性と等尺性膝伸展運動中における運動時血流変動の検討, 第 54 回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2017
4. **長田 卓也, 吉田 麻貴, 上野 竜一.** 閉塞性動脈硬化症患者における運動下肢血行動態の検討, 第 53 回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2016

(図書)(計 0 件)

(産業財産権)

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名:村瀬 訓生
ローマ字氏名 Murase Norio
所属研究機関名:東京医科大学
部局名:医学部
職名:兼任准教授
研究者番号(8桁):10317894

研究分担者氏名:上野 竜一
ローマ字氏名:Ueno Ryuichi
所属研究機関名:東京医科大学
部局名:医学部
職名:臨床講師
研究者番号(8桁):20384951

研究分担者氏名:勝村 俊仁
ローマ字氏名:Katsumura Toshihito
所属研究機関名:東京医科大学
部局名:医学部
職名:名誉教授
研究者番号(8桁):80214352

(2)研究協力者

研究協力者氏名:
ローマ字氏名:

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。