

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011 ～ 2012

課題番号：23650321

研究課題名（和文）

薄暗い視覚環境下での姿勢調節機構の低下の解析と臨床評価指標の開発

研究課題名（英文）

The effect of postural control under the dim condition and its application to development of new clinical measure

研究代表者

内山 靖 (UCHIYAMA YASUSHI)

名古屋大学・医学系研究科（保健）・教授

研究者番号：90302489

研究成果の概要（和文）：薄暗い視覚環境下では、明所と比較して姿勢調節機構が低下しており、むしろ閉眼時よりも姿勢調節の緻密さが低下していた。また、視認性が低下しているにもかかわらず、明所と類似した歩行戦略を選択していることが明らかとなった。本研究から、薄暗い環境では姿勢調節にかかわる情報処理過程が複雑であるために機能不全が顕在化しやすく、これらの点から臨床評価指標を開発することの妥当性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to clarify the effect of postural control under the dim condition including dark and light adaptation. The present study suggests that dim condition decrease the stability of postural control even compared eye closed condition.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,100,000	330,000	1,430,000

研究分野：平衡神経科学

科研費の分科・細目：人間医工学 リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：姿勢調節、照度環境、理学療法、前庭刺激

1. 研究開始当初の背景

転倒は、多岐の要因によって生じる。これまで姿勢調節機構を低下する因子として、内的要因と外的要因とに大別され多くのリスク因子が抽出されてきた。近年、認知課題を付加するなど情報処理過程に負荷を与えることで、姿勢調節機構の不全状態が顕在化することが報告されている。なかでも、視覚的な流動刺激や視覚認知課題ではステップング反応を含めた姿勢制御に影響を与えることが明らかとなっている。また、転倒が生じやすい状況として、覚醒・注意が十分でないことに加えて、照度環境が影響していることも指摘されている。

ヒトの姿勢調節には、視覚が重要な役割を

果たし、閉眼による身体動揺の顕著な増加はロンベルグ現象として知られている。視覚情報が遮断された際には、体性と前庭の感覚で姿勢を調節するが、高齢者や有病者では末梢神経の変性等によってこれらの感覚も低下しやすい。このような状況では、視覚情報が優位に姿勢調節を行うことになるが、高齢者では白内障等によって視覚機能も低下し、正確な視覚情報が提供されないために身体制御における内乱もしくは外乱刺激となって情報処理の過程の難度が増加しやすい。

薄暗い環境下では、障害物や段差の視認性が低下して形状や距離感の認知が不正確となり、躓きや転倒に結びつきやすい。一方で、視覚情報を用いた脳内の情報処理過程には

負荷が高まり、反応時間の遅れや誤りが生じる確率が高まる可能性がある。これらのことから、薄暗い視覚環境下での姿勢調節機構の情報処理過程の特性を明らかにし、適切な臨床評価指標を開発するとともに、治療・介入の方法を提案することは重要な課題である。

これまで、薄暗い視覚環境下での姿勢調節の定量的解析や歩行時の戦略や順応についての検討は十分にはなされていない。

2. 研究の目的

薄暗い視覚環境下での静的姿勢保持、平地歩行、障害物を跨ぐ際の歩行戦略を比較することで、姿勢調節機構に視覚環境が及ぼす影響を検証することができる。また、日常生活での転倒は、薄暗い視覚環境に加えて、方向転換や振り向きなどの前庭感覚が刺激された動作で生じやすいことから、前庭刺激に対する姿勢調節機構を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、薄暗い視覚環境下での姿勢調節機構の低下を定量的に分析し、臨床評価指標を開発するための基礎資料を得るために、(1) 照度の違いによる静的姿勢保持(直接立位)ならびに段差昇降時の姿勢制御について、①照度の違いが身体動揺に与える影響と②徐々に照度を落とした場合と上げた場合による明暗順応を含めた適応過程について明らかにする、(2) 照度の違いによる平地歩行ならびに障害物を跨ぐ際の歩行戦略の違いについて明らかにする、(3) 自動的ならびに他動的な頭部回旋刺激を与えた際のの前庭刺激と視覚情報との影響について明らかにする、ことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ①健常成人を対象に、500lx から 0lx までの段階的な視覚環境条件下で、直立立位時の身体動揺(アニマ社製ツイングラビコーダーG-6100)を計測した。サンプリング周期は50ミリ秒として、各条件で60秒間の計測を行った。また、段差昇降時の接面直後の姿勢制御について記録した。

②健常成人を対象に、500lx から 0lx までの照度を、徐々に照度を落とした場合と上げた場合の身体動揺を連続的に記録した。

(2) 健常成人を対象に、10mの歩行路を異なる視覚環境条件下で歩いた際の、歩幅と歩行時間を計測し、歩行率を算出した。障害物を設置した際の歩行戦略の反応を障害物がない場合と比較した。

(3) 健常成人ならびに健常高齢者を対象とした。ステッピングモーターを用いて自作した回転刺激装置を用いて前庭刺激を与えた。開閉眼での自動的及び他動的な運動時の身体動揺(アニマ社製ツイングラビコーダーG-6100)を計測した。

4. 研究成果

(1) ①500lx と 50lx では緻密な姿勢制御がなされていたが、5lx 以下になると姿勢制御機構の低下が有意に観察された。また、1lx では、閉眼時と比較して姿勢制御の緻密さを示す単位面積軌跡長が有意に減少していた。段差昇降においては、昇段動作では視覚環境による違いはみられなかったが、降段動作においては薄暗い視覚環境下では前後方向への身体動揺が有意に増加した。

これらのことから、健常成人の静的姿勢保持においても薄暗い視覚環境下では、姿勢調節における微細さが損なわれていることが明らかとなった。むしろ、閉眼では脊髄固有反射が賦活されて安定化を図ろうとする機構が働くのに対し、薄暗い視覚環境では視認性の低い視覚情報によって情報処理をする過程の不全が顕在化する可能性が示唆された。また、降段動作では昇段動作に比較して圧中心位置を複雑に制御する必要があることから、視覚情報が姿勢制御に重要な役割を果たしていることが示された。

②視覚環境条件の時間的な変化に伴う適応過程については、徐々に明るくしていく条件では照度間で差はみられなかったが、徐々に暗くしている条件では1lxの時点で姿勢制御の低下が有意となり、その後の閉眼条件では逆に回復した。

このことは、明順応が比較的短時間で生じるのに対して暗順応には時間が要することに加えて、徐々に暗くするような環境では視認性が低下しても視覚情報に依存する情報処理過程を選択し続けている可能性が示唆された。ここで得られた結果は、夕暮れから夜間にかけて転倒事故が多い生理学的な一要因を説明できる可能性がある。

(2) 明るい視覚環境下では、障害物の1歩前で歩幅を大きくすることで跨ぎ動作を行っていた。暗い環境下では3歩前から歩幅を減少させ、1歩前で歩幅を大きく増加させることで対応していた。薄暗い視覚環境下では、暗所条件と同様に1歩前から歩幅を増加させ、その増加の程度は名所に比べて大きかった。なお、歩行率は、明るい条件に比して、薄暗い、暗い視覚環境下では有意に低下していた。

このことは、薄暗い環境下では視認性が低下しているにもかかわらず明所に準じた歩行戦略を選択しており、躓きや転倒のリスクに結びつく可能性がうかがえた。ことに、歩行率を低下して歩幅を増加させる歩行では随意的な姿勢調節が必要となり、不安定な状態を惹起しやすい状況になると考えられる。

(3) 健常成人では、自動的回旋刺激に比較して、他動的な回旋刺激で姿勢調節機構が低下していた。また、開眼時には回旋刺激終了後の身体動揺は有意に増加したが、閉眼時では刺激後には身体動揺は速やかに刺激前の状

態に戻っていた。健常高齢者では、健常成人とは逆に、自動的回旋刺激によって姿勢調節機構の低下が顕著となった。また、健常高齢者では回旋刺激終了後の30秒間は姿勢調節の緻密さが低下した状態が継続していた。

これらのことから、健常成人では他動的回旋による前庭刺激は外乱となり、視覚情報によって回旋刺激後の情報処理の過程で一時的に身体動揺が増大していることが示された。加齢によって、自動的な頭部回旋運動による前庭刺激が内乱となって自らの姿勢調節機構を低下させることは、日常生活上での振り向き動作等でバランスを崩したり転倒をすることが多いとする報告を説明し得る結果と考えられる。

以上のことから、薄暗い視覚環境下では、健常成人においても姿勢制御機構の低下が明らかで、静的姿勢保持、平地歩行、段差昇降のいずれにおいても安定性が低下していた。安定性の低下は、緻密な姿勢調節機構の低下、前後方向への身体動揺の増加、刺激や運動後の動揺の持続によって定量化できた。

比較的短時間に段階的に照度を低下させるような視覚環境下では、暗順応が成立しないことに加えて、視認性が低下しているにも関わらず明るい環境下と同様の姿勢戦略を選択するため、合理的な視覚入力に基づいた情報処理過程が十分に制御しきれていない可能性が示唆された。

これらの結果は、高齢者や有病者を対象にした臨床的な評価指標の開発に具体的なインパクトを与えている。視覚環境の変化と姿勢調節機構の選択に注目して評価と介入プログラムを開発していくことは、これまでの理学療法に新たな視点を加えることにもつながる。周囲の環境に対する適応を拡げる文脈の中で、視覚環境をいかに認識して調整していくかは課題志向型アプローチに組み込むことができる視点でもある。

加齢に伴い白内障などによって視覚機能は低下し、さらに脳卒中などでは視野の制限や狭窄ならびに眼球運動障害によって視覚情報を効果的に取り込みにくい状態にある。また、麻痺や頭頸部の関節可動域の制限も姿勢調節機構を低下する因子として加わる場合がある。さらに、前庭機能の低下や下肢の体性感覚の障害によって、臨床的な姿勢調節障害は複雑な多要因で形成される。

今後は、さらに視覚的な入力が制限される薄暗い視覚環境下での、姿勢調節機構の低下にかかわる筋活動の定量的分析や各種のパフォーマンステストとの比較を加えて、併せて脳内の情報処理機構を具体的に示す指標との検証が必要になる。

現在、これまでの成果をもとに複数の論文を投稿・作成中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 3件)

(1) 堀真里南、杉浦由香里、上村一貴、春田みどり、高橋秀平、東口大樹、長谷川隆史、内山靖：照度変化が障害物回避時の歩行戦略に及ぼす影響、第48回日本理学療法学会、2013年5月26日、於 愛知

(2) 杉浦由香里、堀真里南、上村一貴、春田みどり、高橋秀平、東口大樹、大矢敏久、内山靖：頸部固定および予告の有無が振り向き動作時の姿勢制御に与える影響、第48回日本理学療法学会、2013年5月25日、於 愛知

(3) 上村一貴、大矢敏久、東口大樹、高橋秀平、土井剛彦、牧迫飛雄馬、島田裕之、内山靖：軽度認知障害高齢者では選択的注意課題に対するステップ反応分析で転倒リスクが顕在化する、第48回日本理学療法学会、2013年5月24日、於 愛知

〔図書〕(計 1件)

内山靖：姿勢調節障害の理学療法2版、医歯薬出版株式会社、2012年、全508頁

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内山 靖 (UCHIYAMA YASUSHI)
名古屋大学・医学系研究科 (保健)・教授
研究者番号 : 90302489

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし