特集記事

咀嚼は脳トレになるか？

川島隆太

東北大学加齢医学研究所スマート・エイジング国際共同研究センター

Can you train your brain functions by mastication?

Ryuta Kawashima

Smart Ageing International Research Center, IDAC, Tohoku University

Key words: cognitive intervention, working memory, functional MRI, prefrontal cortex, sensori-motor area

Abstract: We have been focusing on research of the function of human prefrontal cortex, in order to develop methods that can maintain and/or improve cognitive functions as well as quality of life. The prefrontal cortex is known to have an important cognitive function named executive function which plays important roles in making a future plan, decision making, control for behaviors, etc. In general, people feel decline of their cognitive functions by themselves after middle age. However, in fact, the functions of the prefrontal cortex decline linearly from age 20. The recent investigations of cognitive neuroscience show beneficial effects by cognitive trainings to prevent such age related decline of cognitive functions. Particularly, the working memory training is the one can improve non-trained prefrontal functions and induce plasticity for brain structures of the prefrontal cortex. Previously, we measured brain activity during movements of mouth, tongue, or rip by functional MRI. We found only the sensori-motor area of the bilateral cortices was activated, and no activation in the prefrontal cortex. Our results combined with the fact that mastication does not require working memory function lead a conclusion that one cannot improve cognitive functions only by mastication.

抄録 脳機能を維持・向上する、精神的な健康感を向上するための手法を開発研究するにあたり、我々は、認知神経科学の観点から、大脳の前頭前野の機能に注目をしている。人間の前頭前野は、もっとも高次の認知機能を司る場所として知られており、健全な社会生活を送るために必要な能力が宿っており、特に実行機能と呼ばれている機能（将来の計画・企画や意思決定、行動の選択や統制などの基幹となる機能）を持つ。我々は、60歳代くらいになると、心身のさまざまな機能の低下を自覚する。しかし、こうした心身機能、特に前頭前野が司る認知機能の低下は、20歳代30歳代からすでに始まっていることが知られている。この前頭前野が司る認知機能の低下に対して、最近の認知心理学研究で、認知トレーニングと呼ばれる方法が有効であり、特にワーキングメモリートレーニングによって、さまざまな前頭前野の認知能力を向上させることが可能であること、前頭前野を中心とした大脳の構築に可塑的な変化が生じることなどが証明されている。日常生活で行われている咀嚼運動自体には作動記憶トレーニングとしての要素はほとんどない。実際に機能的MRIによってさまざまな咀嚼運動と関連する脳活動を計測したが、多くの

活動は運動・感覚野に限局し、前頭前野には有意な活動を見出すことはできなかった。したがって我々の研究仮説の延長上で咀嚼と脳を鍛える効果を結びつけるのは難しいと考えている。

キーワード：認知訓練，作動記憶，機能的 MRI，前頭前野，運動感覚野

I. 認知機能の加齢変化

人間の脳は、機能分化が進んでおり、脳のさまざまな領域に、その領域固有の機能が局在している。脳はコンピュータに例えられることが多いが、それぞれの領域は自律的な機能を持ちながら、他の領域と協調的に働くことから、いくつものコンピュータが分散処理をしているモデルが最も脳の機能を説明しやすい。我々は、脳の中でも、背外側前頭前野の実行機能（executive function）に注目している。実行機能は、計画、組織化、抽象化、総合的判断など、さまざまな高次認知活動の核となる最上位の機能であり、脳のさまざまな領域を協調的に動作させる指令を出す。実行機能を含む前頭前野機能は、成人期以降、加齢とともに直線的に低下することが知られている（例えばレビューとして文献（1））（図1）。この実行機能の障害が、認知症やさまざまな認知発達障害の原因であるという考えもある。そこで、我々は、実行機能を向上させるトレーニング方法を生活に導入すれば、実行機能やさまざまな高次認知機能が向上し、生活の質を向上させることができるとの仮説を立てた。

図1 認知機能の加齢変化

文献¹⁾の論文のデータをもとに筆者が作成した。語彙を問うテストの成績は加齢に伴い緩やかに向上するのに対して、前頭前野機能検査の成績は加齢に伴い直線的に低下する。一般に言われている脳機能の加齢による低下は、この前頭前野機能の低下が本態である。

II. 作動記憶トレーニング

作動記憶（ワーキングメモリー）とは、短期間脳内に情報を保持する過程ではあるが、古典的な短期記憶とは異なり、なんらかの行動発現のために必要な情報を一時的にオンラインで脳内に保持した上で、その記憶情報の操作を行う一連の過程を表す。コンピュータでいえば、キャッシュメモリーのようなもので、多くの高次認知活動の基本要素であると考えられている。直観的には、所謂、頭の良し悪しを決めているのも、このワーキングメモリーであり、前述の実行機能と表裏をなすのもこのワーキングメモリーである。

日常生活を健全に育むためにはワーキングメモリーは必須の能力であるが、例えば仕事や料理の手順を考えるのにもワーキングメモリーが必要だし、誰かから複数の依頼や質問を受け、それを順にこなしたり、答えたりす

る時にもワーキングメモリーが必要となる。ワーキングメモリーの容量が少ない人は、複数のことを同時にこなしたり、頭の中に記憶しておいて順番に処理したりすることが苦手である。

ワーキングメモリートレーニングを効率的に行うと、ワーキングメモリー能力が向上する学習効果に加えて、直接トレーニングを行った認知課題以外の認知機能が向上する般化効果（transfer）と呼ばれる現象が起こることが知られている^{2,4)}。ちなみに、現在判っている最も効率的な訓練法は、適応強化訓練と呼ばれているもので、常に本人の能力の限界ぎりぎりのところでトレーニングを行わせるものである。ワーキングメモリートレーニングの般化効果に関する研究は最近でも盛んに行われており、般化を起こしやすいトレーニング方法と、そう

図2 ワーキングメモリートレーニングの概要と生活介入プロトコル
ワーキングメモリートレーニングとしては、心理学で一般的に使われている視空間スパン課題と、足し算とNバック課題を組み合わせた二重Nバック課題を用いた。若年健常被験者に、1日約25分間、週に3~5日間の頻度で、2か月間トレーニングを行い、その前後の変化を、認知心理学検査と脳イメージング検査で比較した。

でない方法の違いなど、さまざまなことが明らかになりつつある(例えば文献(5))。我々がこれまでに提唱してきた、所謂、「脳トレ」と呼ばれている手法は、すべてこのワーキングメモリートレーニングによる般化効果の誘導を基本としている。

近年、我々は、ワーキングメモリートレーニングによって脳にどのような可塑的な変化が生じるかについての研究を行った⁶⁾。視空間スパン課題、二重Nバック課題を用いて11名の若年健常被験者に二か月間のワーキングメモリートレーニングを行い、トレーニング前後での認知機能と脳形態の変化を計測した(図2)。二か月後には、実行機能を含めた、直接訓練をしていないさまざまな認知機能の向上(般化効果)が認められただけでなく、前頭前野の脳皮質体積の有意な増加や、前頭前野と頭頂連合野の脳白質の有意な形態変化を観察した(図3)。大脳における、こうした広範な形態変化が、実行機能がさまざまな高次認知機能中核的役割を果たすという事実と相まって、般化効果を引き起こすものと考

えた。

Ⅲ. 咀嚼は脳トレになるか？

いまだに一部のTV番組やコマーシャルなどでは「良く噛むと頭が良くなる」と言っており、現在も多くの国民は、良く噛むと頭が良くなることは科学的根拠を持つ事実であると信じている。前述のとおり、我々が提唱する「脳トレ」は、ワーキングメモリートレーニングを基本としている。日常生活における咀嚼運動は、自動的運動であろうと随意的運動であろうと、ワーキングメモリーの要素は介在しない。したがって、認知心理学の知見から、論理的に考えると咀嚼は脳トレにはなりえず、咀嚼のみで頭が良くなることはないと考えるのが妥当である。

しかし、咀嚼運動自体が、広範な大脳の活動を必要とする運動であれば、日々の咀嚼運動によって、活動領域の可塑的な変化を引き出し、それが咀嚼行為とは全く関

2か月間のトレーニングによって大脳皮質体積が増加した領域

2か月間のトレーニングによって大脳白質(線維層)が変化した領域

図3 ワーキングメモリートレーニングの効果

生活介入二か月後の脳MRI検査を生活介入前と比較したところ、大脳左右半球の前頭前野皮質体積が有意に増加（上）し、前頭前野および頭頂連合野の白質に可塑的な変化（下）が観察された。

図4 機能的MRIによって観察された、さまざまな口腔の動きと脳活動

図のデータは、現東京医科歯科大学泰羅雅登教授がご厚意により提供。吸啜運動を除き、脳の活動領域は、ほぼ左右大脳半球の一次感覚運動領域に局限している。

係ない認知機能向上の引き金になる可能性を否定はできない。そこで、過去に行われた咀嚼に関わる運動時の脳活動の研究結果^{7,8)}をまとめてみた(図4)。タッピング運動、舌運動、口唇運動のいずれも、主に活動を示していたのは、大脳両側の一次運動感覚領域であり、前頭前野を含む大脳連合野にはほとんど脳活動は認められなかった。また吸啜運動時には、わずかに大脳右半球の前頭前野に活動を認めるものの、その活動範囲と活動量は低かった。舌運動に関しては、運動の方向性が与える影響も検討した⁹⁾が、どちらの方向への運動であっても、

両側の一次運動感覚領域が同じように活動するのみであった(図5)。これらの脳機能イメージング研究成果も、また、咀嚼は脳トレにはなりえないとの考えを示唆するものである。

IV. 終わりに

認知心理学的知見、脳機能イメージング研究成果、双方ともに、咀嚼自身が直接「脳トレ」になるという考えには否定的な結果を示しており、こうしたアプローチが

図5 機能的MRIによって観察された、舌の運動の方向と脳の活動
文献(9)のデータをもとに筆者が作成。いずれの方向に舌を動かした場合でも、大脳左右半球の一次感覚運動領域のみが同じように活動をしめた。

両側性支配！

ら「良く噛むと頭が良くなる」という言葉に科学的な根拠を与えることはできない。ただし、脳機能イメージング研究の欠点としては、一般的には仰臥位で頭を固定してMRIを撮像するため、誤飲をさけるため、実際に何かを食べて咀嚼し、かつ嚥下するまでの全ての脳内過程を表すことはできていない。縦型MRI装置を用いた座位による検査など検討する必要性はあると考える。

「良く噛むと頭が良くなる」ことを証明するためには、良く噛むと脳がたくさん働くという一般の方に判りやすい解を求めるために咀嚼の脳活動に注目するのではなく、良く噛むことが、生活の質を向上させ、結果として認知機能の維持・向上にプラスに働くといった社会心理学的な研究を行う方がより直接的なのではないかと考えている。

文 献

- 1) Salthouse TA. Influence of age on practice effects in longitudinal neurocognitive change. *Neuropsychology* 2010; 24: 563-572.
- 2) Kawashima R, Okita K, Yamazaki R, et al. Reading aloud and arithmetic calculation improve frontal function of people with dementia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005; 60A: 380-384.
- 3) Uchida S, Kawashima R. Reading and solving

arithmetic problems improve cognitive functions of normal aged people -A randomized controlled study. *Age* 2008; 30: 21-29.

- 4) Jaeggi SM, Buschkuhl M, Jonides J, et al. Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proc Natl Acad Sci USA* 2008; 105: 6829-6833.
- 5) Persson J, Reuter-Lorenz PA. Gaining control. Training executive function and far transfer of the ability to resolve interference. *Psychological Science* 2008; 19: 881-888.
- 6) Takeuchi H, Sekiguchi A, Taki Y, Yokoyama S, et al. Training of working memory impacts structural connectivity. *J Neurosci* 2010; 30: 3297-303.
- 7) 成田紀之, 井上健太郎, 泰羅雅登ほか. Tapping および clenching 脳活動のfMRI研究. *日本補綴歯科学会雑誌* 2000; 44: 88.
- 8) 白井佳奈. Functional MRIを用いた, 正常咬合者と上顎前突者, 下顎前突者における顎運動時の脳活動の違いに関する研究. 平成19年度東北大学博士論文
- 9) Watanabe J, Sugiura M, Miura N, et al. The human parietal cortex is involved in spatial processing of tongue movement: An fMRI study. *Neuroimage* 2004; 21: 1289-1299.