

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：20101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01515

研究課題名(和文) 正弦波状運動負荷が心大血管疾患症例の呼吸循環動態に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effect of sinusoidal exercise load on respiratory and hemodynamics in patients with cardiovascular disease

研究代表者

根木 亨(Neki, Toru)

札幌医科大学・保健医療学部・助教

研究者番号：60457728

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、正弦波状負荷運動(SIN)と高強度間欠的負荷運動(HIT)の循環応答の違いを検討した。SINはHITよりも血圧、心拍数、酸化ストレスの上昇は有意に低値であったことから、SINはHITよりも血圧、心拍数の上昇を抑制しながら血管機能に対して有効である可能性が示唆された。一方、両運動様式で血中カテコラミン濃度の経時的な変化を比較検討したところ、ノルアドレナリン値はSINがHITより有意に低値であった。SINでの交感神経活動は、HITより抑制されることが示唆されたことから、運動様式間での交感神経活動の差は、最大運動強度にかかる時間やエネルギー基質を要因とする可能性が高いことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、高い運動強度と低い運動強度の有酸素性運動を交互に実施する高強度間欠的運動(HIT)が注目されている。HITは、有疾患患者の有酸素能力や血管内皮機能を改善させる。一方、高強度と低強度を交互に実施する運動として、正弦波状運動(SIN)がある。SINは、生体反応が正弦波状の運動強度の変化に対して追従する程度を評価するために用いられてきた。SINは正弦波状に運動強度が増減することから、HITと比較して、運動強度の変化に対してよりスムーズな生体反応の変化を引き起こすことから、有疾患患者に対するトレーニングとして臨床的に安全かつ効果的な運動処方にも有用であることが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the difference in circulatory responses between sinusoidal load exercise (SIN) and high-intensity intermittent load exercise (HIT). SIN had significantly lower increases in blood pressure, heart rate, and oxidative stress than HIT, suggesting that SIN may be more effective than HIT for vascular function while suppressing increases in blood pressure and heart rate. was suggested. On the other hand, when the changes in blood catecholamine levels over time were compared in both exercise modes, noradrenaline levels were significantly lower in SIN than in HIT. Since it was suggested that sympathetic nerve activity was suppressed in SIN more than in HIT, it is highly likely that the difference in sympathetic nerve activity between exercise modes is due to the time required to reach maximum exercise intensity and the energy substrate. It has been suggested.

研究分野：内部障害理学療法学

キーワード：正弦波状負荷運動 血流依存性血管拡張反応 酸化ストレス 交感神経活動 エネルギー基質

1. 研究開始当初の背景

トレッドミルや自転車エルゴメータなどを用いた運動における負荷のかけ方には、常に一定の負荷をかける定常負荷運動と、運動期と休止期を連続して行うインターバルトレーニング (IT) といった方法が用いられることが多い。Meyer らは IT の利点として、運動の持続時間が短いので心負荷が小さいこと、高強度の刺激が筋に与えられること、一定のトレーニング効果を持続的運動よりも短時間で得られることなどをあげている。しかし本当に筋の増強効果を生むような強度であるかは疑問が残されていた。高負荷の運動刺激は筋力増強効果があることは古くから認知されているが、最近では高強度運動を行うことは低負荷運動と同様に、骨格筋にも存在するたんぱく質である PGC-1 量を増加させ、結果的に血管新生やミトコンドリア生合成、また筋線維組成の変化に影響を与えることが報告されている。

近年、高強度運動の利点を得るために高強度インターバルトレーニング (HIT) という方法が用いられている。HIT と低強度定常負荷による持久力トレーニング (ET) を比較した研究では、HIT は ET と同様の骨格筋適応を引き起こし、有酸素性能力の改善により運動能力を向上させるとの結果がある。HIT の効果は、ET よりも短時間で引き起こすことができ、効率的であるともいえる。しかし HIT は運動期と休止期の負荷の変動が急であり、心疾患患者においては左心機能にかかる負荷が大きいと考えられる。

IT と同様に、運動中に負荷を変化させる運動形式に正弦波状負荷運動がある。これは運動負荷を正弦波のように緩徐に増減させるもので、従来から、その負荷に対する換気応答の追従性を観察する研究が行われてきた。この正弦波状負荷運動は負荷の増減が緩徐であるため、HIT より安全性を確保しつつ、定常負荷より効率的な運動が行えるのではないかと考える。正弦波状負荷運動には、1つの正弦波の時間を示す周期と、運動強度の変化幅を示す振幅がある。Casaburi ら (1977) の研究では、短い周期で大きい振幅の正弦波状負荷運動において、換気応答は正弦波状に変化するということを明らかにしている。また、同じ研究において、正弦波の周期が短いほど、最大運動強度が高くとも換気応答の上昇は抑制されることが報告されている。このように、呼吸応答は正弦波状負荷運動時において、周期の変化に応じて異なる経時的变化を示すことが報告されているが、循環応答の経時的变化に着目したものはない。

2. 研究の目的

正弦波状負荷は間欠的負荷と比較し、負荷変動が高強度に達するために程度は違いつつも筋力増強効果があるなどの点が同等であると考えられるが、負荷変化の過程が緩徐か急激かの点で異なる。過去を遡り、両者の負荷様式における循環応答の違いを比較した研究はない。仮説として、心疾患患者に運動療法を処方する際に、筋力・心肺機能向上を狙いつつ、より安全で低リスクな負荷様式として、負荷変化が緩やかな正弦波状負荷による運動処方が急激な循環応答の変動がないために、心負荷が間欠的負荷よりも少ないのではないかと考える。過剰な心負荷 (HR や SBP の上昇など) は心血管系イベント発生の促進因子となるために心疾患患者には可能な限り心負荷が抑制された運動療法が施されなければならない。

そこで本研究により正弦波状負荷と間欠的負荷における負荷様式の違いが循環応答や HR、SBP の変動に及ぼす影響を比較し、心疾患患者に総負荷量一定において最適な運動療法の負荷様式として正弦波状負荷が間欠的負荷よりも安全で低リスクにて推奨され

るか否かを検証する。

3．研究の方法

<対象>

健全な本学の男子学生 10 名とした。心疾患の既往がなく、また心肺機能に大きな障害を有していないことを条件とした。

<方法>

本研究はリカレント式エルゴメーターを用いて行った。回転数は Meyer らの方法に則り、60rpm を維持した。運動施行の際、呼気ガス分析装置を装着して各データを採集した。

1. 運動負荷試験運動負荷試験を行い、被験者の AT と V_{O2max} を算出した。運動負荷試験の際、ウォーミングアップ、クールダウンをそれぞれ 1 分間ずつ導入した。開始初期の強度は 90w から始め、1 分毎に負荷を 15w ずつあげた。時間経過・負荷が上がっていくことで、徐々に被験者の心肺、下肢の疲労感が大きくなることが予想された。それらにより運動の継続が困難となった場合、その時点で運動を終了した。算出した AT、 V_{O2max} を基に、正弦波状負荷と間欠的負荷を行って行く際の被験者個々の中等度強度、最大強度を決定した。

2. 正弦波状負荷、間欠的負荷による運動

1 より得られた結果をもとに、実際に正弦波負荷、間欠的負荷を行った。

<測定項目>

心負荷の指標となる HR、SBP・DBP や自律神経活動の指標となる HF、LF の他、本研究にとって必要であると考えられる呼気ガス分析装置によるデータ(V_{O2} 、VE など)を測定した。

4．研究成果

本研究では、総運動量、最大運動強度同一条件のもと、SIN と HIT の経時的な循環応答の変化の違いを検討した。SIN は HIT よりも経時的な変化による血圧、心拍数の上昇は有意に低値であった。このことから、SIN は HIT よりも血圧、心拍数の上昇を抑制しながら、運動が可能であることが示唆された。また有疾患患者への運動処方における至適強度条件として、負荷前後における活動筋に対する刺激量あるいは血管機能、HIT における酸化ストレスの変化にも着目する必要性から、SIN と HIT の 運動前後における血流依存性血管拡張反応(FMD)および酸化ストレスの変化を比較検討した。FMD の変化では差はないが、酸化ストレスでは SIN が HIT より低値であったことから、両運動様式では血管内皮機能に及ぼす影響は同様であるが、酸化ストレスでみた場合には SIN がより血管機能に対して有効である可能性が示唆された。一方、FMD や酸化ストレスの変化は、交感神経活動に依存することが先行研究より明らかであり、両運動様式で交感神経活動の程度に違いが生じることが予想された。そこで、血中カテコラミン濃度の経時的な変化を比較検討した結果、アドレナリン値は両運動様式で同様の变化であったが、ノルアドレナリン値は SIN が HIT より有意に低値であった。SIN での交感神経活動は、HIT より抑制されることが示唆された。こうした運動様式間での交感神経活動の差は、最大運動強度にかかる時間やエネルギー基質を要因とする可能性が高く、本研究における今後の検討方針として、エネルギー基質、特に両運動様式における骨格筋への糖取り込みの差が骨格筋血流や血管内皮機能にもたらす影響について引き続き検討したいと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 根木 亨
2. 発表標題 運動負荷様式の違いが血中ノルアドレナリン濃度に与える影響
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------