

■ 原著

地域住民における脳機能チェック・トレーニングツールの使用が認知機能と行動変容に与える影響

Effect of cognitive function and behavior modification using brain function check and training tools in community-dwelling adults

黒瀬 聖司¹⁾, 山中 裕¹⁾, 藤井 彩²⁾, 堤 博美¹⁾, 木村 穰^{1,2)}

Satoshi Kurose¹⁾, Yutaka Yamanaka¹⁾, Aya Fujii²⁾, Hiromi Tsutsumi¹⁾, Yutaka Kimura^{1,2)}

1) 関西医科大学健康科学教室

〒573-1010 大阪府枚方市新町 2-5-1

TEL: 072-804-2334

E-mail: kurosesa@hirakata.kmu.ac.jp

2) 関西医科大学附属病院健康科学センター

1) Department of Health Science, Kansai Medical University

2-5-1 Shinmachi, Hirakata, Osaka 573-1010, Japan

+81-72-804-2334

2) Health Science Center, Kansai Medical University Hospital

保健医療学雑誌● (●): xx-xx, xxxx. 受付日 2019年11月22日 受理日 2020年3月20日

JAHS ● (●): xx-xx, xxxx. Submitted Nov. 22, 2019. Accepted Mar. 20, 2020.

ABSTRACT:

The present study aimed to examine the effects of brain function check and training tools on cognitive function and behavior modification in 59 community-dwelling people. Cognitive function was evaluated using CogEvo Ri, and the cognitive training was one month of free access to CogEvo personal. In addition, we evaluated a questionnaire survey on mood profiles, quality of life, fatigue, physical activity and behavioral changes. Orientation, recent memory, planning and working memory were significantly improved after cognitive training. Moreover, cognitive training significantly improved mood profile and fatigue. Stepwise regression analysis revealed age, cognitive function at baseline and the total usage of CogEvo personal as an independent predictor of change in average accuracy rate of cognitive function. In conclusion, it was suggested that the use of CogEvo contributed to interest in the need to prevent dementia and the development of new behavior.

Key words: Brain function training, Cognitive function, Behavior modification

要旨：

本研究は、脳機能トレーニングツール（脳活バランサーCogEvo Personal：脳トレ）を1ヶ月間自由に使用してもらい、認知機能や予防行動の変化を検証した。地域在住の59例（平均年齢55.7±10.5歳）を対象とした。脳トレ前後にCogEvo Riによる認知機能を評価し、気分プロフィール、生活の質、疲労感、身体活動量および行動変化のアンケート調査を行った。その結果、時の見当識、近時記憶、計画力、作業記憶が向上し、気分プロフィールの改善や疲労感の軽減も認めた。また、時の見当識と注意力の正解率の変化は各認知課題の脳トレ実施回数と関連し、認知機能全体の平均正解率の変化を規定する因子は、年齢や脳トレ前の平均正解率とは独立して、脳トレの総実施回数が抽出された。CogEvoの使用は、認知症予防の必要性を自覚させるだけでなく、新たな行動発生にも寄与することが示唆された。

キーワード：脳機能トレーニング、 認知機能、 行動変容

はじめに

我が国の総人口に占める高齢者人口の割合は28.1%となり、過去最高となった¹⁾。2025年問題として、医療や介護需要の急増が懸念されており、健康寿命の延伸が重要課題となっている。平成30年版高齢者社会白書では、介護が必要となった主な原因の1位は認知症で18.7%である²⁾。認知症の前段階として認知機能の低下があり、記憶、遂行機能、情報処理能力などの領域が障害されやすい³⁾。また、認知機能と日常生活機能には関連があることが報告されている⁴⁾。つまり、健康寿命の延伸には認知症予防が重要となり、軽度認知障害（Mild Cognitive Impairment: MCI）の早期発見だけでなく、MCIになる前の一次予防が健康寿命の延伸や医療・介護費の削減に貢献できる可能性が高い。

従来の認知機能検査には、長谷川式認知症スケールや精神状態短時間検査（Mini-Mental State Examination: MMSE）がある。近年、情報通信技術（Information and Communication Technology: ICT）を活用した検査システムは認知神経科学と臨床試験で広く使用され始めた⁵⁾。コンピュータ化された評価ツールは、神経心理学の専門家が実施しなくても施行可能であり、汎用性が高い⁶⁾。我が国からも認知機能の評価とトレーニングが行える脳機能チェック・トレーニングツール（脳活バランサーCogEvo）が開発された。CogEvo（コグエボ）は認知機能の評価用としてCogEvo Ri、トレーニング用としてCogEvo personalの2種類がある。この機器は、モノのインターネット（Internet of Things: IoT）を活用したインターネットクラウドシステムであり、ゲーム感覚でタスクをしながら個々の認知機能の状態（見当識、注意力、記憶力、計画力、空間認識

力）や経時変化を可視化することができる。先行研究において、CogEvoのタスクである高次脳機能、空間認識力や注意力がMMSEと関連することが実証されている⁷⁻⁹⁾。

一方、パソコンやタブレットを使用した認知機能トレーニング（脳トレ）は、実施した課題の成績は向上するが、各課題と無関係の認知機能は改善しないことが報告された¹⁰⁾。システムティック・レビューでは、脳トレは認知機能の正常者には改善効果が見られるが、MCIには効果が示されないことが明らかになった¹¹⁾。また、脳トレに限らず、中年期のパソコン利用などの頭脳を使う活動の種類が増えるほどMCIを発症するリスクが低下することも報告されている¹²⁾。すなわち、認知機能が正常な段階で様々な脳トレが実施できれば、将来のMCIや認知症予防に貢献できる可能性がある。

予防行動や健康教育への働きかけは、知識伝達型やコンプライアンスを重視した指示型では行動変容の促進には繋がらず、個人の自発的な行動変容を支援する取り組みが効果的である^{13,14)}。そのため、予防行動は決められた介入方法を強制的に行うのではなく、その必要性に自ら気づき、実行すべきである。また、行動変容が起こる過程では、自己効力感や気分などの変化が起こることも考えられている¹⁵⁾。そこで本研究は、地域住民にCogEvo Personalを自由に1ヶ月間使用してもらい、認知機能や予防行動の変化について検証することを目的とした。

対象と方法**対象**

神戸市の公益財団法人神戸医療産業都市推進機構が募集したヘルスケア開発市民サポーター

Table 1 Characteristics of subjects

	n = 59
Age (years)	55.7±10.5
Male, n (%)	29 (48.3)
Height (cm)	165.3±8.4
Body Weight (kg)	61.9±13.2
Body mass index (kg/m ²)	22.4±3.3
Obesity, n (%)	14 (23.3)
Hypertension, n (%)	6 (10.0)
Dyslipidemia, n (%)	1 (1.7)
Diabetes Mellitus, n (%)	6 (10.0)
Smoking, n (%)	24 (40.0)
Alcoholic drinks, n (%)	49 (81.7)
Exercise habits, n (%)	26 (43.3)
Work, n (%)	48 (80.0)
College graduates, n (%)	36 (60.0)

Values are expressed as the mean ± SD.

に対して、2018年9～10月にチラシによる公募を行った。研究参加期間は、①2018年10～11月と②11月～12月から選んでもらい、インターネットに接続可能なタブレット端末 (iOS・Android・Windows) を使用できる68例から申し込みがあった。その内、脳トレ介入前後の認知機能評価が可能であった59例を解析対象とした (Table 1)。除外基準は重篤な心血管障害、肝機能障害、腎機能障害、呼吸障害、内分泌障害、代謝障害、慢性疲労症候群、認知症に罹患している例とした。本研究は、関西医科大学倫理審査委員会の承認を得て実施し、全ての被験者に対して研究の主旨、内容および注意点を説明し、書面にて研究参加の同意を得た (承認番号：2018041)。なお、被験者数は統計ソフト G Power¹⁶⁾を用いて有意水準 0.05、検出力 0.8、効果量 0.5 にて設定し、35例の被験者で検定可能であった。

研究プロトコール

本研究は、単一群の介入研究である。CogEvo personal による脳トレは1ヵ月間自由に取り組むよう指示し、その前後で主要評価項目と副次評価項目を測定した。主要評価項目は CogEvo Ri (株式会社トータルブレインケア社製) を用いた認知機能 (記憶力、空間認識力、見当識、注意力、計画力) と認知症予防の行動とした。副次評価項目

は気分プロフィール、生活の質 (Quality of Life: QOL)、自己効力感、主観的疲労感、身体活動量とした。

なお、本研究期間中は、CogEvo personal の実施以外の日常生活を変化させないように指示した。

認知機能の評価と脳機能トレーニング

認知機能の評価は CogEvo Ri を用いて、1ヶ月間の脳トレ前後に評価した。対象者は指定した会議室に集まり、一斉かつ同時間帯に行った。システムはタブレット端末を用いて即時記憶 (ことば記憶)、空間認識力 (ジャストフィット)、時の見当識 (時間管理)、注意力 (視覚探索)、選択的注意 (色あて)、近時記憶 (ことば再生)、計画力 (ルート 99)、作業記憶 (フラッシュライト) の8項目の課題を行った。各課題は音声と文字で課題の説明と出題を行い、脳トレ前後の脳機能評価は同じタブレット端末を使用した。

- 1) 即時記憶 (ことば記憶) : 16枚のカードに書かれたことばを1分間で全て覚えて、後で該当カードを選択する。 (回答制限時間 : 30秒)
- 2) 空間認識力 (ジャストフィット) : 見本の図形と同じ図形を選択肢の中から見つける。 (回答制限時間 : 7秒)
- 3) 時の見当識 (時間管理) : 日付や曜日、時間を尋ねる問題に答える。問題文を読み、選択肢の中から回答する。 (回答制限時間 : 7秒)
- 4) 注意力 (視覚探索) : 指示された順番で素早く正確に、全てのボタンを押していく。 (ステージ制限時間 : 60秒)
- 5) 選択的注意 (色あて) : 画面の文字の「意味」と「色」、課題の音声が一致しているかどうかを判断して○か×で答える。 (回答制限時間 : 3秒)
- 6) 近時記憶 (ことば再生) : 表示されるカードの中から上記1)で覚えたカードを思い出し、該当カードを選択する。 (回答制限時間 : 30秒)
- 7) 計画力 (ルート 99) : 6×6のマスの左下からスタートし、上下左右にマスを進み、1から数字の順に全て通過して右上のゴールを目指す。同じマスを2度通ることはできない。 (ステージ制限時間 : 30秒/45秒)
- 8) 作業記憶 (フラッシュライト) : 4つのライトが光る順番を記憶し、次にその順番でライトを押していく。 (回答制限時間 : 光る個数+2秒)

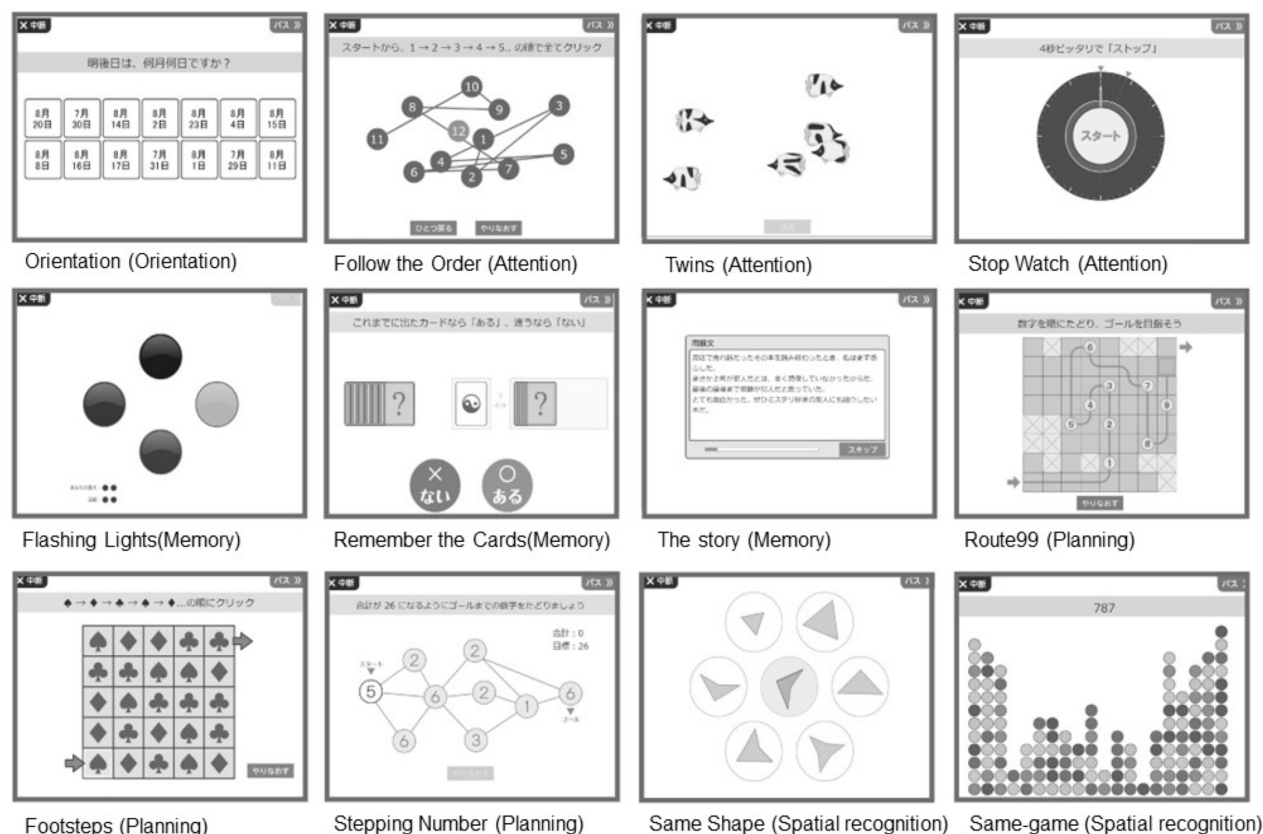


Figure.1 Twelve tasks of CogEvo personal

Orientation: Orientation; Attention: Follow the order, Twins, Stop Watch; Memory: Flashing Lights, Remember the Cards, The story; Planning: Route99, Footsteps, Stepping Number; Spatial recognition: Same Shape, Same-game

脳トレは、個人向けに開発されクラウド化された CogEvo Personal を使用した。CogEvo Personal は 12 課題から構成されている (Figure.1)。脳トレの結果は最新と過去のデータをレーダーチャートやトレンドグラフで経時変化を見ることができ、各課題の現状が 6 段階のレベルで表示される。CogEvo Personal は個人の意思で自由に使用するように指示し、各自のタブレット端末で実施してもらった。

測定項目

気分プロフィール

気分の評価は、気分プロフィール検査 (Profile of Mood States2: POMS2) を用いて「怒り-敵意」、「混乱-当惑」、「抑うつ-落ち込み」、「疲労-無気力」、「緊張-不安」、「活気-活力」、「友好」の 7 尺度とネガティブな気分状態を総合的に表す総合的気分状態得点を算出した。得点は標準化するために T 得点に換算した。

QOL

QOL の評価は、健康関連 QOL 尺度 (Short form 36 health survey version2: SF-36) を用いて「身体機能」、「日常役割機能-身体」、「体の痛み」、「全体的健康感」、「活力」、「社会生活機能」、「日常役割機能-精神」、「心の健康」を評価した。8 尺度は国民標準値を 50 点とする T 得点に換算した。また下位尺度の得点から身体的健康度 (Physical Component Summary: PCS)、精神的健康度 (Mental component summary: MCS) を算出した。

自己効力感

自己効力感の評価は、一般性セルフ・エフィカシー尺度 (General self-efficacy scale: GSES) を用いて、16 の質問項目から 2 件法で合計得点を算出した。

主観的疲労感

主観的疲労感の評価は、視覚的評価スケール

(Visual Analogue Scale: VAS) を用いた。VAS は 100 mm の横直線に対し、疲労感について左端に「疲れをまったく感じない最良の感覚」、右端に「何もできないほど疲れきった最悪の感覚」と設定した。その横直線上に、現在の主観的な疲労感を×印を入れてもらい、左端から×印までの距離を mm 単位で計測した値を評価した。

身体活動量

身体活動量の評価は、国際標準化身体活動質問票 (International Physical Activity Questionnaire: IPAQ) 短縮版を用いた。1 回につき少なくとも 10 分以上続けて行う高強度身体活動、中等度強度身体活動、歩行活動の週当たりの日数と 1 日当たりの時間から平均的な 1 日のエネルギー消費量を算出した。また 1 日の座位時間も評価した。

認知症予防の行動変化に関するアンケート

認知症予防の行動変化に関するアンケートは独自で作成し、2 件法で評価した。「認知症予防に関心があるか」と「認知症予防は自分に必要であるか」は脳トレ前後で評価し、「認知症予防に取り組んでいるか」と「認知症予防のために新たに組みたいか」は脳トレ前のみ、「認知症予防のために新たな取り組みを行ったか」は脳トレ後のみに評価した。

統計処理

測定値は全て平均値±標準偏差で示した。認知機能は正解率と所要時間を評価し、脳トレは各課題の使用頻度を分析した。正規性の検定は、Shapiro-Wilk 検定を用いた。脳トレ前後の各指標の変化は Wilcoxon の符号付き順位検定と McNemar 検定、CogEvo personal の実施課題の比較は Friedman 検定と Bonferroni の多重比較検定を用いた。認知機能の変化と脳トレ実施回数の関連性は Spearman の順位相関係数を用いた。脳トレの総実施回数の四分位による比較は Kruskal-Wallis 検定と Bonferroni の多重比較検定、 χ^2 乗検定と残差分析を用いた。また、CogEvo Ri による認知機能の平均正解率の変化を規定する因子を検討するために、ステップワイズ重回帰分析を用いた。

統計処理は、統計ソフト SPSS ver21 for Windows を用い、有意水準は 5%未満とした。

結果

CogEvo personal の実施回数

本研究では、CogEvo personal を 1 ヶ月間自由に使用してもらった結果、1 人当たりの平均実施回数は 176.8 ± 201.4 回であり、最大 862 回、最低 0 回 (8 例) であった。各課題別にみると、さめがめ (空間認識力) の実施が他の課題に比べて有意に高値であった (Table 2)。

Table 2 Usage frequency of CogEvo personal

Cognitive function	Task	Total usage
Orientation	Orientation	16.5±16.7
Attention	Follow the Order	15.4±16.1
	Twins	4.9±7.2
	Stop Watch	6.1±8.0
Memory	Flashing Lights	20.7±25.1
	Remember the Cards	8.1±20.2
	The story	4.9±6.7
Planning	Route99	15.6±17.0
	Footsteps	4.6±2.0
	Stepping Number	4.3±6.7
Spatial recognition	Same Shape	17.6±22.2
	Same-game	58.2±104.7**

Values are expressed as the mean ± SD.

** $p < 0.01$ vs. other tasks

脳トレ前後の各指標の変化

CogEvo Ri の認知機能の正解率は、時の見当識、近時記憶、計画力、作業記憶が有意に向上し、全体の平均値も有意に向上した (Figure.2)。また、認知機能の各課題実施時の所要時間は、時の見当識と計画力で有意に短縮したが、作業記憶は有意に延長した (Figure.3)。

気分プロフィールは、怒り-敵意、抑うつ-落ち込み、疲労-無気力、緊張-不安、友好で有意に低下し、総合的な気分状態も有意に低下した (Table 3)。QOL は、心の健康が有意に向上した。また、主観的疲労感は無意に低下したが、自己効力感は無意な変化を認めなかった。

アンケート項目において、認知症予防への関心や認知症予防の必要性は、介入前後で有意な変化を認めなかった。脳トレ前に認知症予防に取り組んでいるのは 14 例 (23.7%)、認知症予防に新たに組みたいと感じているのは 54 例 (91.5%) であった。脳トレ後、認知症予防のために新たな

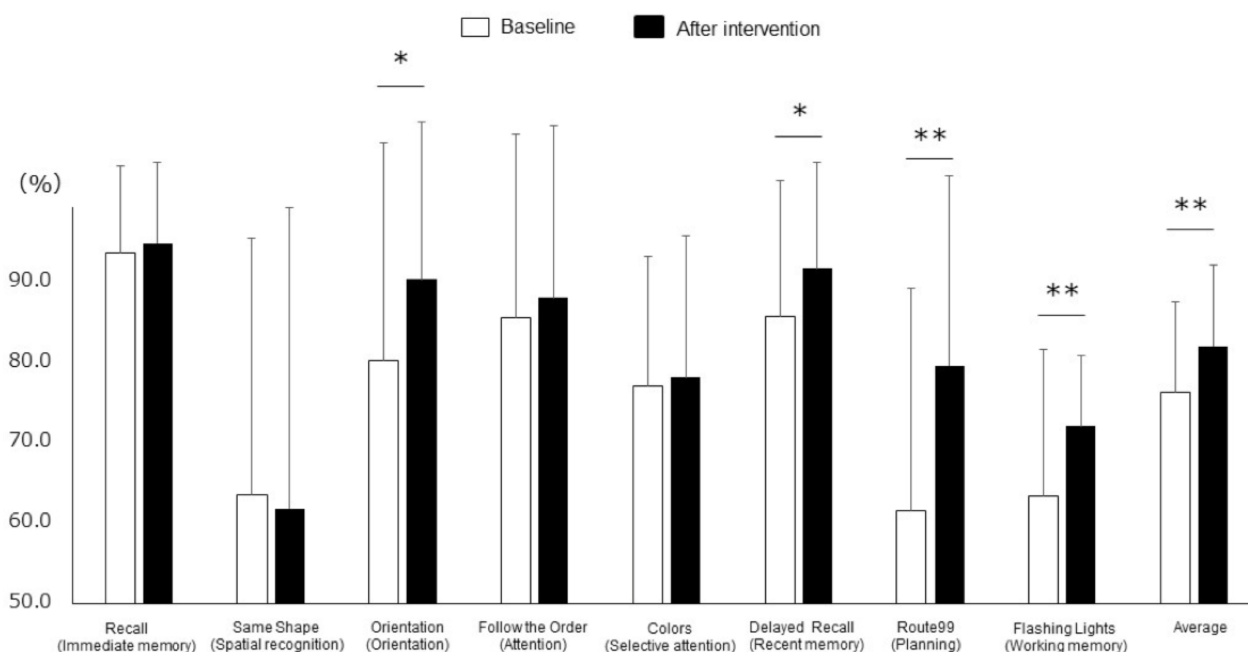


Figure.2 Changes in the accuracy rate of cognitive tasks* $p<0.05$, ** $p<0.01$: Baseline vs. After intervention

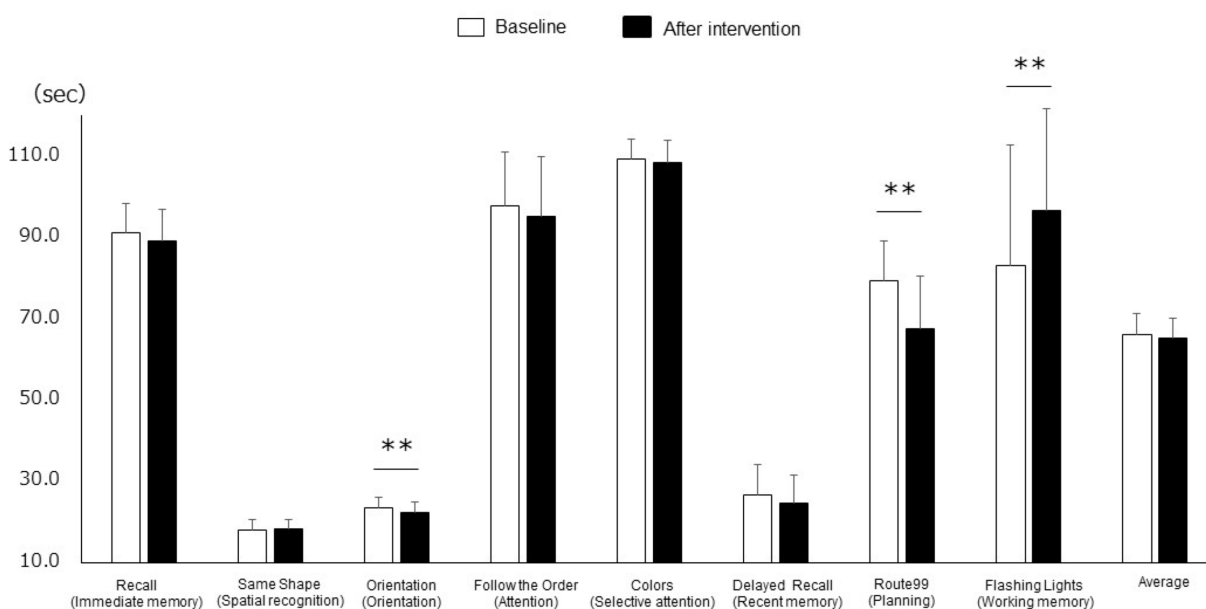


Figure.3 Changes in the time required for cognitive tasks * $p<0.05$, ** $p<0.01$: Baseline vs. After intervention

取り組みを行ったのは 21 例 (35.6%) であった。脳トレ使用前後の認知症予防の意識や行動変化では、脳トレ前に認知症予防の必要性を感じており、脳トレ後に新たに予防行動を始めたのは 20 例 (40.8%), 必要性を感じておらず予防行動を始めたのは 1 例 (10.0%) へと有意に変化した (Figure.4)。また、脳トレ前に認知症予防に取り組んでおり、脳トレ後に認知症予防の必要性を感じたのは 13

例 (92.9%), 取り組んでおらず必要性を感じたのは 37 例 (82.2%) へと有意に変化した。一方、有意な変化は認めなかったが、脳トレ前に認知症予防に取り組んでおらず、新たに取り組みを始めたのは 11 例 (24.4%), 認知症予防に取り組みたくないと感じていても、新たに取り組みを始めたのは 5 例 (100%) であった。

Table 3. Changes in each variable after CogEvo personal

	Baseline	After intervention	p value
Profile of Mood States			
Anger-Hostility (points)	46.9±8.1	45.0±6.5	0.018
Confusion-Bewilderment (points)	47.8±8.9	46.9±9.5	0.136
Depression-Dejection (points)	47.8±8.0	46.5±8.8	0.007
Fatigue-Inertia (points)	46.4±9.0	44.2±7.8	0.015
Tension-Anxiety (points)	47.7±9.0	45.1±8.4	0.009
Vigor-Activity (points)	55.9±10.9	53.0±10.4	0.223
Friendliness (points)	55.4±9.8	53.0±10.6	0.006
Total Mood Disturbance (points)	46.2±8.5	44.6±8.8	0.016
Quality of Life			
Physical functioning (points)	52.6±8.3	52.7±8.7	0.939
Physical role functioning (points)	50.8±8.0	50.7±8.6	0.969
Bodily pain (points)	50.4±8.4	50.4±8.9	0.613
General health perceptions (points)	52.6±8.0	51.6±7.7	0.354
Vitality (points)	51.0±7.9	50.9±8.8	0.938
Social role functioning (points)	49.9±9.3	50.7±9.5	0.315
Emotional role functioning (points)	49.1±8.4	50.6±8.2	0.054
Mental health (points)	48.8±8.9	50.6±8.2	0.033
Physical Component Summary (points)	51.5±8.0	50.5±11.2	0.994
Mental Component Summary (points)	49.9±8.5	50.0±9.7	0.551
Self-efficacy			
General self-efficacy scale (points)	9.6±4.5	10.1±4.3	0.210
Subjective fatigue			
Visual analogue scale (mm)	42.8±19.1	17.4±19.9	<0.001
Physical activity			
energy expenditure (kcal/day)	277.7±300.1	299.3±385.0	0.819
Sitting time (min/day)	473.6±253.4	409.8±229.4	0.069
Questionnaire survey			
Interested in dementia prevention, n (%)	58 (98.3)	59(100.0)	-
Need dementia prevention, n (%)	49 (83.1)	50 (84.7)	1.000
Working on dementia prevention, n (%)	14 (23.7)	NA	NA
Hope to start new efforts for dementia prevention, n (%)	54 (91.5)	NA	NA
Started new efforts for dementia prevention, n (%)	NA	21 (35.6)	NA

Values are expressed as the mean ± SD.

NA: Not applicable

認知課題の正解率の変化と脳トレの実施回数の関係

△時の見当識の正解率は、脳トレ課題の見当識、視覚探索（注意力）、フラッシュライト（記憶力）、ストーリー（記憶力）、ステップ（計画力）、ジャストフィット（空間認識力）、さめがめ（空間認識力）の実施回数および全課題の総実施回数との間に有意な正の相関関係を認めた（Table 4）。また、

△注意力の正解率は見当識、視覚探索（注意力）、フラッシュライト（記憶力）、ストーリー（記憶力）、ジャストフィット（空間認識力）、さめがめ（空間認識力）の実施回数および総実施回数との間に有意な正の相関関係を認めた。他の認知機能の正解率の変化は、各脳トレ回数との間に相関関係を認めなかった。

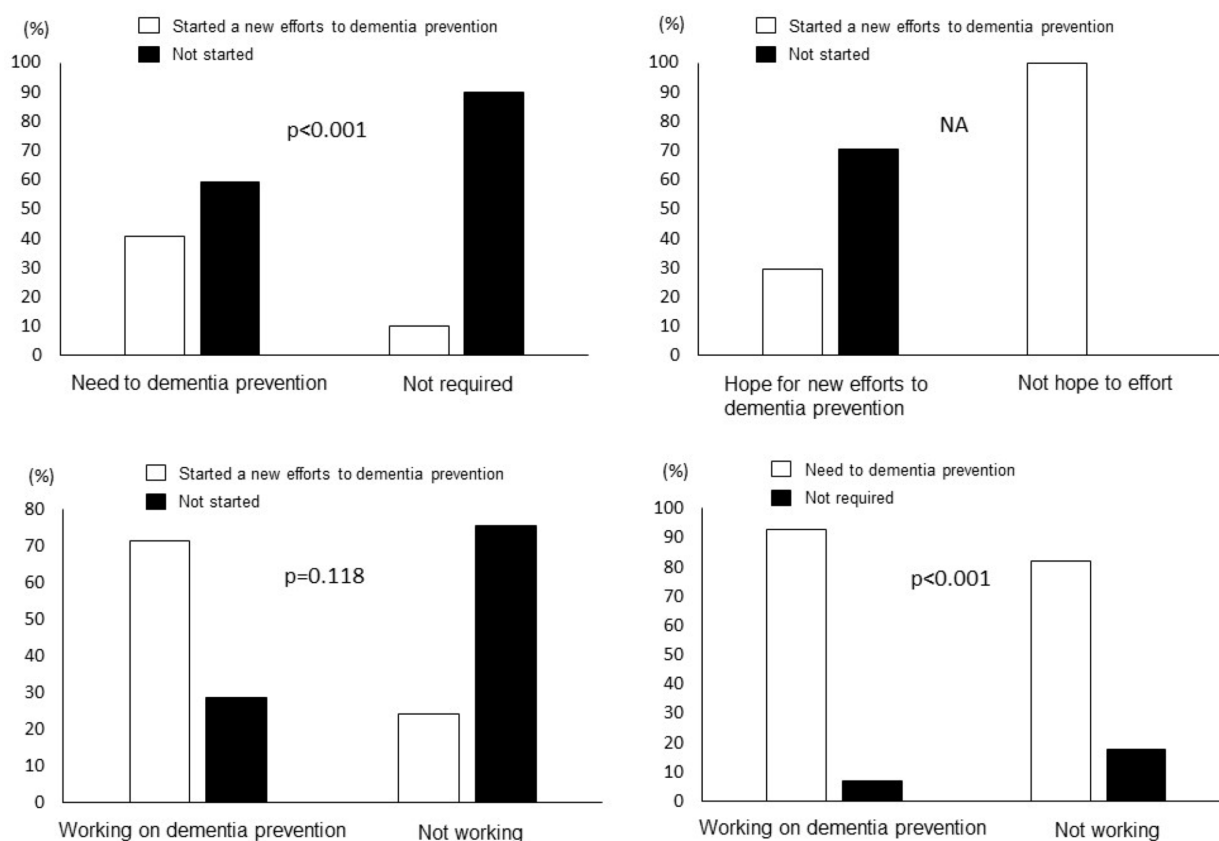


Figure.4 Changes in awareness and behavior toward dementia prevention

Horizontal axis: Classified by necessity and efforts to prevent dementia before using CogEvo personal

Vertical axis: Applicable rate after using CogEvo personal

Table 4. Relationship between the changes in the accuracy rate of cognitive function and number of uses of CogEvo personal tasks

	Orientation	Attention			Memory			Planning			Spatial recognition		Total usage
	Orientation	Follow the Order	Twins	Stop Watch	Flashing Lights	Remember the Cards	The story	Route99	Footsteps	Stepping Number	Same Shape	Same-game	
Δ Orientation	0.362**	0.360**	0.185	0.184	0.328*	0.148	0.405**	0.184	0.337**	0.201	0.328*	0.405**	0.388**
Δ Attention	0.295**	0.301**	0.237	0.187	0.316*	0.211	0.327*	0.187	0.248	0.174	0.316*	0.327**	0.336**
Δ Selective attention	-0.143	-0.166	-0.028	-0.049	-0.207	-0.097	-0.060	-0.049	-0.014	0.001	-0.207	-0.060	-0.159
Δ Immediate memory	-0.249	-0.228	-0.100	-0.146	-0.237	-0.074	-0.054	-0.146	-0.206	-0.069	-0.237	-0.054	-0.167
Δ Recent memory	-0.213	-0.244	-0.084	-0.207	-0.249	-0.104	-0.155	-0.207	-0.229	-0.087	-0.249	-0.155	-0.221
Δ Working memory	0.190	0.161	0.132	0.063	0.121	0.079	0.108	0.063	0.050	0.094	0.121	0.108	0.150
Δ Planning	-0.137	-0.109	-0.164	-0.141	-0.092	-0.241	-0.123	-0.141	-0.168	-0.114	-0.092	-0.123	-0.122
Δ Spatial recognition	0.093	0.017	-0.012	-0.090	-0.031	-0.051	0.032	-0.090	-0.044	-0.031	-0.031	0.032	-0.018
Δ Average	0.103	0.080	0.080	0.014	0.047	-0.024	0.067	0.014	-0.010	0.071	0.047	0.067	0.078

Values are expressed as correlation coefficients.

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

脳トレ総実施回数の四分位 (Q1-4) による認知課題の正解率の変化では、総実施回数が最も多い群 (Q4) の Δ 注意力の正解率と Δ 全体の平均正解率は、最も少ない群 (Q1) よりも有意に高く、 Δ 時の見当識の正解率も高い傾向を示した (Table 5)。また、Q4 の年齢は Q1 よりも有意に高齢であり、大学卒業歴は有意に低かった。なお、脳トレ前の正解率は、Q3 の時の見当識と全体の平均正解率が Q1 よりも有意に低かったが (時の見当識の正解率: 66.7 ± 25.3 vs. 95.6 ± 11.6 , 全体の正解率: 71.1 ± 12.0 vs. 81.8 ± 7.0 , 各 $p < 0.05$)、他には有意差を

認めなかった。

また、認知機能全体の平均正解率の変化量を従属変数、脳トレの総回数と調整因子 (年齢、性別、運動習慣、大学卒業歴、脳トレ前の平均正解率) を独立変数とするステップワイズ重回帰分析の結果、独立因子として年齢 ($\beta = -0.462$)、脳トレ前の平均正解率 ($\beta = -0.756$)、脳トレ総実施回数 ($\beta = 0.319$) が抽出された ($r^2 = 0.440$, $p < 0.001$) (Table 6)。

Table 5. Changes in the accuracy rate of cognitive function by quartile of total usage CogEvo personal

	All n=59	Q1 (lowest) n=15	Q2 n=15	Q3 n=15	Q4 (highest) n=14	p value
Number of times	176.8 $\pm$ 201.4	0-39	45-101	111-303	313-862	
Age (years)	55.7 $\pm$ 10.5	46.7 $\pm$ 11.5	55.7 $\pm$ 8.6 [†]	58.7 $\pm$ 8.8**	62.0 $\pm$ 6.1**	0.001
Male, n (%)	29 (48.3)	9 (60.0)	7 (46.7)	9 (60.0)	4 (28.6)	0.281
Exercise habits, n (%)	26 (43.3)	5 (33.3)	4 (26.7)	8 (53.8)	9 (64.3)	0.145
College graduates, n (%)	36 (60.0)	12 (80.0)	9 (60.0)	12 (80.0)	3 (21.4) [§]	0.003
Cognitive function at baseline						
Orientation (%)	80.3 $\pm$ 27.1	95.6 $\pm$ 11.6	84.5 $\pm$ 27.7	66.7 $\pm$ 25.4*	73.9 $\pm$ 32.5	0.017
Attention (%)	85.6 $\pm$ 22.8	93.3 $\pm$ 17.6	90.0 $\pm$ 20.7	80.0 $\pm$ 25.4	78.6 $\pm$ 25.7	0.214
Selective attention (%)	77.2 $\pm$ 16.1	83.6 $\pm$ 12.5	80.9 $\pm$ 13.6	70.7 $\pm$ 21.4	73.3 $\pm$ 13.1	0.089
Immediate memory (%)	93.7 $\pm$ 10.8	96.4 $\pm$ 3.8	92.5 $\pm$ 13.2	92.6 $\pm$ 11.6	93.4 $\pm$ 12.7	0.745
Recent memory (%)	85.8 $\pm$ 16.8	90.1 $\pm$ 14.3	88.3 $\pm$ 16.0	80.8 $\pm$ 19.2	84.0 $\pm$ 17.6	0.429
Working memory (%)	63.4 $\pm$ 18.4	70.7 $\pm$ 6.9	64.7 $\pm$ 10.5	60.2 $\pm$ 20.9	57.6 $\pm$ 27.4	0.234
Planning (%)	61.6 $\pm$ 27.7	64.5 $\pm$ 27.1	70.5 $\pm$ 30.0	57.5 $\pm$ 22.3	53.5 $\pm$ 30.5	0.364
Spatial recognition (%)	63.6 $\pm$ 31.9	60.0 $\pm$ 28.0	70.0 $\pm$ 25.4	60.0 $\pm$ 33.8	64.3 $\pm$ 41.3	0.812
Average (%)	76.4 $\pm$ 11.2	81.8 $\pm$ 7.0	80.1 $\pm$ 12.1	71.1 $\pm$ 12.0*	72.3 $\pm$ 9.7	0.012
Change in cognitive function						
Δ Orientation (%)	10.1 $\pm$ 30.5	-4.4 $\pm$ 11.6	-0.1 $\pm$ 25.0	22.1 $\pm$ 35.1 [†]	23.8 $\pm$ 35.6 [†]	0.038
Δ Attention (%)	2.5 $\pm$ 25.3	-10.0 $\pm$ 20.7	0.0 $\pm$ 26.7	3.3 $\pm$ 22.9	17.9 $\pm$ 24.9*	0.029
Δ Selective attention (%)	1.1 $\pm$ 17.0	-2.3 $\pm$ 14.1	-3.1 $\pm$ 14.4	11.1 $\pm$ 21.9	-1.4 $\pm$ 13.3	0.263
Δ Immediate memory (%)	1.2 $\pm$ 13.3	-0.5 $\pm$ 10.5	-1.7 $\pm$ 20.3	3.7 $\pm$ 7.3	3.2 $\pm$ 12.2	0.645
Δ Recent memory (%)	5.9 $\pm$ 18.1	4.1 $\pm$ 15.8	3.5 $\pm$ 18.5	10.1 $\pm$ 20.4	5.9 $\pm$ 18.7	0.706
Δ Working memory (%)	8.7 $\pm$ 20.0	-0.1 $\pm$ 9.2	6.1 $\pm$ 9.4	11.5 $\pm$ 27.1	18.0 $\pm$ 24.5 [†]	0.064
Δ Planning (%)	18.0 $\pm$ 32.0	15.5 $\pm$ 28.7	15.8 $\pm$ 28.9	15.9 $\pm$ 35.0	25.4 $\pm$ 37.1	0.710
Δ Spatial recognition (%)	-1.7 $\pm$ 44.5	-6.7 $\pm$ 45.8	6.7 $\pm$ 41.7	0.0 $\pm$ 32.7	-7.1 $\pm$ 58.4	0.736
Δ Average (%)	5.7 $\pm$ 10.6	-0.6 $\pm$ 8.9	3.4 $\pm$ 10.7	9.7 $\pm$ 10.2*	10.7 $\pm$ 9.2*	0.013

Values are expressed as the mean $\pm$ SD. ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, [†] $p < 0.10$ vs. Q1 [§] $p < 0.01$ vs. Q1, Q2, Q3

Table 6. Stepwise regression analysis for change in average accuracy rate of cognitive function

	β	p value
Age	-0.462	0.001
Sex	-0.012	0.910
Exercise habits	0.119	0.157
College graduates	0.012	0.915
Average accuracy rate at baseline	-0.756	< 0.001
Total usage of CogEvo personal	0.319	0.006

β standardized partial regression coefficient.

考察

本研究は、CogEvo Ri を用いて認知機能を評価し、CogEvo personal による脳トレは、本人の意思で1ヶ月間自由に実施した。その結果、時の見当識、近時記憶、計画力、作業記憶が有意に向上し、全体の平均値も有意に向上した。また、各課題の回答の所要時間では、作業記憶は有意に延長したが、時の見当識と計画力は有意に短縮した。先行研究において、9種類のゲーム式の脳トレで実行機能、処理速度、作業記憶が改善することが報告されており^{17,18)}、本研究の結果と類似した結果である。しかしながら、これらの研究の多くは脳トレの実施回数などが厳重に定められており、人の意思が反映されていない可能性がある。人は自らの行動パターンや課題に気づき、自発的な行動変化が重要である。以上の理由から、本研究は1ヶ月間という期間は設定したが、脳トレ課題の選択や実施回数は自由とした。その結果、脳トレの1人当たりの平均実施回数は176.8回であった。8例は一度も使用しなかったが、8割以上の例で自発的に脳トレに取り組んでいた。課題別では、さがめ（空間認識力）の利用が最も多かったが、他の課題には有意差を認めなかった。ただし、研究参加の時点で認知機能に関する関心が高い方が集まっていることは否定できず、高頻度の脳トレ実施に至ったことが考えられる。

見当識と注意力の正解率の変化量は、脳トレ課題の見当識、注意力、記憶力、計画力、空間認識力の実施回数と総実施回数との間に有意な正の相関関係を認めた。また、脳トレの総実施回数を四分位に分類して、認知機能の正解率の変化を比較しても見当識、注意力、全体の平均正解率の変化量は、総実施回数が最も多い群で有意に高かつ

た。興味深いことに、脳トレ総実施回数が最も多い群の年齢は、最も低い群よりも有意に高齢で、大学卒業歴の割合も有意に低かった。すなわち、年齢や教育歴に関係なく、脳トレ実施による効果が示唆された。さらに、認知機能全体の平均正解率の変化量を従属変数とする多変量解析においても、年齢や脳トレ前の平均正解率とは独立して総実施回数が抽出された。本研究では対照群が設定されていないが、認知機能評価の慣れによる学習効果や交絡因子による影響に対して一定の補正は行うことができた。本研究の結果から、トレーニング課題と認知機能の改善領域は必ずしも一致しておらず、見当識や注意力への関連が著明であった。先行研究では、作業記憶のトレーニング課題を行うことで作業記憶が改善しており、その関係性は一致していた¹⁹⁾。一方、トレーニング課題とは無関係な認知機能は改善しないとの報告⁸⁾があるが、作業記憶や実行機能に類似した流動的知能を考慮すると「処理」という側面が強調されるため、トレーニング課題以外への効果（転移）も期待できる。実際、流動的知能はトレーニング効果が量に依存するため²⁰⁾、本研究でもトレーニング効果の転移が示唆された。従来の認知トレーニングの多くは、専門の器材や装置がある施設で実施する必要があるため、参加者にとってはその場所まで通う手段を考慮する必要があった。しかし、CogEvoによる認知機能評価や脳トレは、パソコンやタブレット端末、インターネット環境があれば、いつでもどこでも実施可能なのが特徴で、経時的変化を可視化することが利点である。また、CogEvo personal の利用は認知機能が低い例に対しても効果的な可能性や、その変化は実施頻度と関連することが示された。

本研究は、脳トレが認知機能に及ぼす影響だけでなく、気分プロフィールやQOL、疲労感への影響も調査した。脳トレ前後でPOMS2の多くの尺度が改善し、SF36の心の健康や主観的疲労感も有意に軽減していた。今回、CogEvo personal の使用は自由にしたため、脳トレ実施へのストレスがなく、自らの意思で行えたことが今回の結果に好影響を及ぼしたことが示唆された。CogEvo personal は好きなタスクや興味のあるタスクを選んでトレーニングでき、最新と過去のデータをレーダーチャートやトレンドグラフで経時変化を見ることができる。また、現状が6段階のレベルで表示

Table 7. Cognitive functions required for 12 tasks (●: Main function, ○: Sub function)

Classification	Training task	Frontal lobe							Parietal lobe		Temporal lobe		
		Sustained attention	Divided attention	Visual search	Working memory	Planning	Inhibitory	Motor coordination	Orientati on	Visuospatial	Language comprehension	Calculation	Short-term memory
Orientation	Orientation	○		○	○				●				
Attention	Follow the Order	●	●	○				○		○			
	Twins	●		○			○	○		○			
	Stop Watch	○					●						
Memory	Flashing Lights	○			●								
	Remember the Cards	○			●								○
	The story				○						○		●
Planning	Route99		○	○		●				○			
	Footsteps			○		●		○		○			
	Stepping Number	○		○	○	●						○	
Spatial recognition	Same Shape		○	○						●			
	Same-game		○	○	○	○				●			

されるため、視覚的にわかりやすく達成感も得やすい。先行研究では、4 週間のタブレットを用いた 4 週間の処理速度トレーニングで抑うつ気分が改善すること²¹⁾、作業記憶トレーニングを使用した認知機能トレーニングで不安などの負の感情が抑制されること²²⁾、健康関連 QOL の心の健康を規定する独立因子は達成感であること²³⁾が報告されている。一方、認知機能トレーニングに対する負の感情や疲労感が高いほど、その効果は低減することも報告されている²⁴⁾。メカニズムの詳細は不明であるが、脳トレによって島皮質の脳活動が変化することが関与し²²⁾、課題の上達や達成感による肯定的な感情が大きくなる可能性が考えられた。さらに、今回の介入プログラムによって新たな認知症の予防行動を始めた例や介入前は認知症予防に取り組んでいなかったが、認知症予防の必要性を感じた例が多く見られた。すなわち、CogEvo Ri による認知機能の可視化による現状の把握、CogEvo person1 によるトレーニングおよび経時変化の確認による気分・感情の変化が認知症の予防行動の発生に寄与したことが考えられ、本研究の新規性や意義として強調すべき点である。

本研究による認知機能の改善の機序はいくつか考えられるが、不明な点も多い。健康な高齢者は早期から知的活動を多く行っていた例におい

て、 β アミロイドの蓄積が少ないことが報告されており²⁵⁾、脳トレによる β アミロイドの蓄積予防は考えられる。しかし、1 ヶ月間の短期間で β アミロイドが減少し、認知機能の向上に関与しているのかは不明である。機能的磁気共鳴画像法による脳機能の評価では、複雑な情報から要点を推論する認知訓練は脳血流を増加させ、脳部位間の機能的・構造的結合が高まることが示されている²⁶⁾。また、複数の認知課題に対するトレーニングが海馬と前頭葉の機能的結合を高める効果があることも報告されている²⁷⁾。脳活バランサー CogEvo の課題は 5 つの認知機能に分類されているが、タッチパネル式で自身が行う設計になっているため、設問文章を理解し、表示されている回答を選択肢の中から正解を見つけて指でタッチする。これらの一連の行為は分類されている以外にも取り組むことによる様々な認知機能を使うことが推測される (Table 7)。脳トレ自体が重要なのか、それとも脳トレを介した気分プロフィールの改善や疲労感の軽減を介する間接的な要因なのかは、更なる議論が必要である。

本研究はいくつかの限界がある。1 つ目は、対照群を設定しておらず、全ての対象者に脳トレを実施させた点である。対照群は設定しなかったが、脳トレの総実施回数の四分位による比較、多変量解析による交絡因子の補正を行い、脳トレの総実

施回数が認知機能の変化に関連している可能性は示された。しかし、1 ヶ月間で認知機能を再評価したため、慣れによる学習効果を完全には除外できていないことが課題である。一方、脳トレの効果は無作為化比較試験でも検証されており¹⁷⁾、何らかの刺激を与えた方がよいことは周知の事実である。脳トレを自由に行わせた点が、本来の人としての環境適応や生理特性として重要な点である。2 つ目は、認知機能の評価に CogEvo Ri のみを使用した点である。脳トレを行うための CogEvo personal とは目的が異なるが、タスクが類似している点もあり、研究としての認知機能評価は MMSE も併用すべきであった。しかし、日常生活での利便性や汎用性において、タブレット1台で認知機能の評価とトレーニング、モニタリングが可能な CogEvo への期待は高いと考えられた。最後に、今回の認知機能の改善効果がどの程度持続するかは明らかでない。今後、MCI や認知症患者を対象とした研究や脳トレ後の認知機能の変化に関する研究も必要である。

結論

脳機能トレーニングツールを自由に使用することで、時の見当識、近時記憶、計画力、作業記憶が向上し、気分プロフィールの改善や疲労感の軽減も認めた。また、時の見当識と注意力の正解率の変化は各認知課題の実施回数と関連し、認知機能全体の平均正解率の変化を規定する独立因子は、年齢や脳トレ前の平均正解率とは独立して、脳トレの総実施回数が抽出された。CogEvo の使用は、認知症予防の必要性を自覚させるだけでなく、新たな行動発生にも寄与することが示唆された。

謝辞

本研究は、株式会社トータルブレインケアとの社会連携講座費用(委託研究)によって実施した。本研究に御協力いただきました公益財団法人神戸医療産業都市推進機構ならびに研究参加者の皆様に感謝申し上げます。

文献

- 1) 総務省統計局. 人口推計.
<https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1131.html>

(閲覧日 2019 年 8 月 16 日)

- 2) 内閣府. 平成 30 年版高齢者社会白書.
https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/sl_2_2.html (閲覧日 2019 年 8 月 16 日)
- 3) Palta P, Schneider AL, Biessels GJ, et al.: Magnitude of cognitive dysfunction in adults with type 2 diabetes: a meta-analysis of six cognitive domains and the most frequently reported neuropsychological tests within domains. *J Int Neuropsychol Soc*, 20: 278-291, 2014
- 4) van Hooren SA, Valentijn SA, Bosma H, et al.: Relation between health status and cognitive functioning: a 6-year follow-up of the Maastricht Aging Study. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 60: 57-60, 2005
- 5) Wild K, Howieson D, Webbe F, et al.: Status of computerized cognitive testing in aging: a systematic review. *Alzheimers Dement*, 4: 428-437, 2008
- 6) Wesnes KA: Moving beyond the pros and cons of automating cognitive testing in pathological aging and dementia: the case for equal opportunity. *Alzheimers Res Ther*, 6: 58, 2014
- 7) Honda M, Hashimoto K, Miyamura K, et al.: Validity and reliability of a computerized cognitive assessment tool 'Higher Brain Functional Balancer' for healthy elderly people. *認知神経科学*, 12: 191-197, 2010
- 8) Hashimoto K, Goto H, Abo M: Computerized Assessment Tool for Healthy Elderly Persons as a Predictor of Cognitive Function. *Jikeikai Med J*, 57: 1-4, 2010
- 9) Ichii S, Nakamura T, Kawarabayashi T, et al.: CogEvo, a Cognitive Function Balancer, Is a Sensitive and Easy Psychiatric Test Battery for Age-Related Cognitive Decline. *Geriatr Gerontol Int*, 2019, online ahead of print
- 10) Owen AM, Hampshire A, Grahn JA, et al.: Putting brain training to the test. *Nature*, 465: 775-778, 2010
- 11) Butler M, McCreedy E, Nelson VA, et al.: Does Cognitive Training Prevent Cognitive Decline?: A Systematic Review. *Ann Intern Med*, 168: 63-

- 68, 2018
- 12) Krell-Roesch J, Syrjanen JA, Vassilaki M, et al.: Quantity and quality of mental activities and the risk of incident mild cognitive impairment. *Neurology*, 93: e548-e558, 2019
- 13) 中村正和: 行動科学に基づいた健康支援. 栄養学雑誌, 60: 213-222, 2002
- 14) Kirsch I, Montgomery G, Sapirstein G: Hypnosis as an Adjunct to Cognitive-Behavioral Psychotherapy: A Meta-Analysis. *J Consult Clin Psychol*, 63: 214-20, 1995
- 15) Bourbeau J, Nault D, Dang-Tan T: Self-management and behaviour modification in COPD. *Patient Educ Couns* 52: 271-277, 2004
- 16) Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods* 39:175-191, 2007
- 17) Nouchi R, Taki Y, Takeuchi H, et al.: Brain training game improves executive functions and processing speed in the elderly: a randomized controlled trial. *PLoS One*, 7: e29676, 2012
- 18) Nouchi R, Taki Y, Takeuchi H, et al.: Brain training game boosts executive functions, working memory and processing speed in the young adults: a randomized controlled trial. *PLoS One*, 8: e55518, 2013
- 19) Takeuchi H, Taki Y, Kawashima R. Effects of working memory training on cognitive functions and neural systems. *Rev Neurosci*, 21: 427-449, 2010
- 20) Jaeggi SM, Buschkuhl M, Jonides J, et al.: Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 105: 6829-6833, 2008
- 21) Nouchi R, Saito T, Nouchi H, et al.: Small Acute Benefits of 4 Weeks Processing Speed Training Games on Processing Speed and Inhibition Performance and Depressive Mood in the Healthy Elderly People: Evidence From a Randomized Control Trial. *Front Aging Neurosci*, 8: 302, 2016
- 22) Takeuchi H, Taki Y, Nouchi R, et al.: Working memory training improves emotional states of healthy individuals. *Front. Syst. Neurosci.* 8: 200, 2014
- 23) 上田 恵美子, 古川 文子, 小林 敏生: スタッフナースの健康関連 QOL に職業性ストレス要因, 緩衝要因, 個人要因が及ぼす影響. 日本看護研究学会雑誌, 29: 39-47. 2006
- 24) McAvinue LP, Golemmé M, Castorina M, et al.: An evaluation of a working memory training scheme in older adults. *Front Aging Neurosci*, 5: 20, 2013
- 25) Landau SM, Marks SM, Mormino EC, et al.: Association of lifetime cognitive engagement and low β -amyloid deposition. *Arch Neurol*, 69: 623-629, 2012
- 26) Chapman SB, Aslan S, Spence JS, et al.: Neural mechanisms of brain plasticity with complex cognitive training in healthy seniors. *Cereb Cortex*, 25: 396-405, 2015
- 27) Suo C, Singh MF, Gates N, et al.: Therapeutically relevant structural and functional mechanisms triggered by physical and cognitive exercise. *Mol Psychiatry* 21: 1633-1642, 2016