

人工知能による歩行・歩容解析を用いた 早期フレイルと認知機能との関連解析

山形大学大学院医学系研究科 内科学第三講座 神経学分野
教授 太田康之

(共同研究者)

山形大学大学院医学系研究科 内科学第三講座 神経学分野	講師	伊関 千書
山形大学大学院医学系研究科 内科学第三講座 神経学分野	助教	佐藤 裕康
山形大学大学院医学系研究科 内科学第三講座 神経学分野	助教	猪狩 龍佑
山形大学大学院医学系研究科 内科学第三講座 神経学分野	医員	近藤 敏行
福島県立医科大学保健科学部 理学療学科	助教	星 真行
名古屋市立大学大学院医学研究科 脳神経外科	講師	山田 茂樹
株式会社デジタル・スタンダード		青柳 幸彦

はじめに

社会の高齢化に伴い、認知症は増加傾向であり、特にアルツハイマー型認知症（AD）は増加している。ADの前段階である軽度認知障害（MCI）が、ADへの進行予防の点から注目されているが、その病態は不明な点が多い。近年、フレイルが認知症発症に関連することが報告されているが、申請者は認知症専門外来でのMCI・AD患者を対象にした研究において、特にフレイルの診断項目である「歩行速度低下」が、女性優位にMCI・AD患者の認知機能低下に相関することを報告した⁽¹⁾。よって、歩行異常はMCI・ADの病態に深く関連することが考えられ、早期の歩行・歩容の異常発見が、早期のフレイルの診断とMCI診断に繋がる可能性がある。現在、人工知能（AI）の機械学習の技術が発達し、スマートフォンを用いたモーションキャプチャー法などにより、簡便に歩行・歩容異常を3次元的に解析することが可能となっている⁽²⁾。

そこで本研究は、山形大学脳神経内科が継続している、地域住民健診を利用した山形県コホート研究をもとに、AI解析による歩行・歩容の特徴と認知機能との関連を解析することで、歩行・歩容異常に注目した早期フレイルとMCIの診断法の開発を目的とする。そのため、山形県高島町在住の一般住民を対象に、認知機能とAIによる歩行・歩容解析を組み合わせ、歩行・歩容異常に関連する早期フレイルと認知機能低下の関連を明らかにする。

結 果

2021年の山形県高島町の65歳以上住民健診受診者のうち、神経筋疾患を有さない、歩行

補助具不要で独立歩行可能な住民に本研究への参加を呼びかけ、92人(男性38人、女性54人、平均年齢 73.1 ± 6.4 歳；75歳以上37人、75歳未満55人)が本研究に参加した。認知機能検査は、全般的認知機能の評価する長谷川式認知症スケール(HDS-R)⁽³⁾とMini Mental State Examination(MMSE)⁽⁴⁾に加え、前頭葉の注意機能の評価するStroopテスト⁽⁵⁾を用い、Stroopテストは株式会社デジタル・スタンダードのiOSアプリ「Hacaro Stroop test」を用いた。歩行機能は、被検者の通常速度での3m up and goテストで評価を行い、株式会社デジタル・スタンダードのiOSアプリ「Hacaro iTUG」⁽²⁾を用いた。統計解析はR(ver 4.0.3)を用いた。

被験者の認知機能検査の平均スコアは、HDS-R 28.1 ± 1.9 点、MMSE 28.2 ± 1.7 点であり、平均スコアでは明らかな低下を認めなかったが、MCIを疑うMMSE 26点以下の被験者を認め、HDS-RおよびMMSEスコアのばらつきを認めた(図1)。

Hacaro Stroop testの検査所要時間(Stroopタイム)の平均は、 34.7 ± 11.2 秒だった。MMSEまたはHDS-RスコアとStroopタイムの相関解析では、有意な相関関係を認めた(図2)。

Hacaro iTUGを用いた被験者の歩行・歩容解析の平均結果は、iTUGタイム(3m up and goの歩行時間) 9.9 ± 1.9 秒、iTUG体幹加速度の楕円体体積(m^6/ms^6) 323.9 ± 171.4 、iTUGスコア 70.8 ± 15.4 点、歩数 15.4 ± 2.5 歩、iTUGケイダンス(歩数/分；歩数/iTUGタイムで計算) 94.2 ± 10.4 だった。

認知機能と歩行機能の関連

図1 HDS-R、MMSEスコアの人数分布

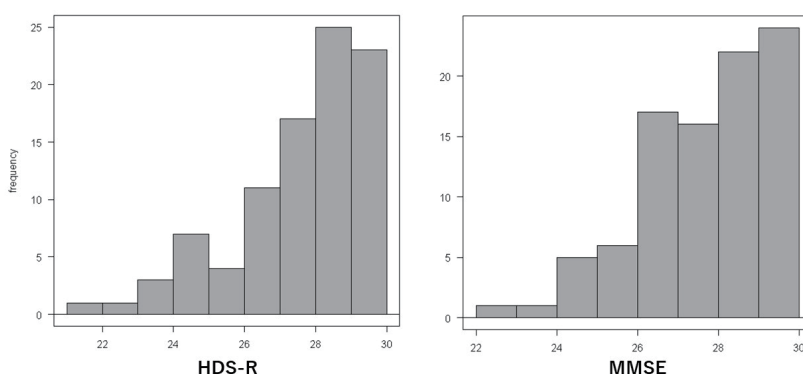


図2 StroopタイムとHDS-R・MMSEスコアの相関

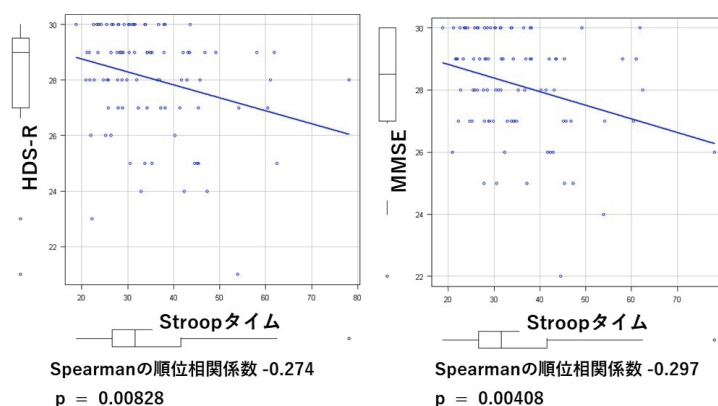
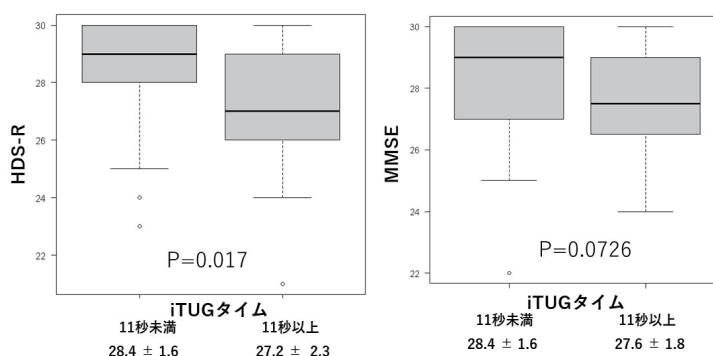
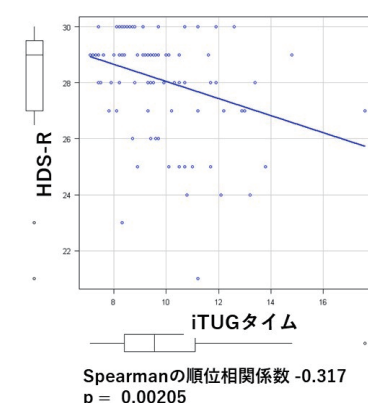


図3 iTUGタイムによるHDS-R、MMSEスコアの比較 (Mann-Whitney test)



を解析するため、まずHDS-R・MMSEスコアとiTUGタイムの関連を解析した。iTUGタイムの結果により、11秒未満（68人）と11秒以上（24人）の2群に分け、HDS-Rスコアの比較をしたところ、11秒以上群で有意にHDS-Rスコアの低下を認めた（図3）。さらに、HDS-RスコアとiTUGタイムの相関を解析すると、有意な負の相関を認めた（図4）。一方、MMSEスコアに関しては、11秒以上群でMMSEスコアの低下を認めたが統計学的に有意ではなく（図3）、MMSEスコアとiTUGタイムの有意な相関を認めなかった。

図4 iTUGタイムとHDS-Rスコアの相関



次に、Stroopタイムと、Hacaro iTUGを用いた歩行・

歩容解析結果との関連を解析した。まず、Stroopタイムの結果により、35秒未満（57人）と35秒以上（35人）の2群に分け、歩行・歩容解析結果の比較をしたところ、35秒以上群で有意にiTUGタイムの増加とiTUG体幹加速度の橢円体体積・iTUGスコア・iTUGケイダンスの低下を認めた（表1）。さらに、Stroopタイムと歩行・歩容解析結果の相関を解析すると、75歳以上（37人）において、StroopタイムとiTUGケイダンスの有意な負の相関を認めた（表2）。

表1 StroopタイムによるHacaro iTUG解析結果の比較
(Mann-Whitney test)

歩行変数	全体 (n=92)	Stroop タイム		
		< 35秒 (n=57)	≧ 35秒 (n=35)	p
iTUGタイム(秒)	9.9 ± 1.9	9.5 ± 1.5	10.6 ± 2.3	0.014
iTUG体幹加速度の 橢円体体積 (m ⁶ /ms ⁶)	323.9 ± 171.4	356.2 ± 177.4	271.3 ± 148.9	0.023
iTUGスコア(点)	70.8 ± 15.4	74.1 ± 15.0	65.5 ± 14.8	0.018
歩数 (歩)	15.4 ± 2.5	15.1 ± 2.1	15.9 ± 3.0	0.14
iTUGケイダンス(歩/分)	94.2 ± 10.4	96.4 ± 9.9	90.7 ± 10.5	0.012

表2 StroopタイムとHacaro iTUG解析結果の相関
(Spearmanの順位相関解析)

	全体 (n=92)	年齢でのサブグループ	
		75歳未満 (n=55)	75歳以上 (n=37)
iTUGタイム－Stroopタイム	0.19 (p=0.072)	-0.10 (p=0.49)	0.15 (p=0.38)
iTUG体幹加速度の 橢円体体積－Stroopタイム	-0.17 (p=0.11)	0.01 (p=0.93)	0.05 (p=0.77)
iTUGスコア－Stroopタイム	-0.19 (p=0.076)	0.02 (p=0.91)	-0.005 (p=0.98)
歩数－Stroopタイム	0.15 (p=0.16)	-0.04 (p=0.80)	-0.03 (p=0.85)
iTUGケイダンス－Stroopタイム	-0.18 (p=0.082)	-0.08 (p=0.55)	-0.32 (p=0.056)

考 察

本研究は一般住民を対象にした研究であるが、全般的認知機能の評価においてMMSE 26点以下のMCIを疑う被験者の存在を認め、HDS-RおよびMMSEスコアのばらつきを認めた

(図1)。MCIの診断においては前頭葉機能評価を含むMontreal Cognitive Assessment (MoCA) での評価の有用性が報告されているが⁽⁶⁾、本研究では前頭葉の注意機能を評価するStroopテストを用い、「Hacaro Stroop test」のStroopタイムとHDS-RおよびMMSEスコアとの相関を認めたことにより(図2)、全般的認知機能と前頭葉の注意機能の関連性に加え、Stroopテストによる一般住民の認知機能評価の妥当性を確認した。

歩行機能は、神経筋疾患の歩行解析でも頻回に利用される3m up and goテストを用いたが、その評価においてはスマートフォンによる解析を利用した「Hacaro iTUG」⁽²⁾を使用し、歩行速度以外にも様々なパラメーターを解析し、認知機能との関連を調べた。歩行速度を反映するiTUGタイムの結果により歩行速度正常群(11秒未満)と低下群(11秒以上)の2群に分けた解析では、歩行速度低下群でHDS-R・MMSEスコアとも低下を認めたが、有意な低下を認めたのはHDS-Rスコアのみであり(図3)、相関解析でもHDS-RスコアはiTUGタイムと有意な相関を認めたが(図4)、MMSEスコアでは明らかな相関を認めなかった。この結果により、MMSEスコアよりもHDS-Rスコアの結果が、一般住民の歩行速度低下と強い関連があることがわかる。同じ全般的認知機能評価であるHDS-RとMMSEで結果の違いが出た理由として、HDS-RはMMSEよりも、記憶力および語想起能力に比重を置く配点になっており、MCIなどの軽度認知機能低下の評価においては、より感度が高い可能性が考えられた。また、この結果により、一般住民においても軽度の認知機能低下は歩行速度低下に関連することが判明した。

次に、前頭葉の注意機能を評価するStroopタイムとHacaro iTUGによる歩行・歩容解析との関連性の解析においては、注意力低下を反映するStroopタイム35秒以上群は、35秒未満群よりも有意な歩行速度低下(iTUGタイム増加)、歩行の3次元加速度低下(iTUG体幹加速度の楕円形体積とiTUGスコア低下)、時間あたりの歩数(歩行ピッチ)低下(iTUGケイダンス低下)を認めたが(表1)、Stroopタイムとの相関を認めたのは、75歳以上において、歩行ピッチ(iTUGケイダンス)のみであった。以上より、前頭葉の注意機能は全般的認知機能と関連はあるが、歩行・歩容においては75歳以上である後期高齢者の歩行ピッチのみに関連し、後期高齢者の歩容に影響を与えることを示唆していると考えた。

要 約

本研究の結果により、明らかな認知症を発症していない一般住民においても、軽度の認知機能低下と早期フレイルを示唆する歩行速度低下は関連していることが判明した。さらに、前頭葉の注意機能は、後期高齢者の歩容(歩行ピッチ)と関連している可能性がある。また、一般住民における早期フレイル合併のMCIの診断には、HDS-RおよびStroopテストに、iOSアプリによる歩行・歩容解析を組み合わせることが有用である可能性がある。

文 献

1. Ohta, Y. et al. Female dominant association of sarcopenia and physical frailty in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *J Clin Neurosci*. 2019; 70: 96-101.
2. Yamada, S. et al. Gait Assessment Using Three-Dimensional Acceleration of the Trunk in Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus. *Front Aging Neurosci*. 2021; 13: 653964.
3. Imai, Y. et al. The revised Hasegawa's dementia scale (HDS-R) -evaluation of its usefulness as a screening test for dementia. *Hong Kong J Psychiatry* 1994; 4: 20-24.
4. Folstein, MF. et al. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12: 189-198.
5. Bench, CJ. et al. Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. *Neuropsychologia*. 1993; 31: 907-922.
6. Breton, A. et al. Cognitive tests for the detection of mild cognitive impairment (MCI) , the prodromal stage of dementia: Meta-analysis of diagnostic accuracy studies. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2019; 34: 233-242.