



若年者および高齢者における歩行中の障害物跨ぎ動作の視覚運動制御

国宗, 翔

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2019-03-25

(Date of Publication)

2021-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7377号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007377>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式4)

論文内容の要旨

氏名 国宗 翔
専攻 人間発達専攻 からだ系
指導教員氏名 岡田 修一教授

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

若年者および高齢者における歩行中の障害物跨ぎ動作の視覚運動制御

論文要旨

人間が日常生活を行う上で、障害物を跨ぐ動作は繰り返し行われる適応行動の一つである。高齢化が進行する中、高齢者の転倒事故は増加しており、その状況として「躓き」が最も多い。また、障害物跨ぎ動作において、視覚が非常に重要な役割を担っている。したがって、障害物跨ぎ動作の視覚運動制御を明らかにすることは人間の日常行動の理解を深め、高齢者の転倒予防への活用が期待できる。

障害物跨ぎ動作においてはToe Clearance (TC) の確保が最も重要とされている。しかし、十分なTCを確保するためには姿勢が安定していることが前提である。現在、若年者における障害物跨ぎ動作の視覚運動制御についての報告は散見されるが、高齢者を対象とした報告は見当たらない。

したがって、本論文ではまず高齢者の障害物跨ぎ動作におけるTCの調節について、障害物を視覚認知する距離を検討すること(研究課題1-1)および下方視野が担う役割を検討すること(研究課題1-2)を目的とした。次に、若年者と高齢者のLead limbとTrail limbの運動の関係性を明らかにし、Trail limbの運動制御を検討することを目的とした(研究課題1-3)。また、障害物跨ぎ動作は急激に側方への動揺が生じる動作であるが、動作中の姿勢安定性に対する視覚の貢献を実験的に明らかにした研究は見当たらない。よって障害物への接近、Lead limbとTrail limbの跨ぎ越えという一連の動作を歩行中の障害物跨ぎ動作として、側方の姿勢安定性について検討し(研究課題2-1)、それに対する視野の役割およびその加齢変化を検討することも本論文の目的とした(研究課題2-2)。

研究課題1-1では歩行中における障害物を視覚認知する距離が跨ぎのTCに与える影響について、若年者と高齢者の差異を明らかにすることを目的とした。障害物へ接近中に視野を全遮断する条件を行ったところ、Lead limbのTC (LTC) は年齢に関わらず、障害物の2歩前に視野を全遮断すると大きくなることが明らかとなった。よって、身体機能の低下した高齢者でも、若年者と同様に障害物の2歩前の視覚情報がLTCの調節に重要であることが示唆された。また、LTCは高齢者の方が若年者よりも有意に大きな値を示した。したがって、高齢者はLTCの調節のために自身と障害物との位置関係を障害物の2歩前で認識するが、転倒を避け安全性を高める戦略とし

(氏名 国宗 翔, No. 131D201D)

て、もしくは自己の位置知覚の低下により、TCを高く保持すると考えられた。

先行研究では、障害物の2歩前における下方視野による視覚情報が重要と報告されているため、研究課題1-2では接近中の視覚情報の中でも、下方視野の役割を調べることにした。若年者と高齢者を対象に、障害物へ接近中に全視野を遮断する条件と下方視野のみを遮断する条件によるTCへの影響を比較した。また、視線は前方を注視するよう指示した。その結果、この課題でも障害物の2歩前に視野を遮断する条件でLTCが大きくなった。高齢者は中心視野からの情報に依存しやすく周辺視野の情報処理能力は低下することが報告されている。しかし、本研究の結果から、年齢に関わらず障害物2歩前の下方視野の視覚情報により障害物と足部の位置関係を認識し、LTCを調節することが示唆された。また、本研究では、視野の全遮断と部分遮断でLTCに差を認めなかった。よって、上方視野にはLTCを調節する役割がないと考えられた。さらに遊脚時間については、障害物2歩前に条件に全視野を遮断する条件よりも下方視野のみを遮断する条件で有意に大きくなった。これは、上方視野からの視覚情報が姿勢の安定を担っており、全視野遮断条件では視覚情報がなく不安定性を補うため、早く足底接地をして触覚の入力を得ようとした結果と考えられた。以上より、障害物跨ぎ動作において、接近中および動作中の下方視野は障害物直前の足部位置や下肢軌道の認識および遊脚時間にも関連しており、姿勢の安定性にも関連している可能性が示唆された。

ここで研究課題1-1、1-2どちらもLTCはTrail limbのTC (TTC) より有意に大きかった。これまで、LTCとTTCの関係性に一致した見解はない。TCを決定する要因は様々な要因がある。研究課題1-3では、障害物跨ぎ動作におけるLead limbとTrail limbの関係性を検討し、Trail limbの運動制御を明らかにすることを目的とした。その結果、若年者および高齢者どちらも全ての条件でTTCとLTCは有意な相関関係を認めた。先行研究では、視覚障害者が障害物跨ぎ動作をより慎重に労力をかけて行なうことで、安全な足部軌跡を確保し、転倒リスクを回避することを明らかにしている。したがって、接近中の視覚情報が不十分でも、Lead limbの運動feedbackに基づき、視覚以外の感覚を代償的に利用することでTrail limbの跨ぎ運動を制御していると考えられる。今回、若年者と比べ注意機能などの身体機能の低下した高齢者においても、LTCとTTCに有意な相関を認めたことから、Trail limbの運動調整には接近中の視覚情報の保持ができなくとも、身体の固有感覚に依存したLead limbの運動feedbackが貢献している可能性が示唆された。以上のことから、障害物跨ぎ動作で躓きを予防するためには、障害物2歩前の下方視野の情報を利用してLTCを十分に確保することが重要であり、そうすることでTrail limbの躓きを予防できると考えられた。

次に障害物跨ぎ動作の視覚運動制御を姿勢安定性の観点から検討した。まず、研究課題2-1では障害物への接近、Lead limbとTrail limbの跨ぎ越えという一連の動作を歩行中の障害物跨ぎ動作とし、視覚情報がある状態での側方の姿勢安定性について検討した。また、今後、地域住民に対する調査や大規模研究において障害物跨ぎ動作における姿勢安定性評価を行う場合、より簡便な方法が求められるため、本研究では3軸加速度計を用いて測定および分析した。その結果、障害物跨ぎ動作における側方のRoot Mean Square Ratio (RMSR_側) は自由歩行よりも大きな値を示し、若年者と高齢者では差を認めなかった。よって、障害物跨ぎ動作では平地における自由歩行と比べると体幹の側方動揺が大きくなるため、歩行とは異なる姿勢制御が必要であることが示唆された。また、身体機能の低下を有する高齢者でも慣れた環境やあらかじめ決めら

(氏名 国宗 翔, No.131D201D)

れた課題に対しては、姿勢を安定させた状態で一連の障害物跨ぎ動作を遂行できることが示唆された。さらに、Trail limbの跨ぎ区間で最も姿勢が不安定になる可能性があるが明らかとなった。また、Lead limbの跨ぎ動作における側方のRoot Mean Square (RMS_側)は高齢者の方が若年者よりも有意に大きかった。これは、LTC確保のために骨盤や体幹の傾斜が影響していると推察され、上部体幹のバランス戦略が身体の不安定性に関連することが示唆された。

研究課題2-2では、障害物跨ぎ動作中の姿勢安定性に対する視野の役割およびその加齢変化を検討した。その結果、RMS_側やRMS_前は視野遮断や年齢の影響を受けなかった。すなわち、年齢に関わらず、下方視野による下肢軌道の視覚認知や、上方視野によるoptic flowが無くとも障害物跨ぎ動作中の姿勢は安定していることが明らかになった。よって、接近中に障害物の位置や大きさを認識していれば、下方視野の視覚情報はLead limbの下肢軌道を調整するが、動作中の姿勢安定性への貢献は小さいことが示唆された。

また、高齢者では視覚情報の有無に関わらずLead limbの跨ぎ区間における姿勢安定性とTUGに有意な相関関係を認めた。したがって、高齢者におけるLead limbの跨ぎ区間における姿勢安定性はTUGの結果から推測することができることが示唆された。

本研究の対象者は比較的身体機能の高い高齢者であった。今後、高齢者の転倒予防や、臨床評価に利用していくために、介入研究および機能低下を有する高齢者を対象とした研究が必要である。これまでに、地域在住高齢者を対象に、6ヶ月間のウォーキングプログラムによる運動介入を行い、閉眼時の歩行に及ぼす影響を検討した研究を行っている。その結果、ウォーキングプログラムの運動習慣は体力水準の向上だけでなく、閉眼時の歩行能力を向上させる一因となることが示唆された。すなわち、視覚以外の感覚系の代償能力が向上する可能性が考えられた。また、ウォーキングは坂道や不整地を含めた様々な環境で行っており、障害物跨ぎ動作を遂行する機会も多いと考えられる。歩行中の姿勢の安定における視覚の依存度が低下することで、障害物跨ぎ動作がより円滑に行える可能性がある。

本論文では若年者および高齢者における障害物跨ぎ動作の視覚運動制御を明らかにした。今後は高齢者の転倒予防や、臨床評価に利用していくために、介入研究および機能低下を有する高齢者を対象とした研究が必要である。3軸加速度計を利用した障害物跨ぎ動作における姿勢安定性評価は有用と考えられるため、臨床現場での評価および測定を実施していきたい。

(注) 3,000~6,000字 (1,000~2,000語) でまとめること

論文審査の結果の要旨

氏名	国宗 翔		
論文題目	若年者および高齢者における歩行中の障害物跨ぎ動作の視覚運動制御		
判定	合格・不合格		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	岡田 修一
	副査	教授	河辺 章子
	副査	教授	近藤 徳彦
	副査	准教授	野中 哲士
	副査	准教授	木村 哲也
要 旨			
<p>本論文は、若年者と高齢者を対象に、日常生活で繰り返し行われる障害物を跨ぐ動作について、Toe Clearance(以下、TC)と姿勢安定性の観点から分析し、両者の視覚運動制御を明らかにしたものである。</p> <p>論文は6つの章から構成されている。第1章では研究の背景と意義について記述しており、視覚運動制御を検討するために、TCだけでなく姿勢安定性に着目する重要性を記述している。第2章において、歩行と障害物跨ぎ動作の違い、TCを決定する要因と加齢変化、姿勢安定性とその評価方法、姿勢安定性における視覚の貢献などについて先行研究から整理し、本研究の課題を明確にしている。第3章において検討すべき問題および本研究の目的を論述している。第4章では歩行中に視野を遮断することで、TCに及ぼす影響を検討している。若年者、高齢者ともに、特に障害物2歩前における下方視野の情報を利用してLead limbのTCを決定していることを明らかにしている。また、年齢に関わらず、Lead limbのTCとTrail limbのTCに関連性を認めたことから、Trail limbの運動調整には接近中の視空間記憶よりも、身体の固有感覚に依存したLead limbの運動feedbackの方が貢献している可能性を明らかにしている。第5章ではToe clearanceだけでなく、姿勢安定性の観点から視覚運動制御を検討している。3軸加速度計を用いて姿勢安定性を評価したところ、障害物跨ぎ動作はTrail limbの跨ぎ区間で最も不安定になりやすく、Lead limbの跨ぎ区間では、若年者に比べ高齢者がより不安定になることを明らかにしている。</p>			

また、高齢者の跨ぎ動作が不安定になる要因として、体幹や骨盤の傾斜などをあげている。一方で、障害物の位置や大きさを事前に認識している環境であれば、視覚情報が制限されても、年齢に関わらず、跨ぎ動作中の動的な姿勢安定性はほとんど影響を受けないことを明らかにしている。さらに、高齢者においては移動能力を反映するTimed Up & Go testがLead limbの跨ぎ区間における姿勢安定性を推察する指標になる可能性を示している。第6章では総括として論文全体をまとめ、年齢に関わらず、接近中の視覚情報により障害物直前の足部位置と、自身と障害物の距離を認識することの重要性を論述している。さらに、姿勢を安定した状態での十分なLead limbのTCの確保がTrail limbでの躓きを予防することを示したのち、今後の課題および研究の発展性についても丁寧にまとめている。

本論文では、TCと姿勢安定性の観点から跨ぎ動作の分析を行うことによって、これまで検討されていない高齢者の障害物跨ぎ動作における視覚運動制御について明らかにしている。さらに、若年者と高齢者の視覚運動制御について、跨ぎ動作中のTCだけでなく、一連の動作における3軸加速度計を用いた姿勢安定性に関しても明らかにしている。これらの研究は、これまで報告されておらず、本論文の高い新規性・独創性が認められる。また、本論文によって得られた知見から、身体機能が低下した高齢者も若年者と同様の視覚運動制御を行っており、年齢に関わらず障害物へ接近中の下方視野情報と障害物の認識の重要性を示したことは、本論文の大きな意義と評価される。

以上のことから、本論文は若年者と高齢者の障害物跨ぎ動作における視覚運動制御に関して重要な知見を得たものとして、学術的に価値ある集積であると認められる。

よって、本審査委員会は、学位申請者の国宗翔は博士(学術)の学位を得る資格があると認める。

なお、学位申請者は、本論文に関わる以下の審査付き学術論文3編を発表しており、博士学位申請の基本的条件を満たしている。

国宗 翔, 原田信子, 岡田修一 (2016) 地域在住高齢者における6ヶ月間のウォーキングプログラムが体力と閉眼時の歩行に与える影響. ヘルスプロモーション理学療法研究, 5, 191-197.

Kunimune S. and Okada S. (2017) The effects of object height and visual information on the control of obstacle crossing during locomotion in healthy older adults. Gait Posture; 55, 126-130.

国宗 翔, 岡田修一 (2019) 健康高齢者および若年者の歩行中の障害物跨ぎ動作における側方の姿勢安定性—3軸加速度計を用いた検討—. 理学療法学, 46, 印刷中.