



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Research on knee joint function in standing posture control and its application in rehabilitation exercise therapy [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	江, 林京
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第15822号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91881
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Linjing_Jiang_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（保健科学）

氏名：江 林京

主査 准教授 寒川 美奈
審査委員 副査 教授 遠山 晴一
副査 教授 向野 雅彦（北海道大学病院リハビリテーション科）

学位論文題名

Research on knee joint function in standing posture control and its application
in rehabilitation exercise therapy
(立位姿勢制御の膝関節機能と運動療法への応用についての研究)

当審査は 2024 年 1 月 25 日実施の公開発表にて行われた。（出席者：55 名）

近年、高齢化社会の転倒問題は高齢者自身と国民医療費の増加をたどっており、姿勢制御に関する運動療法に関する研究が盛んに行われている。過去の研究はいずれも前後方向や左右方向への姿勢調節能に着目して研究が進められており、垂直方向への姿勢調節能に関する知見は乏しい。そこで本論文では 2 つの研究を行い、垂直方向への膝関節屈曲を用いた懸垂戦略に焦点を当ててその役割と運動療法への応用について検討した。

研究 1 では、非線形的な波形解析として周波数解析とサンプルエントロピー解析を用いて、静的立位姿勢時の体重心の揺れの特性を解析し、懸垂戦略が姿勢制御システム、特に、感覚の統合や重み付けに与える影響を調べた。周波数解析の結果、膝関節を屈曲した懸垂戦略を用いた立位姿勢では全体の感覚エネルギー量が大きくなり、左右方向の視覚への依存度が減少し、前庭感覚への依存度が増大していた。サンプルエントロピー解析の結果から、左右および垂直方向の体重心の揺れの規則性が減少することが明らかとなった。これらの結果より、懸垂戦略は姿勢制御システムの感覚情報への全体的な依存度を高め、中枢神経系の積極的な姿勢調節への介入が行われることを示唆した。理学療法で行われているバランス訓練は、垂直方向への変化に対応していなかった。そのため、懸垂戦略は患者の疾病や臨床症状、さらに、活動環境に応じて転倒防止に役立つことを示唆する結果となった。

研究 2 では、懸垂戦略による動的な姿勢安定性への有効性について検討するため、側方外乱時の反応時間、margin of stability (MOS)、安定状態に回復するまでの時間（回復時間）の変化を調べた。過度の膝関節屈曲（65°）を用いた懸垂戦略では反応時間が延長し、身体剛性（stiffness）の低下、つまり、柔軟性の向上が示された。また、過度の膝屈曲角度での懸垂戦略は、最小 MOS を縮小し、体重心が支持基底面から外れるリスクを増加させ、外乱時の転倒のリスクが高まることが示された。一方、軽度の膝屈曲角度（15°）での懸垂戦略は、過度の膝屈曲での懸垂戦略とともに膝関節 0 度での立位姿勢に比べて回復時間の短縮が認められた。この結果から、過度に膝屈曲した懸垂戦略では転倒リスクを高める可能性があり、浅い膝屈曲での懸垂戦略は外乱時の姿勢回復に有効であることが明らかとなった。このことは、転倒リスクの観点から、外乱時の懸垂戦略の膝関節に転倒を回避するための適切かつ有効な屈曲角度が存在することを示唆する。膝屈曲を用いた懸垂戦略における姿勢制御の特性を示し、適切な膝関節屈伸運動を伴う懸垂戦略が外乱に対する柔軟性の向上と安定状態への回復能力の向上に寄与し、転倒予防に対して有効であるこ

とを報告した。

これを要するに、著者は静的および動的な立位バランスの体重心について線形・非線形的な解析手法を通じて、姿勢制御における懸垂戦略に関する新たな知見を得たものであり、国民の健康に繋がる転倒予防に対する保健科学の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士（保健科学）の学位を授与される資格あるものと認める。