

高齢者における歩行時の眼球運動と認知機能の関連性

井上 忠俊¹⁾, 上城 憲司²⁾, 原口 健三³⁾, 宮原 洋八³⁾, 仙波 梨沙⁴⁾,
松尾 亮太⁵⁾, 納戸美佐子⁶⁾, 中村 貴志⁷⁾

Relationship between eye movements during walking and cognitive function in the elderly

Tadatoshi Inoue (Ph.D.)¹⁾, Kenji Kamijo (Ph.D.)²⁾, Kenzo Haraguchi (Ph.D.)³⁾
Hiroya Miyabara (Ph.D.)³⁾, Risa Senba (M.A.)⁴⁾, Ryouta Mathuo (M.A.)⁵⁾
Misako Noto (Ph.D.)⁶⁾, Takashi Nakamura (Ph.D.)⁷⁾

要約 本研究は、地域在住高齢者 84 名を対象に、歩行時の眼球運動と認知機能の関連について検討した。Mini-Mental State Examination (MMSE) カットオフ値 (23/24 点) をもとに対象者を 2 群間比較した結果、MMSE23 点以下群 (32 名) は、MMSE24 点以上群 (52 名) に比べて、Dual-Task (以下、DT) 歩行時の眼球移動速度の遅延、眼球停留時間の増加が示された。一方、普通歩行時の眼球運動、歩行時間、年齢、性別などに有意差は認められなかった。また、多重ロジスティック回帰分析の結果、DT 歩行時の眼球移動速度と眼球停留時間について認知機能との関連が示された。歩行時の眼球運動の検査測定が認知機能低下者を早期に検出できると考えられる。

Keywords: 認知機能, 眼球運動, 注意機能

緒言

現在、わが国における 65 歳以上の認知症有病者数は約 462 万人、軽度認知障害 (Mild Cognitive Impairment : 以下、MCI) の有病者数は約 400 万人と推計されており、65

歳以上の 4 人に一人が認知症とその予備軍と報告されている¹⁾。Peterson ら²⁾は認知症の前駆段階である MCI が、認知症に移行する確率は年間約 10~15% であるため、認知症の「早期発見・早期介入」においては、MCI の検出が重要だと述べている。Belleville ら³⁾は、認知症の前駆段階とされる MCI の特徴として注意機能が低下していることを指摘している。また、Amaiz ら⁴⁾は、MCI や初期の認知症の診断に、新規の学習、遅延再生、注意機能、遂行機能を含むスクリーニング評価の有効性を示し、認知症や MCI のスクリーニングとして記憶や注意機能における評価の有用性を報告している。認知機能が低下した高齢者は視空間認知や眼球運動障害により、環境の変化に影響を受けやすく眼球停留行動が不安定になるため⁵⁾、様々な環境において眼球運動を測定することが重要であると考えられる。認知機能と眼球運動の関連性について、Peltsch ら⁶⁾は、MCI 者 22 名、軽度認知症者 24 名、健常者 76 名を対象に、Stroop 試験中の眼球移動速度を測定し、MCI 者と軽度認知症者の、眼球移動速度の遅延が認められことを示し、MCI や軽度認知症のスクリーニングに対する眼球移動速度の測定の有用性を指摘している。また、Mapstone ら⁷⁾は、健常若年者、健常高齢者と軽度 AD 者の 3 群でドライブシミュレーター施行時の眼球停留行動を測定したところ、健常若年者に比べて高齢者や軽度 AD 者では眼球停留回数が少なく、視野領域が定まらず周辺領域に偏る

2020 年 5 月 22 日受付, 2020 年 9 月 14 日 受理

- 1) 平成医療短期大学 リハビリテーション学科
作業療法学専攻
Department of Rehabilitation Major in Occupational
Therapy, Heisei College of Health Sciences, Gifu,
Japan
- 2) 宝塚医療大学 和歌山保健医療学部 作業療法学
専攻
Department of Rehabilitation Sciences, Takarazuka
University of Medical and Health Care,
- 3) 西九州大学大学院 生活支援科学研究科 Graduate
School of Health and Welfare Science, Nishikyushu
University,
- 4) 西九州大学 リハビリテーション学部 作業療法学
専攻
Faculty of Rehabilitation Sciences, Nishikyushu
University,
- 5) 社会福祉法人 柏芳会 田川新生病院
Department of Rehabilitation, Tagawa Shinsei Hospital,
- 6) 西南女学院大学 保健福祉学部
Faculty of Health and Welfare Seinan Jo Gakuin
University,
- 7) 福岡教育大学 教育学部
Faculty of Education, University of Teacher
Education,

と述べている。これらの報告を総合的に判断すれば、認知機能低下者は視覚探索課題施行中の眼球移動速度が遅延すること、眼球停留行動にまとまりが無いことを示している。また、人は歩行時に外界の情報を獲得する際に視覚に大きく依存していることが示されている⁸⁾。先行研究では静止時の眼球運動と認知機能の関連性の検討は行われているが、歩行中の眼球運動や二重課題条件下における環境での眼球運動を測定し、認知機能との関連性の検討は十分ではない。そこで本研究では地域在住高齢者の歩行時の眼球運動を解析し、認知機能との関連性について検討することとした。認知機能と眼球運動の関連性を明らかにすることで、認知機能低下者の早期の検出や予防方法の立案に寄与すると考えられる。

方法

1. 対象

認知症予防推進事業に参加する地域在住高齢者とした。本研究は、I市健康長寿町作り研究会及びF町認知症予防研究研修センターの介護予防事業の一環として行った。研究代表者がI市とF町のそれぞれの事業の担当者に研究の主旨について説明し、同意を得た後に介護予防事業の担当者が対象者の募集を行った。また、研究代表者が参加者に本研究の主旨を説明し、研究参加への同意が得られた高齢者を対象とした。今回、測定項目に歩行が含まれること、使用する眼球運動測定装置(竹井機器工業株式会社製、Talk Eye Lite)は右眼球のみを検出する機器であることを考慮し対象者の基準は下記の通りとした。

① 対象基準

・在宅で生活する要介護認定を受けていない65歳以上の者。なお、本研究の対象者は要介護認定調査の手続きを申請していない対象者も含まれる。

② 除外基準

- ・杖などの補助具を使用している者
- ・右眼に白内障等の既往があり治癒していない者
- ・右眼の眼瞼が下垂し眼裂が狭小化している者
- ・視力低下が原因で日常生活に支障がある者
- ・視野狭窄・視野欠損がある者
- ・教育歴が9年未満の者

本研究の対象者は84名(男性22名、女性62名)、平均年齢は77.1±6.0歳であった。対象者の各測定項目の平均値を表1に示す。

表1 対象者の属性 (n=84)

年齢(歳)		77.1 (6.0)	
MMSE		25.0 (4.4)	
TMT	A(sec)	171.5 (91.5)	
	B(sec)	269.6 (182.6)	
GDS		3.6 (2.8)	
老研式活動能力指標		10.8 (2.0)	
ロコチェック		5.3 (1.5)	
握力	右(kg)	24.0 (7.1)	
	左(kg)	23.1 (7.9)	
重心動揺	開眼(cm)	55.4 (22.6)	
	閉眼(cm)	88.4 (55.1)	
普通歩行	歩行時間(sec)	9.4 (2.4)	
	眼球運動	移動速度(deg/sec)	49.4 (17.9)
		停留時間(msec)	2.1 (1.9)
		停留回数(回)	15.6 (6.4)
DT歩行	歩行時間(sec)	13.3 (4.3)	
		動物呼称数	7.2 (2.7)
	眼球運動	移動速度(deg/sec)	45.1 (13.1)
		停留時間(msec)	18.3 (13.2)

平均値(標準偏差)

2. 評価方法

① 身体機能の評価

歩行機能とバランス機能を測定した。歩行機能はいつも通りの早さで歩く「普通歩行」、動物の名前を呼称しながら歩く「Dual-Task (以下、DT) 歩行」を行った。DT歩行における対象者に「動物の名前をスタッフに聞こえるように声に出しながら歩いてください。同じ動物の名前を何度も言うのはご遠慮ください。12支を順番に言うのもご遠慮ください。」と教示した。なお、歩行時間は開始地点から終了地点を14mとし、10mの測定区間の前後に2mずつの予備区間を加え、ストップウォッチにて所要時間を計測した。また、歩行時の眼球運動は眼球移動速度と眼球停留時間を測定した。なお、歩行は普通歩行、DT歩行の順で行い1回のみとした。本研究で使用したTalk Eye Liteは角膜反射法という手法によって測定する機器である。角膜反射法は、瞳孔を検出し角膜に赤外線を照射する。その際、角膜表面に生じる反射光であるpurkinje像を小型カメラで撮影する。そのうえで、眼球の回転に伴うpurkinje像の移動距離を測定し眼球運動の計測を行った。眼球移動速度(deg/sec)と眼球停留時間(msec)の測定は、30分の1秒ごと(サンプリングレート30Hz)にて記録した^{9,10)}。眼球移動速度の定義について、本研究では眼球停留対象物を設定していないためsaccadeの速度とし、眼球停留の定義は山田ら¹¹⁾が提唱した毎秒5deg/sec以下の眼球運動とした。歩行機能の測定の際に被験者に対し眼球停留点についての指示は行っていない。なお、歩行路の環境設定として、がら、模様、物品など特定の視覚刺激となりうるものは被験者の視野内から排除した。

バランス機能は、ANIMA社製の変動計GS-7を用い、開眼時と閉眼時の静止立位における30秒間の重心動揺総軌跡長を測定した。

② 精神機能の評価

認知機能、注意機能、うつ状態を評価した。認知機能の評価としてMini-Mental State Examination(以下、MMSE)、注意機能の評価としてTrail making test(以下、TMT) part A及びpart B、うつ状態の評価としてGeriatric Depression Scale(以下、GDS)を用いた。MMSEのカットオフ値をもとに24点以上をMMSE24点以上群、24点未満をMMSE23点以下群とした¹²⁾。注意機能の評価としてTMT-A及びBを用いた。TMT-Aは「1」から「25」までの数字をできるだけ早く鉛筆で結び、TMT-Bは「1」「あ」「2」「い」と数字とかな文字を交互にできるだけ早く鉛筆で結び、その時間を計測するものである、その際に鉛筆を紙面から離さないように指示を行い実施した¹³⁾。GDSは15項目の簡易版を用い、5点以上をうつ傾向、10点以上をうつ状態と判定するものとした¹⁴⁾。

③ 生活機能の評価

生活機能の評価として老研式活動能力指標とロコモーションチェック(以下、ロコチェック)を用いた。老研式活動能力指標はInstrumental Activity of Daily Living(以下、IADL)の評価指標としての有用性が示され、10点以上を「ほぼ自立」としている¹⁵⁾。ロコチェックは7項目からなり(範囲0~7点)、1つでも減点項目があれば運動器症候群の疑いありと判断するものである¹⁶⁾。

3. 統計学的分析

認知機能状態におけるMMSE24点以上群、MMSE23点以下群の各測定値の比較は、対応のないt検定を用い分析した。認知機能状態における関連要因を明らかにするために、目的変数は多項である認知機能状態(MMSE24点以上群、MMSE23点以下群)とし、説明変数には先行研究に基づいた項目を選択し、多重ロジスティック回帰分析(変数増加法:尤度比)を実施した。説明変数に投入する項目が順序尺度であるものについてはダミー変数化して投入した。モデル適合度の判定には、Hosmer-Lemeshow検定を用いた。なお、統計解析にはSPSS version24 for Windowsを用い、有意水準を5%とした。データの表記については、t検定を平均値(標準偏差)、多重ロジスティック回帰分析をオッズ比にて示した。

4. 倫理的配慮

対象者に研究趣旨を説明し同意を得た。本研究は国際医療福祉大学倫理審査委員会の承認(承認番号:16-1fh-030)を得ている。また、I市健康長寿町作り研究会及びF町認

知症予防研究研修センターの倫理審査の承認を得て実施した。本研究に関連し、開示すべき利益相反関係にある企業等は存在しない。

結果

1. 認知機能状態別における心身機能の比較

MMSEのカットオフ値をもとに認知機能状態別に2群に分け、各測定値を比較した結果を表2と3に示す。MMSE23点以下群は32名(男性11名、女性21名)であり平均年齢は78.4±6.8歳であった。MMSE24点以上群は52名(男性11名、女性41名)であり平均年齢は76.3±5.3歳であった。男性は22名であり平均年齢は76.6±4.7歳であった。女性は62名であり平均年齢は77.2±6.4歳であった。認知機能状態別による2群間において年齢に有意差は認められなかった。認知機能状態別による比較において、MMSE24点以上群はMMSEが27.8(2.0)点、GDSが3.0(2.2)点、TMT-Aが147.6(67.8)秒、TMT-Bが218.9(180.5)秒、老研式活動能力指標が11.3(1.8)点であった。MMSE23点以下群はMMSEが20.4(3.3)点、GDSが4.8(3.3)点、TMT-Aが208.0(110.5)秒、TMT-Bが364.5(148.0)秒、老研式活動能力指標が10.0(2.2)であった。MMSE23点以下群はGDS、老研式活動能力指標に低下が認められたが、GDSでは両群ともに5点未満と抑うつ傾向ではない点数であり、老研式活動能力指標では両群ともに10点以上であり正常範囲内であった。DT歩行の眼球移動速度についてMMSE23点以下群はMMSE24点以上群に比べて統計学的に有意に遅延していた。DT歩行の眼球停留時間についてMMSE23点以下群はMMSE24点以上群に比べて統計学的に有意に増大した。DT歩行時間とTMTA及びBについては、MMSE23点以下群がMMSE24点以上群に比べて統計学的に有意に遅延した。一方、普通歩行時の眼球運動、普通歩行時間、年齢、ロコチェック、立位時の重心動揺、握力に有意差は認められなかった。

表2 認知機能状態における各測定値の比較 (n=84)

	MMSE24点以上群		MMSE23点以下群	p 値
	n=52		n=32	
年齢(歳)	76.3 (5.3)		78.4 (6.8)	.121
性別※				.257
	男性	17 (25.8)	11 (34.4)	
	女性	49 (74.2)	21 (65.6)	
MMSE		27.8 (2.0)	20.4 (3.3)	p<.001**
GDS		3.0 (2.2)	4.8 (3.3)	.004**
TMT	A(sec)	147.6 (67.8)	208.0 (110.5)	.008**
	B(sec)	218.9 (180.5)	364.5 (148.0)	.001**
老研式活動能力指標		11.3 (1.8)	10.0 (2.2)	.007**
ロコチェック		5.3 (1.4)	5.1 (1.6)	.542
握力	右(kg)	25.1 (7.4)	22.2 (6.3)	.064
	左(kg)	23.8 (7.9)	21.9 (8.0)	.299
重心動揺	開眼(cm)	53.5 (19.9)	58.6 (26.7)	.331
	閉眼(cm)	82.1 (44.5)	99.4 (69.3)	.173
平均値(標準偏差)	対応のないt検定	**p<0.01 **p<0.05		
	※ χ^2 検定			

表3 歩行時の眼球運動の比較 (n=84)

	MMSE24点以上群		MMSE23点以下群	p 値
	n=52		n=32	
普通歩行	歩行時間(sec)	8.6 (1.7)	10.8 (2.6)	.054
眼球運動	移動速度(deg/sec)	48.0 (21.0)	43.1 (9.9)	.217
	停留時間(msec)	57.0 (33.9)	61.3 (41.3)	.111
	停留回数(回)	14.7 (5.2)	16.6 (8.4)	.258
	DT歩行	歩行時間(sec)	12.0 (3.3)	15.6 (4.9)
	動物呼称数	7.8 (2.5)	6.4 (2.8)	.020
眼球運動	移動速度(deg/sec)	49.8 (13.4)	37.0 (11.7)	p<.001**
	停留時間(msec)	80.3 (46.1)	154.2 (114.1)	p<.001**
	停留回数(回)	13.8 (12.6)	24.1 (12.3)	p<.001**
平均値(標準偏差)	対応のないt検定	**p<0.01 **p<0.05		

考 察

2. 認知機能高値群と認知機能低値群を判別する要因

表4に多重ロジスティック検定の結果を示す。認知機能低下との関連要因として、認知機能低下者は健常高齢者に比べて眼球移動速度の遅延¹⁷⁾、眼球停留時間の増加¹⁸⁾、TMT-Bの施行時間の遅延が示されている¹⁹⁾。そのため、説明変数にDT歩行時の眼球移動速度と眼球停留時間、TMT-Bを投入し従属変数に認知機能状態を投入した結果、DT歩行時の眼球移動速度(オッズ比:0.815)と眼球停留時間(オッズ比:1.029)が採択された。Hosmer & Lemeshowの検定によるモデル適合度は $\chi^2=9.1$ ($p>.05$)と回帰モデルはデータに適合していることが示された。

1. 認知機能とDT歩行時の眼球運動の関連性について

今回、地域在住高齢者を対象に認知機能状態の関連要因について検討した。認知機能状態による2群間比較では、年齢と性別に有意差は認められなかった。また、普通歩行時間、ロコチェック、重心動揺、握力に有意差が認められなかったため、DT歩行時の眼球運動に運動機能の関与が少ないことが示唆された。また、両群において老研式活動能力指標とGDSに有意差が認められたが正常範囲であり、歩行への影響は少ないことが考えられる。一方、TMT(A,B)は遅延しており、MMSE23点以下群はMCIの特徴を有していたと考えられる。

表4 認知機能状態を判別する要因 (n=84)

	オッズ比	95%信頼区間	p 値
DT歩行時の眼球移動速度(deg/sec)	0.815	0.682-0.975	.025*
DT歩行時の停留時間(msec)	1.029	1.011-1.048	.002**

モデル適合度 Hosmer & Lemeshow の検定 $\chi^2=4.8$ 有意確率.781 ($df=8$)

**p<.01 **p<.05

従属変数:MMSE.

説明変数:DT歩行時の眼球移動速度, 停留時間, TMT-B

本研究では、歩行時の眼球運動において普通歩行時には有意差が認められなかったが、MMSE23 点以下群は MMSE24 点以上群に比べ、DT 歩行時には眼球移動速度の遅延、眼球停留時間の増加が認められた。また、多重ロジスティック回帰分析においても採択されたことは、運動機能や気分の状態によるものではなく、認知機能低下のなかでも遂行機能に関連した注意機能の分配性や選択性に関連するものと考えられる。また、MMSE が低スコア且つ TMT-A・B の施行時間が遅延を示した対象者は、DT 歩行時のみにおいて眼球運動に不具合が生じた。これは、眼球運動が認知機能や注意機能の指標となる可能性があると考えられる。眼球運動は前頭葉の前頭眼野や補足眼野、頭頂葉の上頭頂小葉や頭頂間溝や頭頂眼野などの関与が指摘されている²⁰⁾。また、前頭眼野は眼球運動に加え注意の制御にも関連することが示されており²¹⁾、DT 歩行は歩行中に動物名の想起という注意機能を同時に用いる条件下であるため、眼球移動速度の遅延、眼球停留時間や回数の増加が起きたと考える。一方、普通歩行では課題が歩行のみであり、注意機能を歩行のみに向けることができたため眼球運動に有意差が生じなかったと考える。

近年、高齢者における認知機能の低下と眼球運動の関連性について報告されており、特に眼球移動速度の低下や眼球停留時間の増加²²⁾、などの眼球運動の解析が MCI や認知症の早期診断に有効であると報告されている²³⁾。この点を踏まえると MMSE23 点以下群には MCI や認知症に移行する危険性が高い者が含まれていたとも推察される。

本研究では、MMSE23 点以下群において DT 歩行時の眼球移動速度が遅延し、眼球停留時間が増加した。DT 歩行時の眼球運動は認知機能との関連性を示した。この結果は、軽度の認知症者の眼球移動速度が遅延していることを示した Fernandez ら²⁴⁾ の報告と一致するものである。認知機能は知覚から判断に至るすべての情報処理の過程を包括しており、この過程には注意機能、記憶機能、照合機能、統合

機能などがある²⁵⁾。そのため、注意機能を求められる二重課題遂行時に MMSE23 点以下群の眼球移動速度が遅延したと考えられる。

2. 認知機能状態における各測定値の比較について

多重ロジスティック回帰分析で認知機能との関連が認められなかったものの、認知機能状態別における比較では有意差が認められた項目について触れる。認知機能と注意機能については正の相関関係が存在していることが報告されており²⁶⁾、本研究における MMSE23 点以下群についても注意機能が低下しているため、DT 歩行時間が有意に遅延したと考える。

また、MMSE24 点以上群において DT 課題のほうが普通歩行より移動時間が短縮した対象者については、先に普通歩行を歩き、次に DT 歩行を行ったことによる練習効果が考えられる。眼球運動についても注意機能の制御を受けていることが先行研究において報告されており先行研究を支持するものであった。認知機能と注意機能には関連性が報告されており²⁷⁾、本研究の MMSE23 点以下群は TMT (A, B)の施行時間が遅延したと考える。

本研究の限界と課題

本研究の限界として MMSE の点数のみで認知機能低下を定義することは困難である。したがって、今後は MCI 者や認知症者の対象者群を設け、歩行時の眼球運動について検討する必要があると考えられる。また、今回、対象者の身体・精神疾患の既往歴、服薬状況について聴取できていなかったため、今後は医学的情報の聴取が必要である。本研究は横断的研究であるため、今後は、注意機能に焦点をあてた介入を行いその効果を検討することが必要だと考える。

結論

本研究は地域在住高齢者を対象に認知機能状態の関連要因について多重ロジスティック回帰分析を行った。DT 歩行時の眼球移動速度と眼球停留時間について認知機能状態との関連性が認められた。また、認知機能状態別における2群間比較では、MMSE23点以下群はMMSE24点以上群に比べ、注意機能やIADLなどの低下が明らかになった。これらの検査測定が軽度認知機能低下者の早期に検出する手法として有用である可能性が示された。

謝辞

本研究にご協力いただきました地域在住高齢者の皆様に深く感謝申し上げます。本研究にあたりご指導を賜りました京都府立医科大学大学院成本迅教授に深く御礼申し上げます。

本研究はJSPS 科研費JP26502005の助成を受けたものである。

文献

- 1) 朝田隆, (2013), 都市部における認知症有病率と認知症の生活機能障害への対応, 厚生労働科学研究費補助金認知症対策総合研究事業.
- 2) Petersen RC, Doody R, Kurz A, Mohs RC, et al, (2001), Current concepts in mild cognitive impairment. *Arch Neurol*, 58(12), 1985-1992.
- 3) Belleville S, Howard C, Serge G, (2007), Working memory and control of attention in persons with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Neuropsychology*, 21(4), 458-469.
- 4) Arnáiz E, Almkvist O, (2003), Neuropsychological features of mild cognitive impairment and preclinical Alzheimer's disease. *Acta Neurol Scand*, 107, 34-41.
- 5) 知花弘吉, 亀谷義浩, 竹嶋祥夫, (2008), 交差点付近における高齢者と健常者の注視特性. *日本建築学会計画系論文集*, 73, 319-324.
- 6) Peltsch A, Hemraj A, Garcia A, et al, (2014), Saccade deficits in amnesic mild cognitive impairment resemble mild Alzheimer's disease. *European Journal of Neuroscience*, 39(11), 2000-2013
- 7) Mapstone M, Rösler A, Hays A, et al, (2001), Dynamic allocation of attention in aging and Alzheimer disease, uncoupling of the eye and mind. *Archives of Neurology*, 58(9), 1443-1447.
- 8) 田内雅規, 大倉元宏, (1995), 視覚障害者支援技術の現状と問題点, 単独歩行について. *計測と制御*, 34(2), 140-146.
- 9) 井上忠俊, 上城憲司, 大田尾浩ほか, (2016), 地域在住高齢者の認知機能状態別における眼球運動と生活機能の比較. *作業療法ジャーナル*, 50(12), 1331-1336.

10) Inoue T, Kamijo K, Haraguchi K, et al, (2018), Risk factors for falls in terms of attention during gait in community-dwelling older adults. *Geriatrics & gerontology international*, 18(8), 1267-1271.

11) 山田光穂, 福田忠彦, (1986), 画像における注視点の定義と画像分析への応用. *電子情報通信学会論文誌*, 69(9), 1335-1342.

12) Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR, (1975), "Minimal state", a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189-198.

13) 鹿島晴雄, 半田貴士, 加藤元一郎ほか, (1986), 注意障害と前頭葉損傷. *神経研究の進歩*, 30(5), 847-858.

14) 磯谷一枝, 山中 学, 石川元直ほか, (2011), 居住形態は入院中の高齢患者の抑うつに影響を与える. *日本老年医学会誌*, 48(5), 570-571.

15) 藤原佳典, 新開省二, 天野秀紀ほか, (2003), 自立高齢者における老研式活動能力指標得点の変動生活機能の個別評価に向けた検討. *日本公衆衛生雑誌*, 50(4), 360-367.

16) 中村耕三, (2009), ロコモティブシンドローム(運動器症候群)超高齢社会における健康寿命と運動器. *日本整形外科学会雑誌*, 83(1), 1-2.

17) Zaccara PF, Gangemi GC, Muscas M, et al, (1992), Smooth-pursuit eye movements: alterations in Alzheimer's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 112(1), 81-89.

18) Rösler A, Mapstone ME, Hays AK, et al, (2000). Alterations of visual search strategy in Alzheimer's disease and aging. *Neuropsychology*, 14(3), 398.

19) Ashendorf L, Jefferson AL, O'Connor MK, (2008), Trail Making Test errors in normal aging, mild cognitive impairment, and dementia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(2), 129-137.

20) Leigh R, Zee D, (1999), *The neurology of eye movements*. 3rd ed., Oxford University Press, New York, p.90-150.

21) Moore T, Armstrong KM, Fallah M, (2003), Visuomotor origins of covert spatial attention. *Neuron*, 40(4), 671-683.

22) Crutcher MD, Calhoun-Haney R, Manzanares CM, et al, (2009), Eye tracking during a visual paired comparison task as a predictor of early dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 24(3), 258-266.

23) Beauchet O, Allali G, Berrut G, Hommet C, et al, (2008), Gait analysis in demented subjects: Interests and perspectives. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 4(1), 155-160.

24) Fernandez G, Schumacher M, Castro L, et al, (2015), Patients with mild Alzheimer's disease produced shorter outgoing saccades when reading sentences. *Psychiatry research*, 229(1), 470-478.

25) 鈴木 肇, (2006), *医学大辞典*. 第19版, 南山堂, 東京.

26) Lavie N, Hirst A, Fockert JW, et al, (2004), Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology General*, 133, 339-354.

27) 岩瀬弘明, 村田伸, 日沖義治ほか, (2013), Trail Making TestとMini-Mental State Examinationとの関連. *ヘルスプロモーション理学療法研究*, 3(1), 1-4.