

原 著

高齢者の反応時間と一致タイミング・スキルに対する 身体トレーニングの効果

田 島 誠^{*1}

要 約

老化に伴う身体的機能の低下とともに、高齢者の知覚-運動スキルも低下することが知られている。そこで、本研究では高齢者の反応時間と一致タイミング・スキルに対する身体トレーニングの効果を明らかにすることを目的とした。60~81歳の高齢者26名と20~22歳の若年者17名が本実験に参加した。まず、全参加者の単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間を測定し、さらに一致タイミング課題を10試行遂行させた。その後、高齢者のみ、週1回2時間程度の身体トレーニングを4ヶ月間実施した。4ヶ月間のトレーニング終了後、再び、高齢者の単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間を測定し、一致タイミング課題を10試行遂行させた。トレーニング前的高齢者と若年者の反応時間とタイミング・エラーを比較すると、若年者よりも高齢者の単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間は有意に長く、タイミング・エラーも有意に大きかった。しかし、トレーニング後の単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間、タイミング・エラーはトレーニング前よりも有意に減少した。これらの結果から、老化によって反応時間と一致タイミング・スキルは低下するが、継続的な身体トレーニングによってそれらの能力をある程度回復させることができることが明らかとなった。つまり、身体トレーニングは高齢者の知覚-運動スキルを回復させる上で効果的であることが示された。

1. 緒言

高齢者の健康問題は、超高齢化が進む現在の日本にとって最優先すべき問題の1つである。これまでは高齢者を介護する立場から超高齢化の問題に取り組んできたが、今後ますます増加する高齢者数に対しては有効な対策とは言えなくなってきており、介護施設や介護者の不足、それに伴う介護者の重労働化、家族等の経済的負担の増加、過度な介護による健康寿命の短縮などの問題が現れてきている。今後の対策としては高齢者の健康寿命の延長、すなわち高齢者自身が健康で自立し、社会に対して積極的に活動していくことによってQOLを維持・向上していくことが求められる。そのためには自立し、さまざまな活動を実行する身体能力や認知機能、知覚-運動スキルがこれからの高齢者にとって必要と思われるが、老化によってこれらの能力が著しく低下す

ることが知られている。

例えば、中高齢になると身体の筋力が減少し筋力が著しく減少するなどの身体能力の低下は一般的にも知られている¹⁾。その他にも、老化による周辺視野での目標物の見落とし率の増加²⁾や視野異常³⁾、単純反応時間や選択反応時間、動作時間の顕著な低下^{4,7)}、姿勢バランス機能の低下^{8,9)}、自動車の運転中における視覚的-空間的注意力の低下¹⁰⁻¹³⁾等が報告されている。

また、自動車の運転時やスポーツ活動、日常生活上の活動において重要な知覚-運動スキルの一つである一致タイミング・スキル (coincident timing skill) が低下することも問題視されている¹⁴⁻¹⁶⁾。一致タイミング・スキルとは外部刺激に対して身体部位の動作を空間的・時間的に合わせる能力のことで

*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科
(連絡先) 田島 誠 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学
E-mail: mtajima@mw.kawasaki-m.ac.jp

ある。例えば、テニスや野球、サッカーなどの球技の場合では、飛んできたボールにラケットやバット、身体部位をうまく当たるようにコントロールする必要があり¹⁷⁻²⁴⁾、スポーツ活動時のパフォーマンスや日常生活の活動においては、この一致タイミング・スキルが非常に重要な能力となっている。

以上のような老化に伴うさまざまな身体能力や認知機能、知覚-運動スキルの低下に対する対策として、各自治体では健康運動教室等を定期的に開催し、高齢者の健康増進の啓発と共に、高齢者に対して適切な運動の指導や現在の運動能力の測定を行っている²⁵⁾。しかし、先行研究の多くが高齢者の身体能力の回復や運動に伴う精神状態の向上に着目しており、高齢者の認知機能や知覚-運動スキルに対する身体運動の効果については明らかにされていない。

そこで、本研究では高齢者を対象にした健康運動教室などで一般的に実施されている身体トレーニングを高齢者に4ヶ月間継続実施することによって、高齢者の低下した反応時間と一致タイミング・スキルに対する効果があるのかについて明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2.1 実験参加者

60～81歳の女性高齢者26名と20～22歳の若年者17名（男子6名と女子11名）の計43名が任意に実験に参加した。実験参加者には事前に実験目的と内容について書面と口頭によって説明し、同意を得た。

2.2 実験課題と実験装置

本実験の実験課題として、以下の4種類の運動課題を用いた。

1) 単純反応課題

1つの視覚刺激を提示し、1つの反応ボタンをできるだけ早く指先で押すことを要求した。その際に要した時間を単純反応時間とした。

2) 選択反応課題

2つの視覚刺激のどちらか一方を提示し、2つの反応ボタンの内のその刺激に対応した反応ボタンをできるだけ早く指先で押すことを要求した。その際に要した時間を選択反応時間とした。

3) 全身反応課題

1つの視覚刺激を提示し、フォースプレート上からできるだけ早くジャンプすることを要求した。その際に要した時間を全身反応時間とした。

4) 一致タイミング課題

①概要

この課題は専用的一致タイミング測定装置により制御されており、この装置は専用の入力ボード（竹井機器）を組み込んだPC（DELL; OptiPlex GX270）と実験ソフトウェア、スタートスイッチおよび反応ボタンによって構成されている。本実験では、図1のように17インチのモニター（Sony; Trinitron）の左側から移動マーカー（▲）が右側の目標マーカー（△）に向かって一定の速度で移動し、実験参加者が反応ボタンを押すことによって停止するように設定した。移動▲は実験者が任意のタイミングで実験参加者に分からないようにスタートスイッチを押してスタートし、移動▲が目標△と重なるタイミングを見越して反応ボタンを押すように実験参加者に教示した。ただし、移動▲は移動の途中からマスキングによって実験参加者には見えないように設定した。なお、本実験では移動▲の停止位置を1試行毎にモニター上に表示することによって、直前の反応の結果を実験参加者にフィードバックした。

②実験条件

上記の一致タイミング課題に対して、移動▲の移動速度を以下の2条件設定した。

- a) 低速条件：移動▲の速度500ピクセル/秒
- b) 高速条件：移動▲の速度1000ピクセル/秒

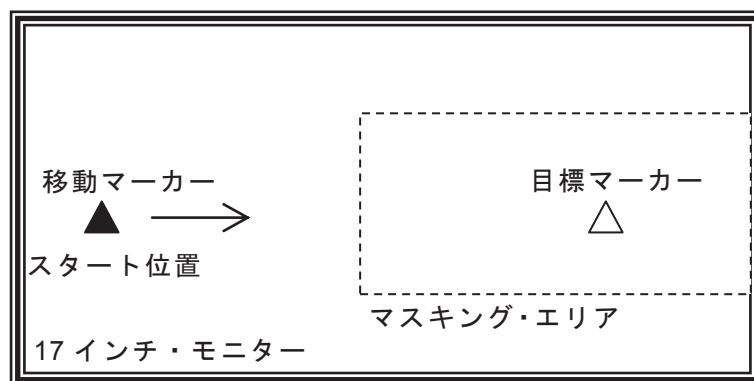


図1 本実験の一致タイミング課題

2.3 実験手続き

身体トレーニングを開始する前に、実験参加者全員に3種類の反応課題を実施し、単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間を測定した。続いて、一致タイミング課題を各速度条件下で10試行ずつ遂行させ、タイミング・エラーを測定した。

その後、高齢者群だけを対象に、健康運動実践指導者2名による週1回90分間（休憩含む）の軽度の身体トレーニングを4ヶ月間にわたって実施した。トレーニング内容は以下の通りである：

- 1) 首・腕・肩・体側・背中・胸・足・股関節・ハムストリングスのストレッチ
- 2) 手足の運動（手首の上下運動と回旋、グーチョキパー足上げ、ボール股挟み）
- 3) 肩回し
- 4) 肩・腕・足のマッサージ
- 5) ボール運動（片手投げ片手キャッチ、ボール落とし、2つ同時に投げキャッチ）
- 6) 筋力トレーニング（腹筋、背筋、腕立てふせ、スクワット、腿上げ、片足立ち）
- 7) セラバンドを使用した上腕と下肢の筋力トレーニング

4ヶ月間の身体トレーニング後、高齢者群の単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間、タイミング・エラーをトレーニング前と同様に測定した。

2.4 パフォーマンス指標と統計処理

単純反応課題と選択反応課題、全身反応課題では、各課題の反応時間をミリ秒単位で測定した。一致タ

イミング課題では、被験者がスイッチを押して止めた移動▲と目標△までのタイミング・エラーをミリ秒単位で測定し、絶対誤差（absolute error: AE）と恒常誤差(constant error: CE)、変動誤差(variable error: VE)をパフォーマンス指標として算出した。AEは目標から反応までの誤差の大きさの指標で、反応の正確性の判断基準とした。CEは目標に対する反応の偏りの指標で、反応のタイミングが目標に対して速かったのか遅かったのかという反応の方向性の判断基準とした。VEは平均値に対する反応の偏りの指標で、反応の偏りの大きさの判断基準とした。

統計処理として、高齢者群と若年者群の平均値の比較には対応のない1要因分散分析を、高齢者群のトレーニング前後の平均値の比較には対応のある1要因分散分析を用いた。各検定の有意水準は5%とした。

3. 結果

3.1 反応時間の比較

高齢者群と若年者群の単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間の平均値と標準偏差を図2に示した。これらの反応時間に対する老化の影響を検討するために、身体トレーニング前の高齢者群と若年者群の反応時間を比較した結果、単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間において高齢者群の反応時間は若年者群の反応時間よりも有意に長いことが示された（ $F(1,41)=13.092, 23.428, 58.934, ps<.001$ ）。

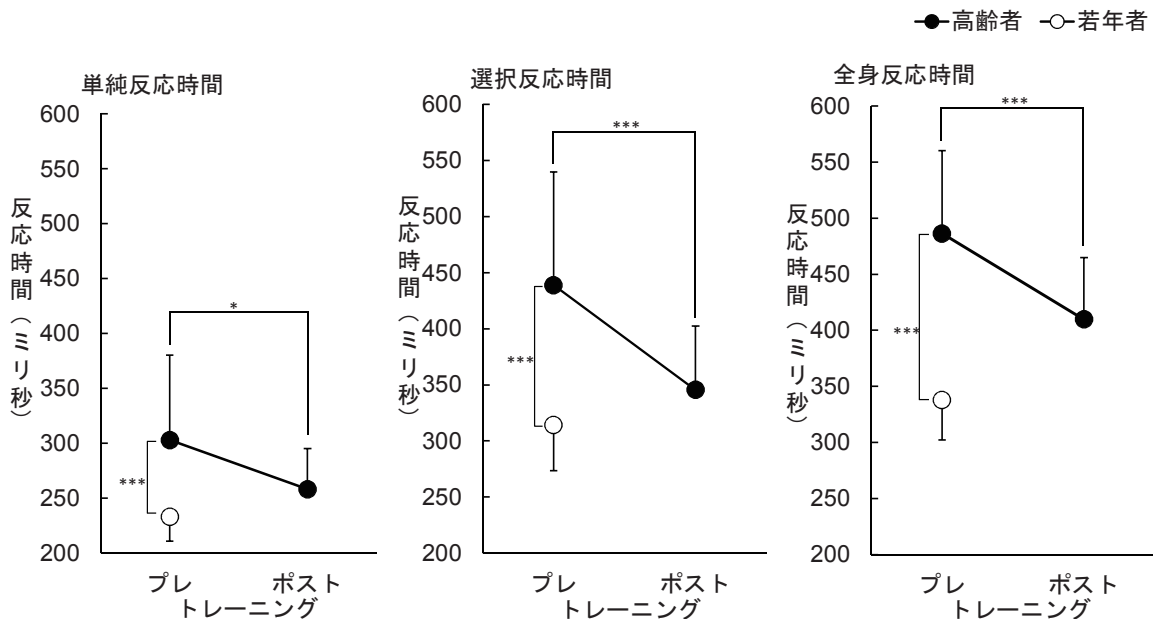


図2 単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間の平均値と標準偏差

*p<.05, ***p<.001

次に、4ヶ月間の身体トレーニングの効果を検討するために、高齢者群の身体トレーニング前後の反応時間を比較した結果、単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間において身体トレーニング前の反応時間よりも身体トレーニング後の反応時間の方が有意に小さいことが示された ($F(1,50)=7.082, 16.888, 17.914, p<.05, .001, .001$).

3.2 低速条件におけるタイミング・エラーの比較

低速条件における高齢者群と若年者群のAEとCE、VEの平均値と標準偏差を図3に示した。これらのタイミング・エラーに対する老化の影響を検討するために、身体トレーニング前的高齢者群と若年者群のタイミング・エラーを比較した結果、AEとCE、VEにおいて若年者群のタイミング・エラーよりも高齢者群のタイミング・エラーの方が有意に大きいことが示された ($F(1,41)=31.626, 21.488, 17.330, ps<.001$).

次に、4ヶ月間の身体トレーニングの効果を検討するために、高齢者群の身体トレーニング前後のタイミング・エラーを比較した結果、AEとCEにおいて身体トレーニング前のタイミング・エラーよりも身体トレーニング後のタイミング・エラーの方が有意に小さいことが示された ($F(1,50)=17.829, 12.132, 3.341, p<.001, .01, n.s.$).

3.3 高速条件におけるタイミング・エラーの比較

低速条件と同様に、高速条件における高齢者群と

若年者群のAEとCE、VEの平均値と標準偏差をFig.4に示した。これらのタイミング・エラーに対する老化の影響を検討するために、身体トレーニング前的高齢者群と若年者群のタイミング・エラーを比較した結果、AEとCE、VEにおいて若年者群のタイミング・エラーよりも高齢者群のタイミング・エラーの方が有意に大きいことが示された ($F(1,41)=17.675, 9.891, 14.342, p<.001, .01, .001$).

次に、4ヶ月間の身体トレーニングの効果を検討するために、高齢者群の身体トレーニング前後のタイミング・エラーを比較した結果、CEにおいて身体トレーニング前のタイミング・エラーよりも身体トレーニング後のタイミング・エラーの方が有意に小さいことが示された ($F(1,50)=1.510, 4.891, 0.689, n.s., p<.05, n.s.$).

4. 考察

本実験における若年者と高齢者の反応時間と一致タイミング課題でのタイミング・エラーを比較した結果から、高齢者の単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間、およびタイミング・エラーは若年者よりも有意に劣っていたことが示された。これらの結果から、刺激に対する反応時間と外部刺激にタイミングを合わせる一致タイミング・スキルが老化によって著しく低下することが明らかとなった。また、一致タイミング・スキルに関しては、本実験の結果は高齢者と大学生の一致タイミング・スキルを比較した先行研究¹⁶⁾と同様の結果を示しており、老化

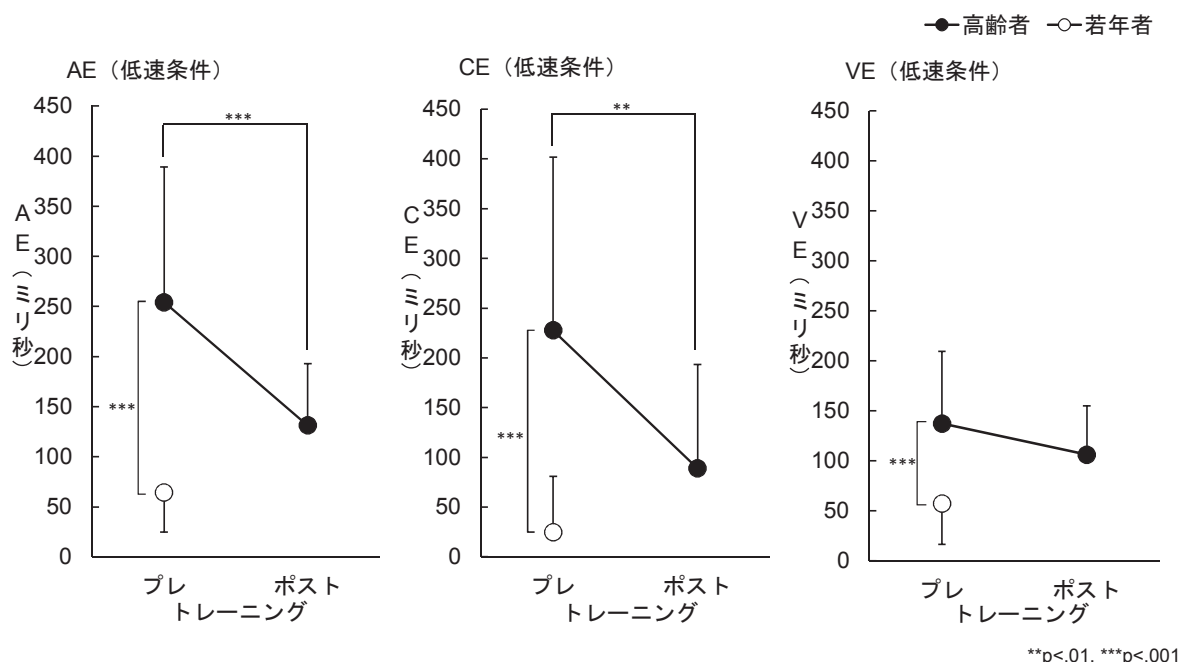


図3 低速条件におけるAEとCE、VEの平均値と標準偏差

p<.01, *p<.001

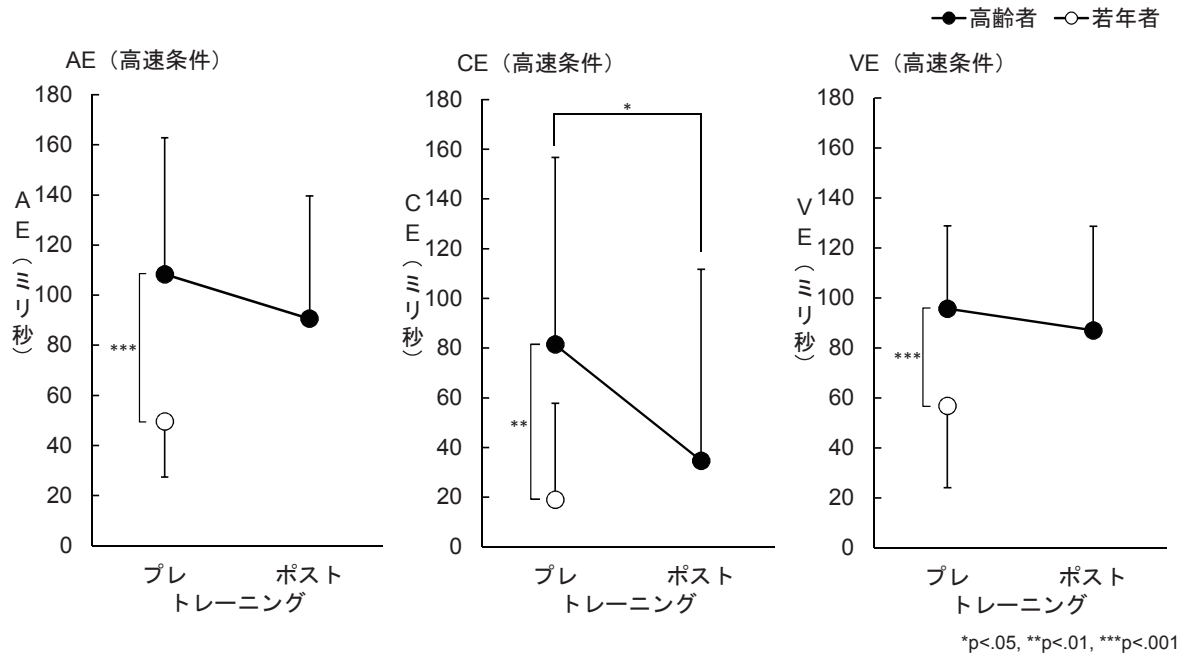


図4 高速条件におけるAEとCE、VEの平均値と標準偏差

によって一致タイミング・スキルが顕著に低下することを改めて認識することができた。緒言にも示したように、この一致タイミング・スキルや刺激に対する反応時間、特に選択反応時間はテニスや野球などのスポーツ競技において重要なスキルであるが、日常生活においても必要なスキルである。特に、自動車の運転においては必須のスキルであり、高齢者の自動車による交通事故が増加している原因の一つとして、一致タイミング・スキルや反応時間の低下が考えられる。

さらに、老化に伴う全身反応時間の低下に関して言えば、全身反応課題は主に下半身の筋肉を使用するため、老化によって筋肉量の減少した高齢者では若年者よりも全身反応時間が劣るのは当然の結果と言える。他方、単純反応時間に関して、本実験の単純反応課題は全身反応課題のように大きな筋肉を動かす必要なく、指先をわずか1~2mm程度動かすだけであるにもかかわらず、老化に伴う顕著な反応時間の低下が認められた。これは老化による神経伝達速度の低下が原因であると考えられ⁴⁷⁾、老化は身体能力だけでなく、神経系や状況判断能力等にも影響を及ぼしていることが明らかとなった。以上のことを考えると、今後の超高齢化社会を迎えるに当たって、老化によって身体能力や認知機能、知覚-運動スキルが低下し、身体活動や社会活動が減少した高齢者の健康問題やQOL低下の問題に対しては早急な対策が必要である。

次に、本研究の主目的である、老化によって低下

した反応時間と一致タイミング・スキルに対する身体トレーニングの効果について検討すると、高齢者の単純反応時間と選択反応時間、全身反応時間は4ヶ月間の身体トレーニングによって有意に減少することが示された。特に、認知的な判断力を必要とする選択反応と下半身の大きな筋力の発揮を必要とする全身反応において、反応時間の顕著な減少が認められた。同時に、一致タイミング課題におけるタイミング・エラーに対しても改善が示された。

これらの結果から、4ヶ月間の身体トレーニングは高齢者の反応時間と一致タイミング・スキルを向上させたことが明らかになった。特に興味深い点は、本実験で用いた運動課題は、全身反応課題以外は指先でボタンを1~2mm程度押すだけで、筋力や持久力等をほとんど必要としない運動であるにもかかわらず、身体トレーニングの効果が認められたことである。これは、上述したように、老化によって顕著な反応時間の低下が引き起こされている身体状態においては、軽度の身体トレーニングであっても、老化による神経伝達速度を回復することが可能であることを示唆している。つまり、高齢者の日常生活で必要となる反応速度と一致タイミング・スキルの低下に対して身体トレーニングは有効であることが見出された。

この知見は、特に高齢者の選択反応速度や一致タイミング・スキルの向上を情報処理過程の観点から考えた場合にも認めることができる。選択反応速度は、提示された視覚刺激の種類を同定し、適切な反

応を選択するという情報処理を経て指先の反応として出力される。一致タイミング・スキルも同様に、提示された視覚刺激の移動速度を同定し、適切なタイミングで反応を出力するという情報処理過程が必要である。つまり、高齢者の情報処理過程における刺激同定段階と反応選択段階の処理速度が、本実験の身体トレーニングによって向上したと考えられる。これは、身体トレーニングによって、情報伝達速度が回復するだけでなく、認知的な情報処理機能の回復も期待できることを示唆している。このこと

からも、高齢者が適度な身体運動を継続することは健康問題や QOL の向上に対しても有効であると考えられる。

本研究にあたり、実験にご協力いただいた参加者の皆様に深く感謝申し上げます。なお、本研究は平成23-26年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金（基盤研究（C）課題番号23500766））の助成を受けて実施したものの一部である。

文 献

- 1) 福永哲夫：中高年者の筋量と筋力。体育の科学, 50(11), 864-870, 2000.
- 2) 秋山勉, 水戸部一孝, 吉村昇, 高橋誠：高齢者の知覚運動機能に関する研究。映像情報メディア学会技術報告, 21, 49-56.
- 3) 金光義弘：高齢運転者における視野異常の実態－視野の経年変化に関する調査的研究を通して－。川崎医療福祉学会誌, 13(2), 257-262, 2003.
- 4) 青木純一郎：高齢者の反応時間。体育科学, 19, 67-72, 1991.
- 5) 時任真一郎, 西平賀昭, 八田有洋, 秋山幸代, 和坂俊昭, 金田健史, 麓正樹：前期高齢者の反応時間低下のメカニズムに関する研究－課題遂行による差異から－。体力科学, 50, 303-312, 2001.
- 6) 時任真一郎, 西平賀昭, 八田有洋, 秋山幸代, 金田健史, 木田哲夫：前期高齢者の運動課題遂行時における事象関連電位 P300 と反応時間に関する研究。臨床神経生理学, 31(3), 318-326, 2003.
- 7) 植屋春見：高齢者の反応時間と神経支配。教育医学, 32, 32-33, 1986.
- 8) 島田裕之, 内山靖：高齢者に対する3ヶ月間の異なる運動が静的・動的姿勢バランス機能に及ぼす影響。理学療法学, 28(2), 38-46, 2001.
- 9) 塩田琴美, 池田誠：多様な外乱刺激を加えた歩行練習が運動機能に与える影響。日本保健科学学会誌, 8(3), 139-146, 2005.
- 10) Brouwer WH, Waterink W, Van Wolfelaar PC, and Rothengatter T: Divided attention in experienced young and older drivers: lane tracking and visual analysis in a dynamic driving simulator. *Human Factors*, 33(5), 573-582, 1991.
- 11) Lee HC, Lee AH, and Cameron D: Validation of driving simulator by measuring the visual attention skill of older adult drivers. *The American Journal of Occupational Therapy*, 57(3), 324-328, 2003.
- 12) 三浦利章, 石松一真：高齢者の認知機能－視覚的注意・有効視野を中心として－。老年精神医学雑誌, 16(7), 785-791, 2005.
- 13) Perryman KM and Fitten LJ: Effects of normal aging on the performance of motor-vehicle operational skills. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 9(3), 136-141, 1996.
- 14) Lobjois R, Benguigui N, and Bertsch J: Aging and tennis playing in a coincidence-timing task with an accelerating object: the role of visuomotor delay. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76(4), 398-406, 2005.
- 15) Lobjois R, Benguigui N, and Bertsch J: The effect of aging and tennis player on coincidence-timing accuracy. *Journal of aging and physical activity*, 14(1), 74-97, 2006.
- 16) 田島誠：一致タイミング・スキルに対するエイジングの影響。川崎医療福祉学会誌, 17(2), 381-387, 2008.
- 17) Benguigui N and Ripoll H: Effects of tennis practice on the coincidence timing accuracy of adults and children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(3), 217-223, 1998.
- 18) Les WR, Katene WH, and Fleming K: Coincidence timing of a tennis stroke: effects of age, skill level, gender, stimulus velocity, and attention demand. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(1), 28-37, 2002.
- 19) Molstad SM, Kluka DA, Love PA, Baylor KA, Covington NK, and Cook TL: Timing of coincidence anticipation by NCAA division I softball athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 79(3), 1491-1497, 1994.
- 20) Ripoll H and Latiri I: Effect of expertise on coincident-timing accuracy in a fast ball game. *Journal of Sports Sciences*, 15(6), 573-580, 1997.

- 21) Williams LR: Coincidence timing of a soccer pass: effects of stimulus velocity and movement distance. *Perceptual and Motor Skills*, **91** (1), 39–52, 2000.
- 22) 調枝孝治：一致タイミング作業における結果の知識とマスキングの効果. *スポーツ心理学研究*, **9**, 38–40, 1982.
- 23) 調枝孝治：運動開始前の微調整の研究（Ⅲ）—一致タイミング課題の見越指標の検討—. *スポーツ心理学研究*, **14**, 110–113, 1987.
- 24) 松尾知之：視標速度と一致タイミング反応—仮視運動による高速度条件下での反応—. *スポーツ心理学研究*, **18**, 94–95, 1991.
- 25) 厚生労働省：21世紀における国民健康づくり運動（健康日本21）の推進について. 厚生労働省 HP (<http://www.mhlw.go.jp/>), 2000.

（平成26年11月10日受理）

Effects of Physical Training on Elderly People's Reaction Time and Coincident Timing Skill

Makoto TAJIMA

(Accepted Nov. 10, 2014)

Key words : aging, physical training, reaction time, coincident timing

Abstract

Aging decreases not only physical strength but perceptual and motor skills. This study examined the effect of physical training on elderly people's response speed and coincident timing skills. 26 elderly people (aged 60-81) and 17 younger people (aged 20-22) participated in this study. To begin with, all participants were measured for simple, choice, and whole body reaction times (SRT, CRT, and WRT). Furthermore, they performed 10 trials in a coincident timing task. Then, only the elderly group trained for four months at a rate of once a week. Finally, the elderly group was measured for SRT, CRT, and WRT, and performed the coincident timing task again. The SRT, CRT, WRT, and timing error in the elderly group were significantly longer than in the younger group. However, the SRT, CRT, WRT, and timing error in the post-training were significantly shorter than in the pre-training. These results showed that although aging decreased the response speed and the coincident timing performance, continuous physical training made them improve to some extent. It follows from these results that the physical training is effective in the restoration of elderly people's perceptual and motor skills.

Correspondence to : Makoto TAJIMA

Department of Health and Sports Science

Faculty of Health Science and Technology

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-0193, Japan

E-mail : mtajima@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.24, No.2, 2015 165 – 172)