

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10963

研究課題名(和文) 立位時における循環系のゆらぎ現象、脳酸素化状態と実行機能の関係に関する検討

研究課題名(英文) Cardiovascular variability, cerebral oxygenation, and executive function during standing

研究代表者

曽根 涼子 (Sone, Ryoko)

山口大学・教育学部・教授

研究者番号：50271078

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：日常生活において立位で作業を行った場合の負の影響(作業効率の低下等)を減らすための貴重な情報を提供できるのではないかと考え、若年者を対象として、立ち続けた時の生理的応答を認知的作業パフォーマンスの変化とともに検討した。その結果、静かに約1時間立ち続けることで脳の鬱血が生じることが示唆された。また、認知的作業パフォーマンスは約1時間の立位時には維持されるが、交感神経の亢進や重心動揺の増大がその低下と関係している可能性があると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

座りすぎによる健康リスク低減のために立つ時間を増やす取り組みがされているが、認知的作業を行う場合ではその取り組みによってパフォーマンスを低下させないことも重要である。本研究の結果は、若年者において、立ったままで認知的作業(暗算)を約1時間行ってもパフォーマンスは維持されるが、交感神経の亢進や重心動揺の増大がパフォーマンスの低下と関係している可能性があることを示した。したがって、認知的作業パフォーマンスを維持しつつ立つ時間を増やすために、自律神経活動や重心動揺のモニターが役立つ可能性があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Examination of the physiological response when standing up, along with the corresponding changes in work performance, may provide valuable information regarding reducing the negative effects of standing up in daily life, such as decrease in work efficiency. In this study, it was suggested that standing quietly for about 1 hour causes cerebral congestion. Cognitive work performance was maintained in the standing position for about 1 hour, but it was considered that increased sympathetic nerve firing and sway of the center of gravity were associated with this decrease.

研究分野：運動生理学

キーワード：立位 認知的作業パフォーマンス 脳酸素化状態 血圧変動性 脈波間隔変動性 実行機能 重心動揺

1. 研究開始当初の背景

日常生活の中で座位行動が多いほど、全死亡リスクおよび心血管疾患死亡リスクと密接に関連していることが示されている。現在、座位行動が多いこと(座りすぎ)による健康リスクを低減するために、立ったままでデスクワークや会合をする等の取り組みがされているが、実際に立ったままで作業をすると、立位を継続することによる疲労の影響等で認知的作業パフォーマンスは座位の場合に比べて低くなることが示唆されている。

運動は、その後の血圧を一過性に低下するように働き、いわゆる運動後低血圧現象を生じる場合があり、そのような場合には起立性低血圧を生じやすいことが示唆されている。起立性低血圧は脳血流量の低下を伴い、易疲労感や倦怠感といった症状を示す。これらのことから、立位継続時の認知的作業パフォーマンスの変化には循環調節の変化が関係している可能性が考えられる。血圧や心拍数等の循環パラメータには元々、約 0.25 Hz や約 0.1 Hz (以下、10 秒リズム)等の周期的な変動(ゆらぎ)があるが、それらのうち 10 秒リズムは、交感神経が活性化した場合や、特に脳血流量が減少して酸素化レベルが低下した場合により顕著になる。また、10 秒リズムは起立負荷によって顕著になることも示されている。

以上のことから、立位の継続中に循環系のゆらぎ(10 秒リズム)がより顕著に見られる状況では脳の酸素化レベルが低下して疲労感が増大しており、認知的作業パフォーマンスの低下が認められるのではないだろうか。また、認知的作業パフォーマンスの低下には前頭前野が担う実行機能(思考や行動を制御する認知システム)の変化が関係している可能性があると考えられる。これらの仮説が正しいとすると、異なる環境温度間で比べると、皮膚への血流配分がより多い高温環境の方が立位の継続による静脈還流量の減少が起りやすいために循環系のゆらぎの増大や実行機能の低下は早まるのではないだろうか。また、実際的には、立位で過ごす時間を循環系のゆらぎが抑えられている範囲内にすれば、座位の間に立位を挿入しても認知的作業パフォーマンスを高く維持できるのではないだろうかと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、立位継続時において脳酸素化状態(近赤外分光法による)、循環系のゆらぎ現象、疲労感等の主観的感覚および実行機能[ストループ・カラー・ワードテスト(SCWT)(Stroop, 1935)による]の推移について環境温度の影響も合わせて検討し、認知的作業パフォーマンスを高く維持するための実際的な方法について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 男子学生 8 名を対象として、2 つの実験を日を変えて実施した。実験 1 では、椅座位(I)を 15 分間保った後に立位(II~V)を 1 時間保持した(立位条件)。その後、その場で左右へ体重を移動する運動を 3 分間行った後、再度、立位(VI)を 15 分間保った。最後に、椅座位(VII)を 15 分間保った。実験 2 は対照(座位)条件であり、椅座位を保ち続けた。両実験は、同一被験者については 8 時から 13 時の間の同じ時間帯に、実験室(温度:平均 28°C)で実施した。実験中は、左前頭前野部で近赤外分光(NIRS)パラメータを連続的に測定した(浜松ホトニクス社、NIRO-120)。Finometer MIDI(FMS 社)を用いて 15 分毎に 5 分間ずつ脈波間隔(PI)および血圧を 1 拍毎に測定し、実験後に変動係数(CV)を算出した。また、SCWT における干渉処理時間を 15 分毎に測定した。

(2) 被験者は健康な学生 7 名(男 4、女 3)であった。被験者は、水温を 30°Cあるいは 40°Cにした水循環スーツを着用し、椅座位を約 15 分間、引き続き立位を約 1 時間保持した。その間、15 分毎に 4 桁と 2 桁の減算による暗算作業パフォーマンス、SCWT、前頭前野部のヘモグロビン酸素化状態(近赤外分光法による)、重心動揺、皮膚温、眠気、疲労感、温冷感(1-9)を測定した。また、Finometer MIDI を用いて 15 分毎に数分間ずつ PI および血圧を 1 拍毎に測定した。2 つの温度条件における測定は、水循環スーツの水温を変えて 30 分間程度の慣らし期間を挟んで、同日に実施した。実験後に DADiSP(CAE ソリューションズ社)を用いて周波数解析を行い、低周波成分のパワー(LF:0.04~0.15 Hz)と高周波成分のパワー(HF:0.15~0.5 Hz)を求めた。

4. 研究成果

(1) 座位と立位条件を比べると、SCWT に対する前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度(O₂Hb)の応答、およびスループ干渉処理時間には全体を通して有意差はなかった。NIRS パラメータについて、SCWT 時以外の経時変化を座位と立位条件間で比べると、O₂Hb には有意差はなかったが、還元 Hb (HHb)および総 Hb (cHb)の濃度は立位条件の方が有意に高かった(図 1)。また、立位時に、時間経過に伴ってO₂Hbは変化しなかったが、HHbおよびcHbの濃度は上昇傾向を示した。脈拍数と平均血圧は立位時に有意に上昇したが、それらのCVは全体を通して有意に変化しなかった。疲労感は両実験で時間経過とともに上昇した。以上のことから、1時間の立位で実行機能や、循環系のゆらぎ現象(周波数による区別無し)は変化しないことが示唆された。しかし、座位に比べて、立位では、時間経過に伴い脳の鬱血が生じる傾向が示唆された。

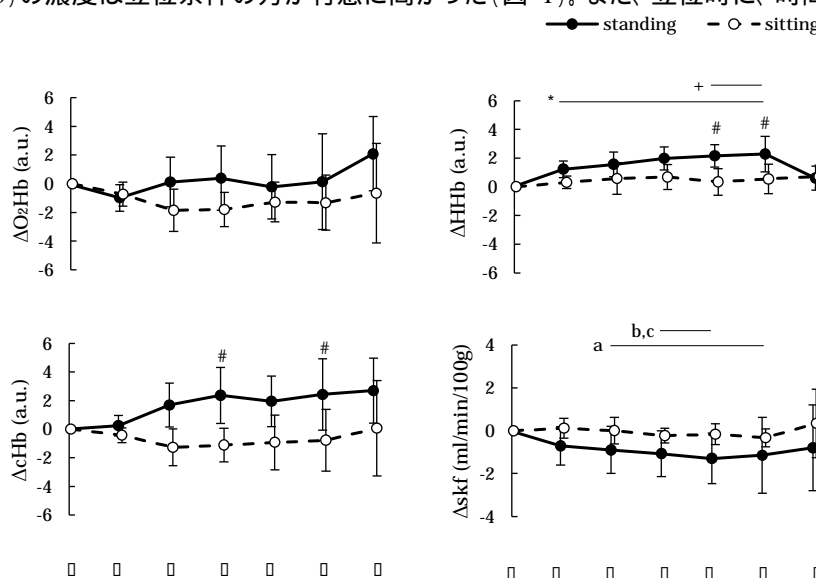


図 1 NIRS パラメータおよび皮膚血流量 (Skf) のベースライン (I) からの変化量の経時変化
 :standing vs. sitting (p<0.05)
 * and + : vs. I and VII, respectively (p<0.05), for the standing condition
 a, b, and c : vs. I, II, and V, respectively (p<0.05), for both conditions

(2) 1時間の立位後の運動によって前頭前野のO₂Hbが明らかに上昇した被験者が数名おり、彼らについては同時に循環パラメータのLFパワーが低下、およびスループ干渉処理時間が短縮する傾向があった。このことから、立位時の脳の酸素化状態、循環系のゆらぎ現象および実行機能は軽い運動で変化する可能性があることが考えられた。

(3) 30°C条件および40°C条件において、それぞれ平均皮膚温は34.2±0.6°C (SD) および35.1±0.2°C、温冷感は5.2±0.7(ふつう)および6.7±1.0(暖かい)であり、いずれも条件間の差は有意であった(p<0.05)。時間経過に伴う統計的有意差は、いずれの条件でも疲労感(時間の影響、p<0.05)に認められたが、暗算作業パフォーマンス、実行機能指標等の結果には認められなかった。以上のことから、「ふつう」から「暖かい」と感じる温度環境において立位で1時間程度過ごした場合、前頭前野の酸素化レベルに変化はなく、認知的作業パフォーマンスや実行機能は維持されることが示唆された。

(4) 30°C条件および40°C条件において、それぞれ立位時の暗算パフォーマンス(回答数)を従属変数(y)とし、O₂Hb、干渉率、眠気、循環パラメータのLFおよびHF、PIのLFとHFの比(交感神経活動の指標)、重心動揺指標(単位時間軌跡長、外周面積、矩形面積)を独立変数(x)として重回帰分析-変数増加法を行った(n=28、7名×4時点)。ただし、40°C条件についてはxとyの単相関係数(r)と重回帰係数の符号が違ったり、多重共線性が認められたりしたため、干渉率、単位時間軌跡長、矩形面積を除いて重回帰分析-変数増加法を行った。その結果、選択された変数は表1および表2のとおりであった。重回帰式の検定の結果は有意であり(p<0.05)、自由度修正済み決定係数(R²)は30°C条件が0.62および40°C条件が0.45であった。選択された変数のうち、30°C条件の単位時間軌跡長(r=0.526)、40°C条件のPI-LF/HF(r=-0.408)と外周面積(r=-0.551)についてはxとyの単相関係数についても有意であった(p<0.05)。したがって、立位時の暗算パフォーマンスは交感神経活動や重心動揺と関係があることが示唆された。そのため、それらの変化をモニター等することは、認知的作業パフォーマンスを維持しな

表1.30 条件における重回帰分析の結果

| | 偏回帰係数 | 標準偏回帰係数 |
|----------|--------|---------|
| 定数 | 194.19 | |
| O2Hb | 4.27 | 0.57 |
| 眠気 | -1.2 | -0.26 |
| PI-LF/HF | -6.17 | -0.31 |
| SBP-LF | 3.47 | 0.41 |
| 単位時間軌跡長 | -11.2 | -0.75 |

自由度修正済みR²=0.62 p<0.05

表2.40 条件における重回帰分析の結果

| | 偏回帰係数 | 標準偏回帰係数 |
|----------|--------|---------|
| 定数 | 100.61 | |
| PI-LF | 0.05 | 0.37 |
| PI-LF/HF | -5.62 | -0.48 |
| 外周面積 | -0.06 | -0.56 |

自由度修正済みR²=0.45 p<0.05

がら日常生活の中に立位を取り入れるための一つの方法になるのではないかと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 曽根涼子、小畑忠敬、高木大希、山崎文夫、丹信介 |
| 2. 発表標題 立位保持時における循環動態と重心動揺についての検討 |
| 3. 学会等名 第74回日本体力医学大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 曽根涼子、高木大希、小畑忠敬、丹信介、山崎文夫 |
| 2. 発表標題 立位保持時における脳酸素化動態と実行機能の推移に関する検討 |
| 3. 学会等名 第73回日本体力医学大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 曽根涼子、丹信介、山崎文夫 |
| 2. 発表標題 中性温および温暖条件下における立位時の認知的作業パフォーマンスおよび実行機能 に関する検討 |
| 3. 学会等名 第75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 |
|-------|--|-------------------------------------|----|
| 連携研究者 | 丹 信介 (Tan Nobusuke) (00179920) | 山口大学・教育学部・教授 (15501) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 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 |
|-------|---|---|----|
| 連携研究者 | 山崎 文夫 (Yamazaki Fumio) (80269050) | 山口県立大学・看護栄養学部・教授 (25502) | |

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 |
|---------|---------|
| | |