

2. 企業における食育活動

2.1 産学協同による食育推進 調理による脳の活性化実験への取り組み

Effect of Cooking on Prefrontal Activity and Cognitive Functions Assessed by Near Infrared Spectroscopy and Randomized Controlled Trial

キーワード：認知機能、近赤外線計測装置、前頭前野、無作為抽出試験、生活介入
Cognitive function, Nearinfrared spectroscopy, Prefrontal cortex, Randomized controlled trial, Daily intervention

山下 満智子* Machiko YAMASHITA

1. はじめに

大阪ガスの歴史を遡ると、明治38(1905)年の創業以来、様々な機会に料理活動を行ってきた。料理活動は、当社の食育の原点といえる。大正13(1924)年には、割烹研究会を開設、現在は大阪、京都、神戸など10箇所のクッキングスクールを運営している。

しかし、食環境の変化の中で、家庭で調理をする機会が減っており、忙しい現代の生活者にとって、家庭料理の大切さを訴求し共感を得ることは、非常に難しい状況が続いている。外食や市販惣菜、中食(なかしょく)分野への家計支出が増加し、調理時間も減少している。子育て中の家庭においても同様の傾向が見られ、様々なダイエットや健康情報への関心は高いが、従来どおりの料理提案をしても料理講習会などに参加していただける方は一部に限られる。

そこで当社では、「調理の効用」を脳の健康という視点で検証し、その重要性をあらたに発信することを目的に、東北大学加齢医学研究所川島隆太教授に学術相談を行い、その指導のもと共同で「調理中の脳活動の計測」を実施した。その結果、調理のどのプロセスにおいても脳が活性化することを確認することができた。さらに、親子クッキング中の子どもの脳の活性化についても確認することができた。

この第一実験の結果を受けて我々は、共同研究を食育基本法にあわせた産学連携の食育活動と位置付け、さらに二つの実験へと発展させることにした。一つは、当時問題になっていた団塊世代の退職、いわゆる2007年問題に対応することを目的にシニアの男性を対象とした調理の生活介入実験、もう一つが、親子クッキングコミュニケーションの重要性を脳科学の面から解明する生活介入実験であった。両実験において我々は、調理習慣を導入したシニア男性ならびに親子クッキングに取り組んだ親子の脳機能が向上することを実生活において実証する

ことができた。これらの共同研究は、脳トレブームも追い風となり様々に関心を寄せていただき、シニア男性が料理を始めるきっかけや、親子クッキングによるコミュニケーションの重要性の再発見の機会となった。

調理による脳の活性化実験の一部を下記に紹介する。

2. 研究方法と結果

2.1 近赤外線計測装置による調理中の脳活動の計測

2.1.1 実験期間および実験対象

2004(平成16)年5月13～15日、日常的に調理をする30歳以上～60歳未満の右利きの健康な既婚女性にあらかじめ調査の説明書を送付し、調査協力を依頼した。協力の得られた人数は、15名であった。被験者の平均年齢は、45.3歳、年齢分布は30代2人、40代10人、50代3人であった。

2.1.2 インフォームドコンセント

臨床研究における人権保護の倫理原則¹⁾であるヘルシンキ宣言²⁾に則り、被験者全員に書面および口頭で実験の目的および安全性について説明を行い、書面による同意を得た。

2.1.3 脳活動の測定方法

近赤外線計測装置(日立メディコ社ETG-400型)を用い、背外側前頭前野をカバーする頭部にプローブを装着し(図1)脳活動を計測した。

近赤外線計測装置は、頭皮上から頭蓋内に透過性の高い近赤外線を照射し、再び頭皮上に戻る反射光を検出することで、大脳皮質の毛細血管内の酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビン濃度を計測するものである。酸化および還元ヘモグロビン濃度は、局所の脳細胞の活動に伴う血流量の変化によって増減するため、間接的に脳活動量

*大阪ガス(株)エネルギー・文化研究所
Osaka Gas Co., Ltd.

原稿受理 2009年5月26日

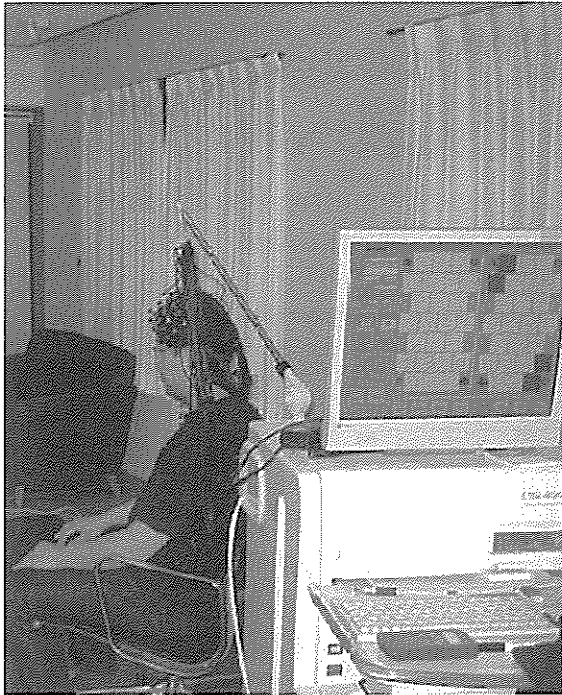


図1 近赤外線計測装置とプローブ装着の様子

を推測することができる。

2.1.4 脳の測定部位

脳は、大脳、間脳、中脳、小脳、橋（きょう）などに分かれているが、本実験においては、脳の活動の中でも高次脳機能をつかさどるといわれる大脳の前頭連合野皮質の活性化について計測した。

意思や理解、記憶、言語などの高次脳機能は、前頭葉の前頭連合野で処理されると考えられており、コミュニケーションや創造力、情操、抑制力なども前頭連合野で処理される。人が他の動物と違うのは、この大きな前頭連合野をもっているからだともいわれる³⁾。

2.1.5 安静閉眼状態の脳活動計測による基準値設定

近赤外線装置による測定では、血流量の変化を計測するため、一つのタスクによる脳活動の計測の前後に安静状態の計測を必要とする。そこで本実験においては、実験の冒頭においてゆったりとした音楽を聴いてもらい、安静時には目を閉じて先の音楽を思い出すよう指示をし、安静閉眼状態の脳活動の状態を計測してその値を基準値⁴⁾とした。冒頭に聴いた音楽については、思い出せない場合は、無理をして思い出そうとする必要がないことも伝えた。

2.1.6 運動関連領域の同定

本実験においてプローブがカバーする領域には、運動関連領域が含まれている。この領域は身体の動作により活性化が認められる⁵⁾ため、単なる手の掌握運動に伴う脳活動と調理による脳活動の違いを認識するため、被験者には、実験準備時に利き手の確認を行った上で、次の

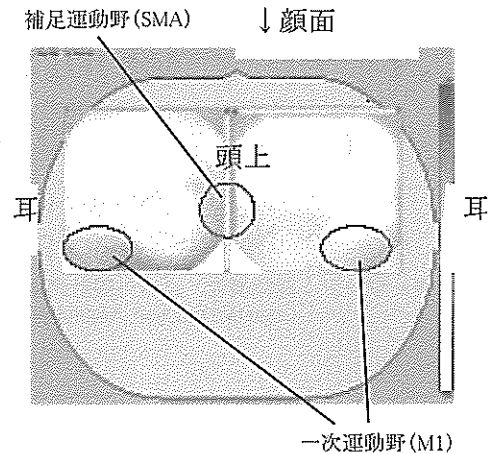


図2 運動関連領域の同定

ような方法で運動関連領域の同定を行った。

右手掌（利き手）開閉課題：右手掌を開く、閉じるを何回か繰り返して行い、右手掌の掌握時活性化の認められた部位から、一次運動野（M1：primary motor area）、補足運動野（SMA：supplementary motor area）の位置を図2のように同定した。

なお、一次運動野は、運動出力・調節を担う。補足運動野は、運動野へ信号を送る源の部位であり、両手の協調運動を担っている。

図2は、2次元トポグラフィ画像で、頭を真上から見たイメージ図で、上部が顔面、両脇が耳に相当する。二つの四角の中に表されているのが、それぞれ右脳と左脳の前頭葉の部分である。それぞれが表す結果は以下のとおりである。白：基準値の脳の状態、グレー：基準値より活性化が見られる部位。グレーが濃いほど脳が活性化した状態である。

2.1.7 実験項目

(1) 献立立案時の脳活動の計測

実際の生活場面で主婦が献立を考える場合には、残り物の有無や家族の好み、季節、食費、天候、品数、前日の献立、栄養バランスなど多くのことを念頭において献立を立案、買い足すものなど考える。そこで本実験では、LDKのダイニングテーブルにおいて椅子に腰掛け、目を閉じ、残り物の有無や何を購入する必要があるかなども考慮して、一品ではなく、家族全員分の夕食として献立を考えるように指示をして、献立立案時の脳活動を計測することとした。

献立立案実験においては、実験開始前に献立を考える時間の制限はないことを説明し、献立が決まった時点で挙手すること、終了後献立名を口頭で述べることの指示を行った。

手順としては、目を閉じた状態で安静状態を1分計測、続いて目を閉じたまま献立を考え立案終了後挙手、その



図3 近赤外線計測装置による脳活動の計測
ガスコンロで炒め物課題中の被験者

後目を閉じたまま再び1分30秒間の安静状態とした。

(2) ガスコンロで炒め物を作る時の脳活動の計測

家庭の献立として出現頻度の高い炒め物について、「切る」,「ガスコンロで炒める(図3)」,「盛り付ける」の各手順について脳活動を計測した。

実験の献立である「魚介と野菜の炒め物」の選択においては、家庭で調理頻度の高い献立であること、あまり時間がかからないこと、調理法が簡単であること、色も形も多様な食材を使うこと、油煙があまりあがらないことを考慮した。炒め物用の鍋は、直径27cmのテフロンフライパンを使用した。

実験の材料は以下のように準備した、ホタテ貝とイカは、あらかじめ下ごしらえし下味をつけてボールに入れておき、野菜は、キャベツ150g、アスパラガス4本、ニンジン30g、赤ピーマン1/2個、白ネギ1/2本とし、すべて洗ってバットに並べておくこととした。

また本実験では味覚による影響を避けるため、また顎の動きにより計測が不正確になることを避けるために、味見をしないという条件設定を行い、調味料はあらかじめ必要な分量を小さな器に入れたものを使うこととした。

被験者にはプローブ装着前に、計測のためのプローブ装着時は移動範囲が制限されること、頭を動かすと計測値に狂いがでるため実験中に流しなどで手を洗わないこと、包丁をぬぐう必要がある場合などは補助することを伝えた。

さらにプローブ装着後実験前の説明として、食材は2人分でありすべて使い切るように、切り方や炒める順序などは自由にするように、あらかじめ準備した調味料で調味し味見はしないことを指示した。

その他、実験手順としては、計測のためのプローブを装着、ガスコンロ横調理台に移動、目を閉じ立位で1分の安静、野菜類を切る(時間制限をせず被験者による挙手により終了とする)、その場で目を閉じ立位で1分30秒安静、ガスコンロ前に半身程度移動、魚介、野菜を自由

に炒める(時間制限をせず炒め終われば被験者の挙手により終了とする)、その場で目を閉じ立位で1分30秒安静(安静時に匂いの影響をさけるため補助役がフライパンに蓋をし)、盛り付けをする前に「できるだけおいしそうに2枚の皿に盛り付けるように」と指示をし(時間制限をせず被験者の挙手により盛り付け終了とする)、その場で目を閉じ立位で1分30秒の安静とした。なお本実験では、各手順について時間の制限はしなかったが、プローブ装着による被験者の不快感を避けるために、被験者がおおむね20~30分以内に調理を終えるように考慮した。

2.1.8 近赤外線計測実験の結果

献立立案時の脳活動の計測の結果、図4のように献立立案時に脳の活性化が確認された。献立立案のタスクで活性化が顕著に見られた領域は、物事を頭に浮かべて計画や概念を作り出し、選択を行う背外側前頭前野(DLPFC:dorsolateral prefrontal cortex)であり、この部位の活動は、献立が決定するまで上昇が確認された。

続いて、ガスコンロで炒め物を作る時の脳活動の計測結果では、「切る」,「ガスコンロで炒める」,「盛り付ける」という調理の3つの手順において、図5のように背外側前頭前野(DLPFC)と、運動野へ信号を送る源であり両手の協調運動を担う補足運動野(SMA)および運動出力や調節を担う一次運動野(M1)に活性化が認められた。

献立立案と調理作業の実験結果から、図6のように調理の手順である「献立立案」,「切る」,「ガスコンロで炒める」,「盛り付ける」において、それぞれ単に手を動かすときよりも脳が活性化していることが確認された。しかし各調理手順間では、背外側前頭前野(DLPFC)の活動に統計的に有意な差は見られなかった。

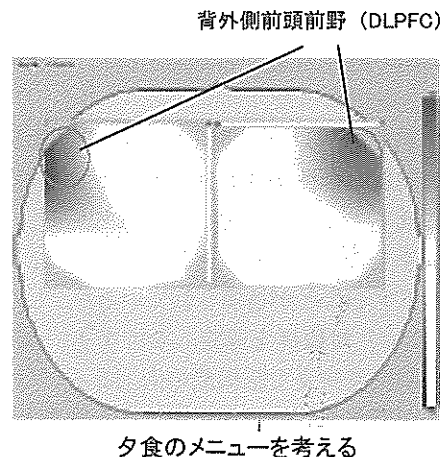


図4 献立立案時の脳の活性化

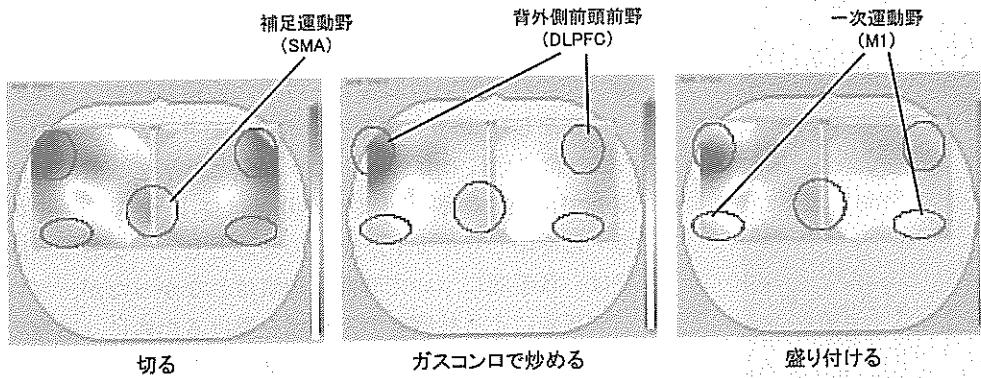


図5 ガスコンロで炒め物を作る時の脳の活性化

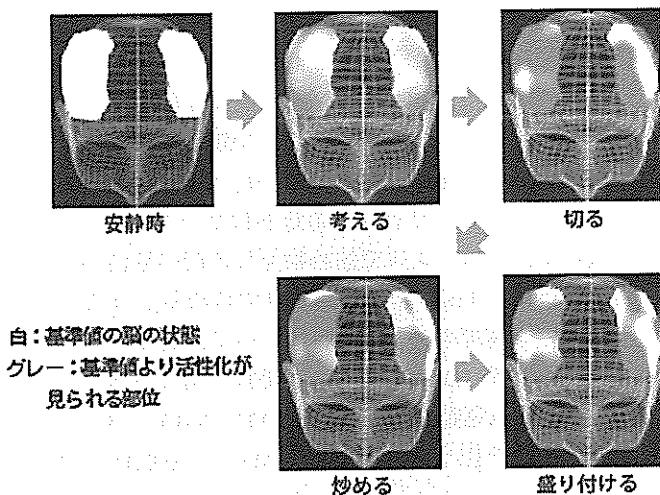


図6 調理の各手順における脳の活性化三次元画像

2.2 高齢期男性を対象とした調理の生活介入による実験

2.2.1 実験期間ならびに被験者

実験期間は、2005(平成17)年3月9日～6月2日の約3ヶ月間で、調理の生活介入による調理習慣の導入を行い、介入前後に脳機能検査を実施した。

被験者として定年退職後の男性に調査目的、趣旨および内容を伝え協力を依頼した。その結果、59～81歳の健康な高齢期の男性21名から承諾を得た。被験者の平均年齢は、68.5歳であった。

なお本実験では、以下の理由で対照群を設定しない。脳の老化の仕組みは解明されていないが、脳機能は、年齢とともに低下することが確認⁶⁾されている。先行研究により介入をしない通常の3ヶ月の生活では、高齢者の脳機能は低下することが指摘されている⁷⁾。したがって、「調理をしない」対照群を設定しなくても、調理習慣の介入前後の脳機能検査で脳機能の向上あるいは維持を確認することができれば、調理習慣による結果と結論づけることができると考えるからである。

2.2.2 インフォームド Consent

被験者全員に書面および口頭で実験の目的および安全性について説明を行い、書面による同意を得た。

2.2.3 実験の概要

生活介入の前に実験の説明および事前の脳機能検査を個別に実施した。調理習慣導入の生活介入として、被験者を対象に週1回3時

間程度の料理講習会を計9回開催した。家庭では、毎日15分から30分程度の調理を週5回以上行うように指導し、家庭で行った調理については、配布の用紙に記入の上、料理講習会参加時に提出することとした。

3ヶ月の生活介入終了後に先の検査と同じ内容の脳機能検査を実施して、前後の脳機能検査の得点について統計的な処理を行い比較した。

2.2.4 脳機能検査

脳機能検査は、生活介入の前(3月9日あるいは10日の内の1日)、事後(6月2日)にあらかじめ訓練を受けた検査員と被験者が面接法にて個別に行った。

検査時間は、インフォームド Consentならびにあらかじめ送付して記入の上持参してもらった生活調査の確認も含め、1名につき1時間から1時間半程度を要した。

認知症の高齢者を対象にした川島らの先行研究では、FAB (Frontal Assessment Battery at bedside)、MMSE (Mini-Mental State Examination) の2種の脳機能検査を実施し、脳機能の改善を実証した。健常な高齢者を対象とした本研究では、前頭葉機能を測る3種の検査を追加し、前頭前野機能を測る検査①FAB⁸⁾と②ストロープ: Stroop⁹⁾、思考力を測る検査③トポロジー: Topology^{10,11)}、総合的作業力を測る符号合わせ検査④Digit-symbol score^{12,13)}、認知機能を測る検査⑤MMSE¹⁴⁾の5種の検査を実施した。

2.2.5 調理の生活介入 料理講習会への参加

被験者に対して3月17日から5月26日の各木曜、合計9回料理講習会を実施した。これは、調理経験の少ない被験者が基礎的な調理技術を取得することや毎日調理を続けるための意欲を維持することを目的に実施したものである。参加は自由としたが、ほとんど欠席はなかった。

料理講習会における献立は、米を洗う、野菜を茹でるなど基礎的な調理技術が取得できる献立に限定し、加熱器具としてガスコンロとグリルを使用した。

また料理に不慣れな被験者が、実験のために毎日調理を継続することを苦痛と感じないように簡単な調理方法を指導した。献立作成では、旬や季節感を大切にし、調

理習慣の取得を通じて料理の楽しさを実感してもらえるように配慮した。

たとえば1回目の「ごはん、魚の煮付け、蛤の澄まし汁、菜の花の辛し和え」という献立では、煮る、茹でるなど基本的調理法や炊飯（米の洗い方や水加減など）について詳しく説明した。

4回目の「筍ごはん、若竹椀、魚のホイル焼き、筍とフキ炊き合わせ」の献立では、旬の食材である筍の扱い方や楽しみ方について説明した。

6回目の「親子丼、はんぺん、桜麩、うど、三つ葉の澄まし汁、豆腐の木の芽田楽、千切り大根の煮物」では、昼食の献立として利用しやすい丼物の基本の作り方の説明や、旬のうどや木の芽の利用の仕方、乾物の利用や常備菜について説明した。

2.2.6 調理の生活介入 家庭での調理

家庭での調理については、週5日以上1日15分から30分間調理を行うように指示した。家庭での調理状況を把握するため食事メモを被験者に配布し、1週間の調理状況を記録してもらった。記録した食事メモは、毎週料理講習会参加時に提出するようにした。

料理講習会への参加や家庭での調理、調理状況の記録という上記のような生活介入を3ヶ月にわたって行い、被験者に調理習慣を導入した。

2.2.7 調理の生活介入実験による結果

(1) 前頭前野機能検査 (FAB)

前頭前野機能検査 (FAB) の結果 (表1)、介入群では、介入前に15.4点であった平均得点が16.3点と得点の向上が見られた ($p < 0.05$)。

前頭前野の機能を調べるFAB検査は、50歳代までの健常な成人で18点満点がとれ、60歳以降徐々に得点が低下する。本実験では、生活介入後のFABで得点の向上が見られ、調理による生活介入によって前頭前野機能が向上したといえる。

(2) 前頭前野機能検査 (ストループ)

前頭前野機能検査 (ストループ) の結果 (表1) は、平均28.3秒が、調理の生活介入後の検査では、26.1秒に短縮した (ns)。

(3) 思考力検査 (トポロジー)

思考力検査 (トポロジー) の結果 (表2) は、平均得点4.4点、調理の生活介入後の検査では、5.5点に向上した ($p < 0.05$)。

(4) 総合的作業力検査 (符号合わせ)

総合的作業力検査 (符号合わせ) の結果 (表2) は、平均得点55.5点、調理の生活介入後の検査では、57.1点に向上した ($p < 0.01$)。

(5) 認知機能検査 (MMSE)

認知機能検査 (MMSE) の結果 (表2) は、平均得点

表1 生活介入前後の前頭前野機能検査結果

	年齢	前頭前野機能検査		前頭前野機能検査2	
		FAB1	FAB2	Stroop1	Stroop2
平均	68.7歳	15.4点	16.3点	28.3秒	26.1秒
SD	6.2	2.2	1.4	15.2	12.9
MAX	81歳	18点	18点	88秒	68秒
MIN	59歳	11点	13点	15.6秒	15.3秒
paired t-test			$p < 0.05$		ns

表2 生活介入前後の思考力、総合的作業力、認知機能検査結果

	年齢	思考力検査		総合的作業力検査		認知機能検査	
		Topo1	Topo2	符号あわせ1	符号あわせ2	MMSE1	MMSE2
平均	68.7歳	4.4点	5.3点	55.1点	57.1点	29.1点	29.0点
SD	6.2	2.4	1.7	16.1	16.1	1.3	1.4
MAX	81歳	8点	8点	81点	84点	30点	30点
MIN	59歳	0点	3点	25点	24点	26点	24点
paired t-test			$p < 0.05$		$p < 0.01$		ns

29.1点、調理の生活介入後の検査では、29点と3ヶ月後の認知機能に低下が認められなかった。

3. 実験のまとめ

近赤外線計測装置による調理中の脳活動の計測では、「献立立案」や「切る」、「ガスコンロで炒める」、「盛り付ける」各々の作業中、いずれも左右の大脳半球の前頭連合野、特に背外側前頭前野 (DLPFC) が活性化し、調理に必要な作業要素と背外側前頭前野の機能である作業の記憶、行動の戦略立案、問題解決、対応すべき規則の変化への対応などの関連が示唆された。

そして、調理習慣を導入した高齢者の生活介入前後の脳機能検査の結果、FABやトポロジー、符号合わせの検査において有意に前頭前野機能が向上するという結果を得た。脳の機能が、年齢とともに低下することは、既に明らかになっており、従来の知見や生活介入後の脳機能の向上という本実験の結果から、調理習慣が前頭前野機能を向上させることを実証したといえる。

先行研究である音読や計算による脳の活性化研究やそれらを組み合わせた学習療法による実践的研究や本実験結果から、調理を行うことによって前頭連合野を鍛えることができると考えられ、前頭連合野の働きである社会生活に必要な能力の向上も期待されることが示唆された。そして、調理を習慣にすることが、前頭前野を鍛え、その働きであるコミュニケーションや身辺自立、行動の抑制、感情の制御など、社会生活に必要な能力の向上もしくは低下を防ぐ可能性が示唆されたといえる。

一方、栄養面からも、高齢者が調理習慣を取得し、自ら調理に取り組むことは、たとえ1人暮らしになっても、栄養バランスが良い自分の味覚にあった食事の摂取を可能にし、健康を維持することに寄与すると考えられる。

高齢者が、調理習慣を取得し自ら調理を続けることに

より、栄養バランスと脳機能の両面から健康寿命を延ばすことが期待される。

4. おわりに

当社では、東北大学との産学協同で行った調理による脳の活性化実験の結果を、少子高齢社会における有効な食育情報としてプレスリリースなどを通じて広く発信してきた。現在は、以下の2テーマにまとめてホームページに掲載している。また、概要をまとめたビデオを作成し、希望される学校関係者などに配布し、実験概要についての講演に講師派遣なども行っている。

http://www.osakagas.co.jp/html/ryori_no/index.html

●高齢者を対象とした食育情報：

http://www.osakagas.co.jp/html/ryori_no/img/chouri.pdf

- (1) 近赤外線計測装置による調理中の脳活動の計測 (平成16年)
- (2) 調理の生活介入実験による高齢者の脳機能改善 (平成17年)

●親子クッキングコミュニケーション食育情報：

http://www.osakagas.co.jp/html/ryori_no/img/oyako.pdf

- (3) 近赤外線計測装置による親子クッキング中の脳活動の計測 (平成16年)
- (4) 親子クッキングによる生活介入実験 (平成18年)

文 献

- 1) 日本臨床薬理学会：「臨床薬理学」第2版，pp.17-18，医学書院，(2003)。
- 2) 日本臨床薬理学会：「臨床薬理学」第2版，pp.19-21，医学書院，(2003)。
- 3) Rita Carter：「脳と心の地形図」，pp.267-271，原書房，(2004)。
- 4) 川島隆太：「高次脳機能のブレインイメージング」，p.9，医学書院，(2002)。

- 5) 川島隆太：「自分の脳を自分で育てる」，pp.94-95，公文出版，(2001)。
- 6) T.A.Salthouse：Perspectives on Psychological Science, 1, 68-87 (2006)。
- 7) S. Uchida and R. Kawashima：Age, 30, 21-29 (2008)。
- 8) I. Appollonio, M. Leone, V. Isella, F. Piamarta, T. Consoli, M. L. Villa, E. Forapani, A. Russo and P. Nichelli：Neurological Science, 26, 108-116 (2005)。
- 9) Charles J. Golden, Patricia Espe-Pfeifer and Jana Wachslers-Felder：「高次脳機能検査の解釈過程」，pp.37-38，協同医書出版社，(2004)。
- 10) R. B. Cattell：Journal of Research and Development in Education, 12, 1-13 (1979)。
- 11) H. Masunaga, R. Kawashima, J. L. Horn, Y. Sassa and A. Sekiguchi：Intelligence, 36, 607-615 (2008)。
- 12) W. J. Hoyer, R. S. Stawski, C. Wasylshyn and P. Verhaeghen：Psychol Aging, 19, 211-214 (2004)。
- 13) C. M. Wielgos and W. R. Cunningham：Experimental Aging Research, 25, 109-120 (1999)。
- 14) M. F. Folstein, S. Folstein and P. R. Mchugh：J Psychiatr Res, 121, 189-198 (1975)。

Summary

Cooking at home is done less and less. Being concerned about this situation, we try to prove scientifically the importance and effectiveness of doing cooking. The purposes of our studies are to measure activity of the prefrontal cortex during cooking by near infrared spectroscopy, and to assess the effect of daily interventions of cooking on cognitive functions. The prefrontal cortex controls the functions such as self-control, emotional control, creativity, and so on. The functions of the prefrontal cortex should be improved by a good training. We proved that the prefrontal cortex is activated at each stage of doing cooking, i.e. cooking is a good training for cognitive functions. Therefore cooking should help healthy cognitive development.

複写される方へ

本学会は下記協会に複写に関する権利委託をしていますので、本誌に掲載された著作物を複写したい方は、同協会より許諾を受けて複写して下さい。但し、(株)日本複写権センター(同協会より複写に関する権利を再委託)と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません。(社外頒布用の複写は許諾が必要です)

権利委託先：有限責任中間法人 学術著作権協会 〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3階
電話 03-3475-5618 FAX 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp

注意：複写以外の許諾(著作物の転載・翻訳等)は、学術著作権協会では扱っていませんので、直接本学会へご連絡ください。

また、アメリカ合衆国において本書を複写したい場合は、次の団体に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc. 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA
Phone 1-978-750-8400 FAX 1-978-646-8600