

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：34522

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870761

研究課題名(和文) 脊髄 運動ニューロンの興奮性は日内変動する

研究課題名(英文) Excitability of the spinal cord alpha motor neuron changes with the diurnal rhythm.

研究代表者

関 和俊 (SEKI, Kazutoshi)

流通科学大学・人間社会学部・准教授

研究者番号：30552210

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、日内変動に伴う自律神経系の亢進・抑制及び体温変化と運動単位の動員閾値との関わりを午前と午後で比較検討を行った。安静時に伴う自律神経系賦活化試験反応は、午前と午後の影響は観察されなかった。運動強度別の応答では、loop timeは運動なし・低強度条件において午前及び午後ともに変動はなかった。中強度条件(午前)のみ運動直後のloop timeに短縮が観察された。高強度条件においては午前及び午後ともに運動直後にloop timeの短縮が観察された。午前と午後の中強度運動後におけるloop timeの応答の差異は、体温の日内リズムが影響しているものと示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was investigated the correlation between increase and inhibition of autonomic nervous system and body temperature accompanied by diurnal variation and motor unit of recruitment threshold were compared in the morning (AM:9-10) and afternoon (PM:5-6). The test responses of autonomic nervous system activation accompanying rest were not observed effects in the AM and PM. In the response by exercise intensity, the loop time did not change in both AM and PM under no-exercise and low intensity exercise condition. The loop time of immediately after exercise was shortened as compared to the pre-exercise level only the medium intensity exercise condition at AM. In the high intensity exercise conditions, both in the AM and PM, the loop time were shorted immediately after exercise. It was suggested that the difference in the response of the loop time after medium intensity exercise at AM and PM influenced by the diurnal rhythm of body temperature.

研究分野：運動生理学

キーワード：H反射 日内変動 脊髄 運動ニューロン 潜時 体温 loop time

1. 研究開始当初の背景

ヒトの神経-筋系における日内リズムに関する報告によると、交感神経系が優位である時間帯は運動パフォーマンスが高いことが数多く報告されている。しかしながら、副交感神経系が優位である時間帯は力を発揮しやすいとの報告があり、夜間から早朝において膝蓋腱反射が亢進すること、Ascher の眼球圧迫による急激な副交感神経活動の亢進により運動単位の閾値が低下することが報告されている。日内変動(午前と午後)の生体応答に関する報告は、循環応答を中心とした報告が多く、神経-筋に関する報告は少なく、さらには統一した見解がないのが現状である。

これまでに我々は、神経-筋系の日内変動について検討を行った結果、運動単位の動員閾値の指標である H 波潜時の長さ(loop time)の変動は直腸温とミラーイメージの関係を報告した。この知見は、深夜から早朝にかけて脊髄レベルにおいて力発揮がしやすく、体温の高い午後は脊髄レベルにおいて速筋タイプの運動単位を動員しやすい状態を保っていることを示唆する。さらに我々は、午前中における随意運動に伴う副交感神経系活動の抑制及び体温上昇が運動単位の動員閾値を下げることを明らかにしている。また、上肢ハンドエルゴメーター運動後の下肢の loop time が運動前と比較し有意に短縮すること、その動態が運動強度に依存すること、運動後の loop time の動態は自律神経系活動の回復応答や体温変動に関連することを報告した。

以上のことから、自律神経系や体温が運動単位の動員閾値を修飾しているものと予測できる。そこで、自律神経系調節機能および体温と運動単位の動員閾値変化に関して、日内変動(午前 vs. 午後)に伴う変化を解明することは、日内変動によって変化する自律神経系調節や体温が運動単位の動員閾値を修飾する度合いが異なるのかを明らかにすることが可能となる。さらに、生体の持つ日内リズムが運動時における運動単位の動員閾値変化も調整しているのであれば、スポーツ場面での最適なウォーミングアップに関して提言ができるものと期待できる。

2. 研究の目的

本研究は、日内変動に伴う自律神経系の亢進・抑制および体温変化と運動単位の動員閾値との関わりを午前と午後で比較検討し、運動時に伴う運動単位の動員閾値を修飾する度合いが異なるのかを明らかにした。

3. 研究の方法

『自律神経賦活化試験に伴う運動単位の動員閾値に関する研究(安静実験)』

実験 1: 寒冷昇圧試験、実験 2: 顔面冷却刺

激に伴う H 反射の変動(午前 vs. 午後)

対象者は、健康な若年男性 6 名とし、実験 1・2 とともに全て同一対象者とした。測定項目は、H 反射(振幅、潜時)、心臓自律神経系調節、直腸温、ヒラメ筋皮膚温、血圧とした。H 反射は、伏臥姿勢にて右脚のヒラメ筋から誘発し、安静時の測定を行った。その後、それぞれ寒冷昇圧試験、顔面冷却刺激を行った。各試験は 2 分間とし、各測定項目は各試験中、試験終了直後、試験終了 2 分後まで測定を行った。実験時間は午前 9 時~10 時の午前条件、午後 5 時~6 時の午後条件の 2 条件を設定した。自律神経系は、日内変動、食事、前日の激しい運動など様々な因子によって変動するため、対象者には特定の制限を行った。データの再現性を確認するため、同一対象者にてデータ収集を 2 回行った。

『運動後の運動単位の動員閾値に関する研究(運動実験)』

実験 3: 低強度、実験 4: 中強度、実験 5: 高強度ハンドエルゴメーター運動後の H 波の振幅及び潜時の変動(午前 vs. 午後)

対象者は、健康な若年男性 6 名とした。測定項目は H 反射(振幅、潜時)、心臓自律神経系調節、直腸温、ヒラメ筋皮膚温とした。H 反射は、右脚のヒラメ筋から誘発した。測定方法は、伏臥姿勢での安静時の測定項目を測定した後、座位姿勢において、ハンドエルゴメーター運動を行わせた。実験条件は低(30% peakVO₂)強度・10 分間、中(60%peakVO₂)・10 分間、高(100%peakVO₂)強度・疲労困憊まで、運動なし・10 分間座位安静のコントロールの 4 条件とし、午前と午後の 2 回実施し、計 8 回の実験をランダムかつ別日に実験を行った。H 反射法を用いた随意運動における脊髄反射調節機構に関する先行研究は、被験筋及び運動時の主動筋が同一である。そのため、ハンドエルゴメーター運動時の主動筋を上肢とし、被験筋を下肢とした(図 1 参照)。このことから、被験筋

【ハンドエルゴメーター運動】

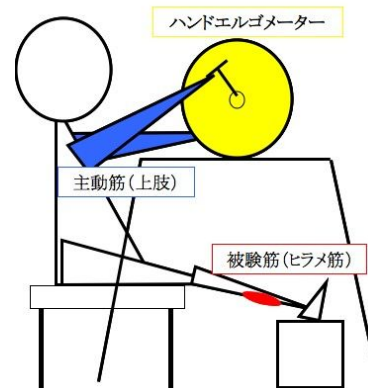


図 1. ハンドエルゴメーター運動イメージ

自体の筋疲労を除外することができ、電気刺激によって直接筋が収縮し誘発される M 波に影響を及ぼさない実験環境とした。運動時

に、被験筋であるヒラメ筋の筋活動が生じないように、オシロスコープ上でモニタリングした。対象者には運動終了直後に、伏臥位姿勢をとらせ、回復時間を40分間とし、各測定項目を5分毎に測定を行った。実験時間は午前9時～10時の午前条件、午後5時～6時の午後条件の2条件を設定した。対象者には、実験1・2と同様の制限を行わせた。

4. 研究成果

『実験1：寒冷昇圧試験（CPT）に伴うH反射変動（午前 vs. 午後）について』

CPTに伴い、両条件（午前および午後）ともに心拍数、心臓交感神経系調節および血圧は有意に高値（ $P < 0.05$ ）を示した。このことから、CPTによって交感神経活動を賦活することができたものと推測される。CPTに伴う運動単位の動員閾値の指標とした loop time（H波の positive peak time から M波の positive peak time の差）は、両条件間に有意な差は観察されなかった（図2）。振幅はCPT中に両条件ともに有意に増大（ $P < 0.05$ ）する結果が得られたが、両条件間には有意な変化は観察されなかった。

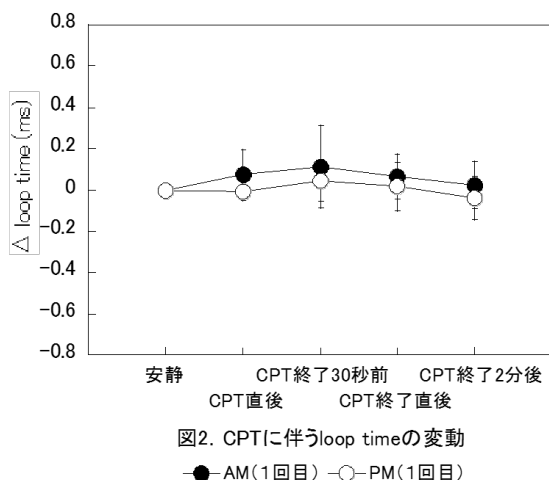


図2. CPTに伴うloop timeの変動
●-AM(1回目) ○-PM(1回目)

『実験2：顔面冷却刺激（CFT）に伴うH反射変動（午前 vs. 午後）について』

CFTに伴う血圧の変化は午前および午後において有意な差が観察されたものの、H反射変動（loop time、振幅）に関しては、両条件間に顕著な変化は観察されなかった（図3）。

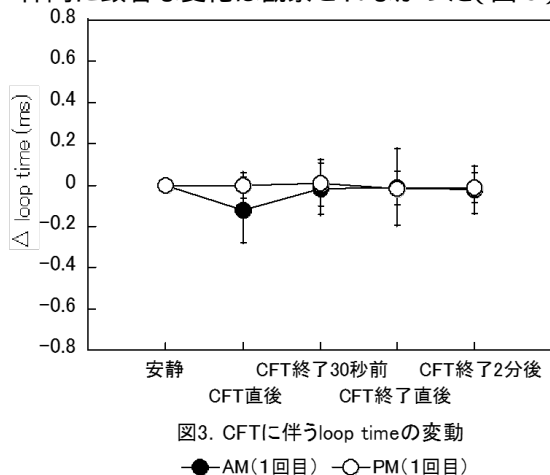


図3. CFTに伴うloop timeの変動
●-AM(1回目) ○-PM(1回目)

実験1・2から得られた知見としては、生体が持つ日内変動に伴う自律神経系活動の変化に加えて、自律神経系賦活化試験による自律神経系の変動に対するH反射の応答は午前と午後での違いは観察されなかった。また、データの再現性を確認したところ、結果は同一であった。さらに、安静時の運動単位の動員閾値に関する日差変動も検討を行い、比較的短期間であれば生活習慣（トレーニングなど）の影響を受けず、午前および午後ともに運動単位の動員閾値に関わる脊髄運動ニューロンの興奮性に差異が生じない可能性を示した。

『実験3：低強度、実験4：中強度、実験5：高強度ハンドエルゴメーター運動後のH波の振幅及び潜時の変動（午前 vs. 午後）』

いずれの対象者も心拍数および体温（口腔温、直腸温）は午前条件に比べて午後条件に有意に高値（ $P < 0.05$ ）を示し、日内リズムを有する者であった。対象者の安静時における日内変動、日差変動に伴う脊髄運動ニューロンの興奮性の指標であるH/M maxには差は観察されなかった。運動内容は上肢ハンドエルゴメーター運動とし、運動単位の動員閾値は下肢ヒラメ筋からH反射を伏臥位姿勢にて導出した。loop timeは、コントロール・低強度条件において、午前および午後条件ともに変動はなかった（図4）。

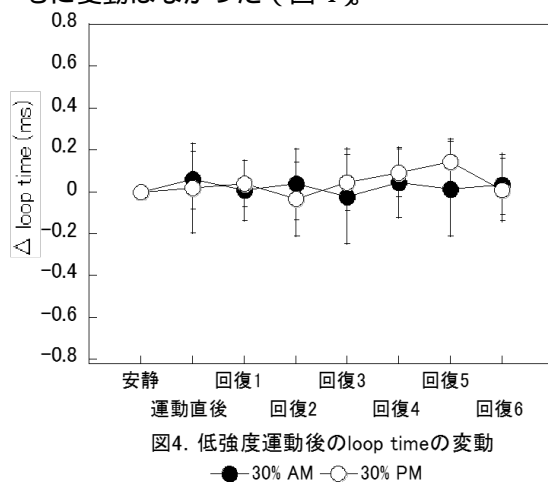


図4. 低強度運動後のloop timeの変動
●-30% AM ○-30% PM

中強度条件において、午前のみ loop time が運動直後に短縮が観察された。短縮は時間経過とともに安静レベルに戻った（図5）。高強度条件においては両時間ともに運動直後の loop time の短縮が観察され、その後安静レベルに戻った（図6）。午前と午後の中強度運動後における loop time の応答の差異は、体温の日内リズムが影響しているものと示唆された。高強度条件は疲労困憊運動であり、午前・午後の影響が相殺されたものと推察された。脊髄運動ニューロンの興奮性の指標であるH波振幅の変化に関しては、各運動強度条件および午前・午後における応答は一貫した応答は観察されなかった。このことは運動股（上肢）と評価股（下肢）が相違していることに起因しているものと推測された。

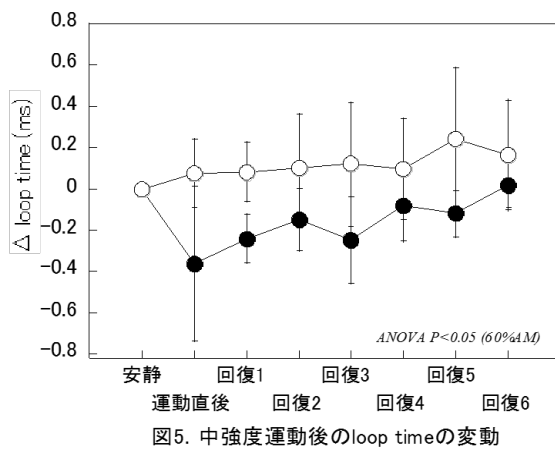


図5. 中強度運動後のloop timeの変動

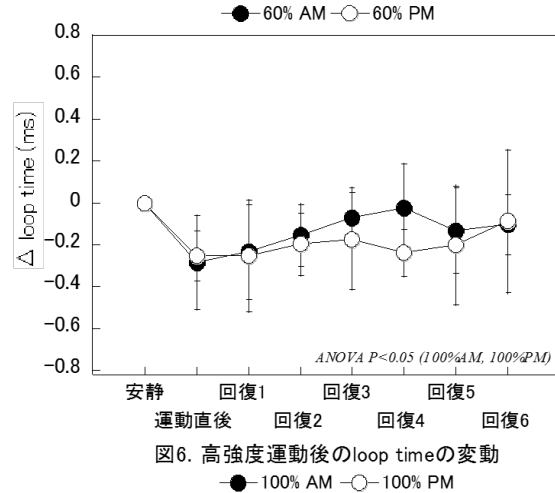


図6. 高強度運動後のloop timeの変動

以上の結果から、最適なウォーミングアップを考えた場合、体温が低い午前には十分な強度・時間を確保したウォーミングアップを、体温が高い午後には適度な強度・時間のウォーミングアップを実施することで、神経-筋系の応答を高めることに繋がるものと推察された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

関 和俊、北村 裕美、上田 真也、大島 秀武：高齢者の握力および棒反応時間における一側性・両側性機能低下について、流通科学大学論集（人間・社会・自然編）査読無、第 29 巻第 2 号、2017、117-122
<http://ci.nii.ac.jp/naid/40021089570/>

〔学会発表〕(計 3 件)

村田 めぐみ、山口 英峰、関 和俊、高原 皓全、斎藤 辰哉、小野寺 昇：月経周期における H 波振幅と足関節底屈最大筋力の関連性、第 78 回日本体力医学会中国・四国地方会、2016 年 11 月 19 日、山口大学（山口県山口市）。

高原 皓全、山口 英峰、関 和俊、村田 めぐみ、小野寺 昇：等尺性掌握運動時における上肢筋群の誘発筋電図 F 波および体性感覚誘発電位の変化、第 71 回日本体力医学会大会、2016 年 9 月 24 日、いわて県民情報交

流センター（岩手県盛岡市）。

関 和俊、高原 皓全、村田 めぐみ、山口 英峰、小野寺 昇：寒冷昇圧試験がヒラメ筋 H 反射に及ぼす影響-午前および午後の比較-、第 70 回日本体力医学会大会、2015 年 9 月 19 日、和歌山県民文化会館（和歌山県和歌山市）。

6. 研究組織

(1)研究代表者

関 和俊 (SEKI, Kazutoshi)

流通科学大学・人間社会学部・准教授

研究者番号：30552210