

[研究助成 (A)]

深層学習を用い、二重課題干渉を指標とした 転倒リスクを予測するシステムの開発

Development of a fall risk prediction system by using deep learning

2221011



研究代表者

つくば国際大学 医療保健学部
理学療法学科

助 教

木 村 剛 英

[研究の目的]

歩きながら会話ができない高齢者は転倒リスクが高い (Lundin-Olsson, L et al., 1997)。このような、二重課題条件下で生じる歩行速度の低下は、二重課題干渉と呼ばれ、転倒リスクの新たな指標として注目されている。しかし、歩行速度の二重課題干渉を算出するには高価な機器が必要であり、二重課題干渉を用いて転倒リスクを予測できるのは一部の施設に限られていた。

そこで本研究ではまず、スマートフォンで撮影された動画から、深層学習を用いて関節位置を同定し、歩行速度の二重課題干渉の算出するシステムの構築をめざした。方法としては、スマートフォンで歩行の様子を撮影し、深層学習から対象者の各関節位置を同定、歩行速度の算出を試みた。しかし、歩行の様子を真正面から撮影した場合、深層学習で各関節位置を正確に同定することができなかった。さらに、歩行の様子を真横から撮影した場合は、数歩程度しか歩いている様子を撮影できないため、歩行速度の算出は不可能であった。ここまでの実験結果を鑑みると、歩行の様子を撮影して、得られた動画から歩行速度を算出することは、現在の深層学習では難しいと結論づけた。さらに、転倒リスクの高い対象者は、そもそも歩くだけでも転倒する危険性がある。したがって、「歩行+認知課題」の二重課題を用いた転倒リスクの評価法そのものが、臨床場面で採用しづらいジレ

ンマを抱えている。

そこで本研究の次なるステップとして、視点を変えて「歩行+認知課題」で生じる二重課題干渉を、より安全・簡便な方法である「座位課題+認知課題」の成績で説明できないか検討した。座位課題であれば、評価中の転倒リスクの懸念がない。さらに、対象者は移動しないため、長時間に渡ってデータの計測が可能である。

[研究の内容、成果]

1. 対象

健康な大学生 35 名 (21.2±0.7 歳) を研究対象者とした。本研究の参加にあたっては、すべての実験参加者に対し、実験前に文書と口頭にて研究の概要を説明し、本人の同意および署名を得た。

2. 実験の概要

研究対象者は歩行中に暗算を行う「歩行二重課題」と座位にて膝の伸展運動を行いながら暗算を行う「座位二重課題」の全てに参加した。

3. 歩行二重課題の詳細

研究対象者は 12 m の平坦な直線路を快適速度で歩いた。12 m を歩くのに要した時間 (歩行速度) を歩行課題の評価指標とした。また、暗算課題には任意の 3 桁の整数を提示し、提示された値から連続して 7 を引く serial-7s を採

用した。歩行課題のみを行った時と比較して、歩行課題に暗算課題を重畳した際に歩行速度は低下する。この低下量（二重課題干渉量）は二重課題コストとして、以下の式で定量化した。（歩行課題のみ行った時の歩行速度－二重課題実施時の歩行速度）/歩行課題のみ行った時の歩行速度）

4. 座位二重課題の詳細

研究対象者は股関節 90°、膝関節 90°の姿勢で椅子に座る。その後、研究対象者には歩行を模すイメージで、できるだけ一定のペースで膝の屈伸運動を 30 秒間行わせた。研究対象者からみて右側、矢状面の運動をデジタルカメラにて撮影した。撮影した動画から深層学習 Openpose を用いて関節位置を推定した。解析画像を図 1 に示す。

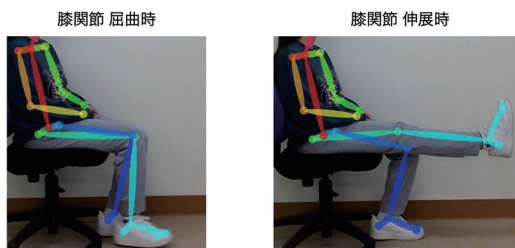


図 1 Openpose による関節位置の同定

同定された股関節、膝関節、足関節の位置から膝関節の屈曲角度を算出した。屈曲角度は周期的に変動するため、周期的に生じるピークの伸展角度、ピークから次のピークまでの時間間隔（ペース）を計算した（図 2）。その後、ピークの伸展角度の変動係数、および、ペースの変動係数、を算出し評価指標とした。

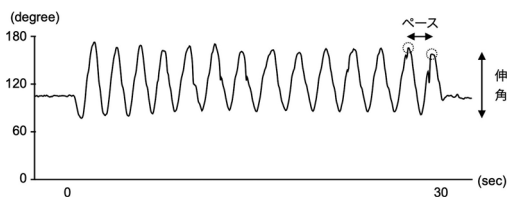


図 2 膝関節屈曲角度の変化と各指標

暗算課題は歩行二重課題と同じ、serial-7s

とした。

二重課題遂行時の座位課題の成績の低下量として、「二重課題コスト：ピークの伸展角度の変動係数」「二重課題コスト：ペースの変動係数」を算出した。serial-7s についても二重課題コストを算出した。両者の二重課題コストを合算し、combined 二重課題コストを得た。この combined 二重課題コストは、研究対象者が二重課題を構成する各課題のどちらに重点的に注意を向けたとしても、その priority の影響を受けにくい指標となる。

5. 統計学的解析

縦軸に歩行二重課題から得られた「二重課題コスト：歩行速度」、横軸に座位二重課題から得られた「combined 二重課題コスト：ピークの伸展角度の変動係数」もしくは、「combined 二重課題コスト：ペースの変動係数」とし、散布図を描いた。散布図からピアソンの相関係数と決定係数を算出した。

6. 結果

「二重課題コスト：歩行速度」と「combined 二重課題コスト：ピークの伸展角度の変動係数」との間に有意な相関関係を認めた ($p=0.022$, $r^2=0.150$, $r=0.387$)。一方、「二重課題コスト：歩行速度」と「combined 二重課題コスト：ペースの変動係数」との間には有意な相関を認めなかった ($p=0.519$, $r^2=0.013$, $r=0.113$) (図 3)。

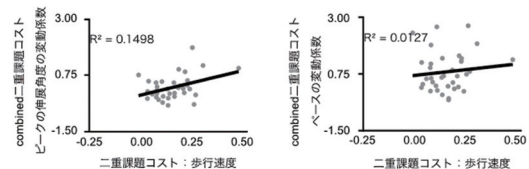


図 3 各パラメータから描いた散布図と決定係数

7. 成果

「歩行＋認知課題」の二重課題を行った時に生じる歩行速度の低下量は、転倒リスクの有効な予測因子として、近年注目されている。しか

し、歩くことが難しく、転倒リスクの高い対象者に対して「歩行＋認知課題」の二重課題を課すこと自体、転倒につながるジレンマがあった。

本研究から、「歩行＋認知課題」で生じる歩行速度の低下量を、より安全な「座位課題＋認知課題」の二重課題で一部説明できることが明らかとなった。この成果が得られた一因として、本研究で用いた座位課題は膝関節の可動域や膝の伸展筋力など、歩行速度にも影響する要素を多数含んでいたことが推察される。一方、有意な相関がみられたものの、決定係数が0.150と十分な値ではないため、他のパラメータを投入した重回帰分析を行うなど、決定係数を高める取り組みは今後継続する。

さらに発展的展開として、高齢者を対象とし

て本研究と同様の結果が得られるのか、さらに、「座位課題＋認知課題」から得られる成績で転倒リスクをどの程度予測できるのか、といった研究を今後継続していく予定である。

[成果の発表、論文など]

〈国際学会発表〉

T. Kimura. Safe evaluation method for fall risk: A sitting task can predict a reduction in gait speed under the dual-task condition. World Physiotherapy Congress 2023 (Dubai) 2023年6月4日

〈論文：国際誌〉

現在投稿中（査読中）