

非固形食を摂ることによる自律神経系への影響 & Come Come Happiness

野内 陽向[†]、山口 悟^{†*}[†]茨城県立日立第一高等学校 化学部 〒317-0063 茨城県日立市若葉町3丁目15番1号

(2025年10月10日 受付 ; 2025年10月27日 受理)

Abstract

現在の日本では高齢化に伴う介護食市場が成長しており、2030年にはその規模は1,405億円に到達すると予測されている。介護食は高齢者や病気・障害などにより、通常の食事が困難になった人が対象となる。介護食の一つにミキサー食と呼ばれるものがあり、普段の食事である通常食をミキサーにかけ、舌ですりつぶせる程度までペースト状にした食事を指す。嚥まずに飲み込むことのできるミキサー食を取った場合、通常食と比較して脳機能への刺激不足や、食の楽しみの喪失を通じて、認知機能の低下や精神衛生上の悪影響をもたらすと言われている。そこで本研究では、心拍計と脳波計を用いて、“嚥むこと”と“嚥まないこと”が日常生活において自律神経活動に与える影響について評価した。

通常食のように“嚥む”ことを目的とした食事の場合、“嚥む”ことは神経系への刺激をもたらす効果があり、交感神経を優位にし、心身を活動的な状態にすることが示唆された。一方、“嚥む”ことがほとんどないミキサー食は神経系への刺激が無く副交感神経が優位になり、心身がリラックスした状態になることが示唆された。

さらに、“嚥むこと”のメリットについて啓発する運動である“Come Come Happiness”についても紹介する。

Introduction

“嚥む”という行為は、唾液を分泌し虫歯や口臭を防ぐだけでなく、一般に短期記憶力の向上や身体機能の維持、肥満の防止のように様々な効果をもたらすことがわかっている¹⁾²⁾³⁾。“嚥む”という行為は、交感神経活動を優位にし、ストレス時の緊張緩和効果を有することもわかっている⁴⁾⁵⁾。これまで、ガムやグミなどの比較的硬い食物を中心に摂取し、臥位における自律神経活動に与える影響などが評価されてきた⁶⁾。臥位はリラックスした測定が可能であり、長時間にわたる計測も可能である。しかしながら、ガムやグミであっても食べ物が自律神経に与える影響を評価するとき、一般的に日常の食事の姿勢（座位または半座位）に即した状態であるとは考えにくい。また、ガムやゼリーなどを摂取した際の自律神経活動に関する研究はいくつかの報告がなされているが、普段の食事を用いた長期間にわたる研究は見つけることができなかった。

現在の日本では高齢化に伴う介護食市場が成長しており、2030年にはその規模は1,405億円に到達すると予測されている⁷⁾。介護食とは、嚥む力や飲み込む力が弱くなっている人たちが、安全に無理なく食事を摂ることができるように、調理方法や食材の形、硬さ、とろみなどを工夫して調整された食事のことである。高齢者や病気・障害などにより、通常の食事が困難になった人が対象となる。介護食の一つにミキサー食と呼ばれるものがあり、普段の食事である通常食をミキサーにかけ、舌ですりつぶせる程度までペースト状に

した食事を指す。ミキサー食は、「安全性の確保（誤嚥・窒息の防止）」や「低栄養の改善」は見込めるが、「食の楽しみ」に関しては無くなってしまうと考えられる。また、嚥まずに飲み込むことのできるミキサー食を取った場合、通常食と比較して脳機能への刺激不足や、食の楽しみの喪失を通じて、認知機能の低下や精神衛生上の悪影響をもたらすとも言われている⁸⁾。したがって、ミキサー食が人に与える影響を明らかにすることは、フレイルやサルコペニアの予防の観点からも極めて重要であると考えられる。さらに、日常生活において通常食とミキサー食を摂取した際の自律神経活動の比較は行われていない。そこで本研究では、心拍計と脳波計を用いて、“嚥むこと”と“嚥まないこと”が日常生活において自律神経活動に与える影響について評価した。さらに、“嚥むこと”のメリットについて啓発する運動である“Come Come Happiness”についても紹介する。

Experimental

測定器具およびプログラム

心拍センサー(Polar H10N)、脳波デバイス(Focus Calm)、心拍データ取り込みアプリケーション(Polar Equine)、脳波データ取り込みアプリケーション(Good Brain)、心拍変動解析モジュール(pyHRV)および(BioSPPy)

心拍と脳波の測定

図1および図2にそれぞれ一例として、通常食およびミキサー食を示した。通常食とミキサー食を用いて、食前、食中、食後の心拍と脳波を測定した。実験はまず通常食5日間3食で測定した後、ミキサー食5日間

* Corresponding author. e-mail address: yamaguti-satoru@***

*** = mail.ibk.ed.jp

Present address: 茨城県立高萩清松高等学校

〒318-0001 茨城県高萩市赤浜 1864 番地



図 1 通常食の一例



図 2 ミキサー食の一例

3 食の合計 30 食分のデータを測定した。実験中の 10 日間は食事以外の口腔内の刺激を取り除くために、間食を控えた。通常食では、食前は飲食をせず 3 分間座った状態で心拍と脳波を測定した。食前の 3 分が終了した後、10 分間を目安に食事を行い、食中の心拍と脳波を測定した。その際、噛む回数や食事のペースは意識せず、平常通りの食事をとった。食中の測定が終了した後、食前と同様に 3 分間座った状態で心拍と脳波を測定した。この測定サイクルで、通常食の測定を 5 日間 3 食の計 15 食分実施した。

ミキサー食では、“噛む”ことが身体に与える影響を調べるため、食事は歯で噛まずに、舌を使ってすりつぶして飲み込んだ。通常食およびミキサー食の準備は協力者に依頼し、著者 1 名を被験者として実験を実施した。

脳波測定は、FocusCalm 脳波デバイスを用いて計測し、データ取り込みアプリ Good Brain を用いて csv 形式でデータを取得した。図 3 は脳波デバイス装着時の様子である。図 4 に心拍センサー装着時の様子を示した。心拍測定は Polar H10N 心拍センサーを用いた。得



図 3 FocusCalm 脳波デバイスを装着した様子



図 4 Polar H10N 心拍センサーの装着した様子

られた心拍データは取り込みアプリ Polar Equine を用いて csv 形式でデータを取得した。

脳波成分のリラックス度と集中度

リラックス度とは、落ち着きやリラックスの度合いを数値化したもので、値が大きいほど落ち着いていることを示している。集中度とは、集中や注意力の度合いを数値化したもので、値が大きいほど集中していることを示している。どちらの指標も測定した脳波データをもとに BrainCO 社のアルゴリズムから算出されたものである。

心拍変動解析

心臓の鼓動の間隔は心拍間隔と言い、心電図 (Electrocardiogram, ECG) 上の R 波 (心室の収縮を示す最も鋭い上向きのピーク) と、次の R 波までの時間で測定される。心拍間隔は RR 間隔 (RR Interval, RRI) とも呼ばれる。鼓動が速いときの RRI は短くなり、鼓動が遅いときの RRI は大きくなる。この RRI は正常時であっても周期的に変動しており、この変動は心拍変動 (Heart Rate Variability, HRV) と呼ばれている。HRV

は自律神経の活動と密接にかかわりがあり、HRV を解析することによって交感神経と副交感神経の活動を推定することができる^{9),10)}。本研究では、Polar H10N 心拍センサーで計測した ECG から Python の Biosppy モジュールを用いて、HRV を表す RRI を算出した¹¹⁾。図 5 に一例として、本実験より得られた ECG を示した。図 6 に、図 5 の ECG より算出した RRI のタコグラムを示した。RRI のタコグラムとは、心拍間隔 (RRI) を時系列でプロットしたグラフのことである。RRI は刺激やストレスと密接に関係しており、刺激が加わったときに小さくなることが知られている⁹⁾。

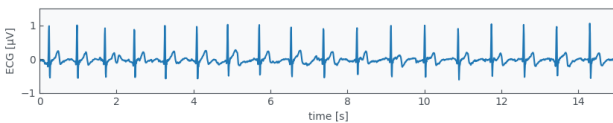


図 5 本実験より得られた心電図 ECG の一例

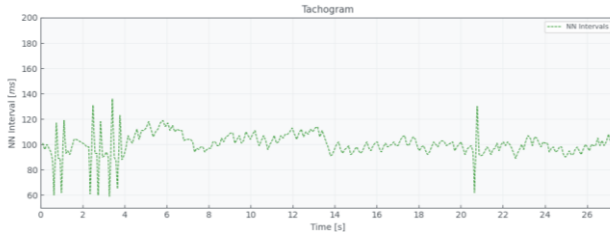


図 6 本実験より得られた RRI のタコグラムの一例

rMSSD

rMSSD (Root Mean Square of the Successive Differences) とは式(1)に示した隣接する RRI (RR 間隔、心拍間隔) の差の二乗平均平方根のことである。ここで、 N は使用した RRI の数、 RR_i は i 番目の RRI である。本研究

$$rMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (RR_{i+1} - RR_i)^2} \quad (1)$$

では、Python の pyHRV モジュールを用いて RRI のタコグラムから rMSSD を算出した。この rMSSD は副交感神経活動の指標になると報告されている¹⁰⁾。rMSSD の値が大きく (隣り合う RRI の差が大きく)、rMSSD の値のバラツキが大きいと、リラックス (副交感神経が優位) しており、心臓を繊細にコントロールできていることを意味している。つまり、リラックスしている時 (副交感神経優位の状態) は、心臓は “細かく揺らぐ” ことで環境の変化に柔軟に対応していると考えられる。一方、rMSSD の値が小さく、その値のバラツキが小さいと緊張状態 (交感神経が優位) になり副交感神経の活動 (ブレーキ) が抑制される。つまり、ストレスなどで交感神経が優位になると、心臓は “緊急時対応” のモードに入り、細かな微調整の必要性が低くなるため、心拍間隔が硬直し、変動が少なくなってしまう。

う。本研究では、日ごとの変動であるバラツキではなく、食前、食中、食後における平均 rMSSD に着目した。

LF/HF

LF/HF (Low Frequency/High Frequency) は、自律神経のバランスを評価するための主要な指標の一つである。心拍変動 (Heart Rate Variability, HRV) を周波数分析 (パワースペクトル解析) することで得られる、低周波成分 (LF) のパワーと高周波成分 (HF) のパワーの比率を指す。LF とは RRI を周波数解析した際の 0.04 Hz から 0.15 Hz までの周波数成分の強度の総和である。交感神経と副交感神経の両方に相関があり、特に交感神経の活動を強く反映するとされる。HF とは 0.15 Hz から 0.40 Hz までの周波数成分の強度の総和である。副交感神経のみに相関があり、副交感神経の活動の指標とされる^{10),12)}。したがって、LF/HF の値が大きいときは交感神経の活動が優位であり、心身が活動的な状態にあることを意味している。一方、LF/HF の値が小さいときは、副交感神経の活動が優位であり、心身が休息状態にあることを意味する¹²⁾。解析には Python の pyHRV モジュール¹³⁾を用いて、Lomb-Scargle 法で LF/HF を算出した。図 7 に Lomb-Scargle 法を用いて算出した LF/HF のパワースペクトル密度の一例を示した。

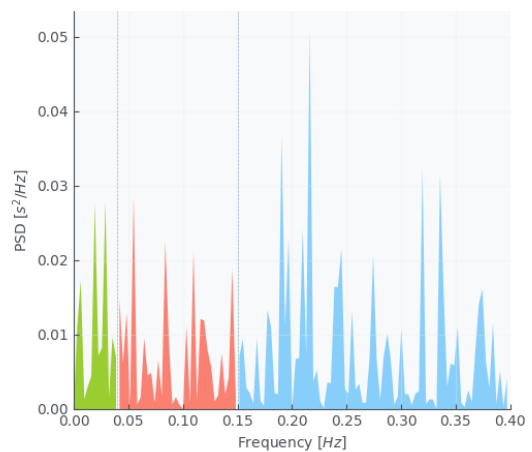


図 7 lomb-scargle 法で算出した LF/HF のパワースペクトル密度の一例

Results and Discussion

脳波成分におけるリラックス度および集中度と “噛む” こととの関係

図 8 および図 9 に、通常食とミキサー食時のリラックス度と集中度の変化を示した。食前、食中、食後におけるリラックス度および集中度の各点は 5 日間 3 食の計 15 食の平均値として示している。

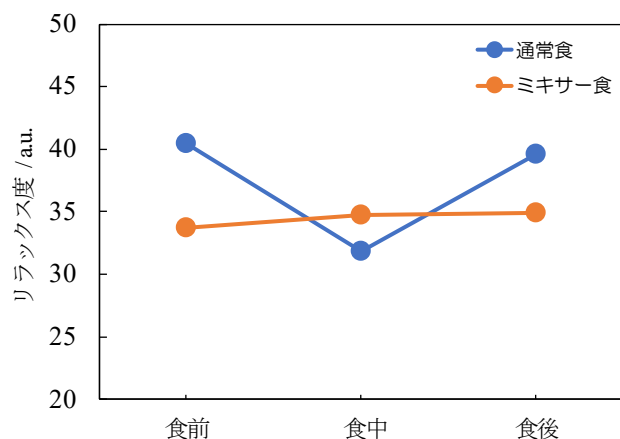


図 8 食前、食中、食後におけるリラックス度の変化

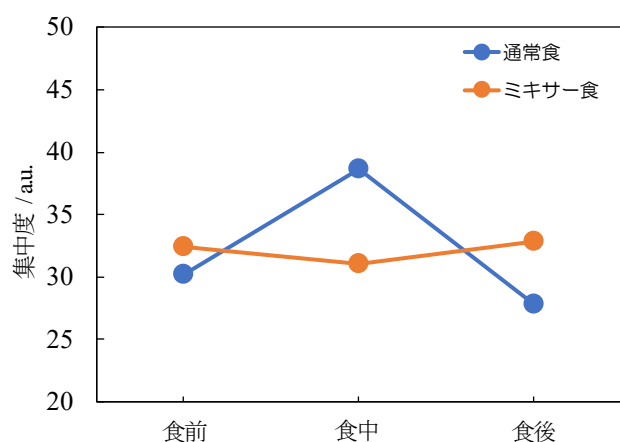


図 9 食前、食中、食後における集中度の変化

図 8 において、通常食の食前と食後のリラックス度は約 40 であったが、食中はその値は 32 まで低下することが示された。一方、ミキサー食では食前、食中、食後においてリラックス度は約 35 とほぼ一定値を示すことがわかった。図 9 の集中度において、通常食の場合、食前と食後よりも食中で集中度の値が約 40 と高く、食前と食後では約 30 までその値が低下することがわかった。一方、ミキサー食では図 8 と同様に、食前、食中、食後において集中度の値は約 31 とほぼ一定になることがわかった。したがって図 8 および図 9 より、食事中に“噛む”ことは、神経系への刺激をもたらす効果があるが、“噛まない”ミキサー食では神経系への刺激が小さくなることが明らかとなった。

RRI と“噛む”こととの関係

図 10 に、通常食とミキサー食における、食前、食中、食後の心拍間隔 RRI の平均値を示した。各点は 5 日間 3 食計 15 食分の平均値である。

通常食およびミキサー食の両方において、平均 RRI 値は食中において、それぞれ 83 および 90 と最小値を取ることがわかった。それは通常食でもミキサー食で

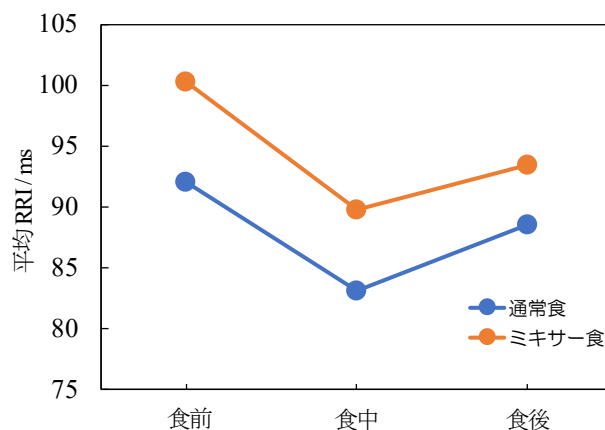


図 10 食前、食中、食後における平均 RRI 値の変化

も食前・食後よりも食中の方が刺激を受けることを示しており、心身の状態として活動的な状態である。さらに、通常食とミキサー食における平均 RRI 値を比較すると、食前、食中、食後の全てにおいて通常食の平均 RRI 値はミキサー食の値よりも小さな値を示すことがわかった。それは通常食を取ることでミキサー食よりも刺激を受けることを示している。したがって、ミキサー食に比べ“噛む”ことの多い通常食を取ることが心身の状態として興奮、緊張、ストレス、運動、集中などの活動的な状態になることがわかった。

rMSSD と噛むこととの関係

図 11 に、通常食とミキサー食における平均 rMSSD 値の変化を示した。各点は 5 日間 3 食計 15 食分の平均値である。

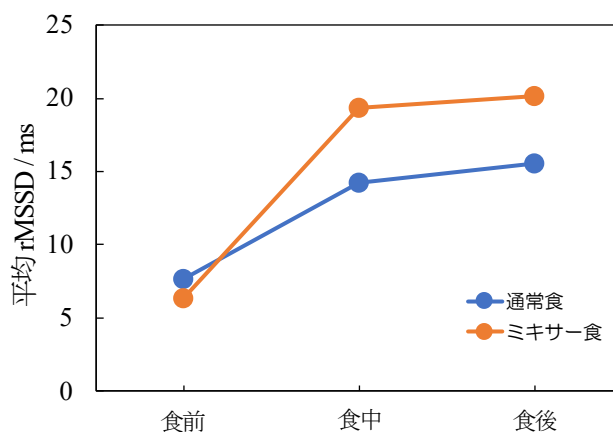


図 11 食前、食中、食後における平均 rMSSD の変化

食前では通常食とミキサー食のどちらでも平均 rMSSD の値が約 7 前後と同じような値を示していたが、食中は食前と比べ通常食では 14、ミキサー食では 19 と平均 rMSSD 値が大きくなった。それは食事を取るにより副交感神経が優位になるということを示しており、食事を取ることで体が空腹を解消された

いうリラックスや休息の効果があるためと考えられる。さらに、食中と食後では通常食の方がミキサー食よりも平均 $rMSSD$ 値が 5 くらい小さな値を示していた。したがって、ミキサー食よりも“噛む”ことの多い通常食を取ることで交感神経活動が優位になり、心身の状態として興奮、緊張、ストレス、運動、集中などの活動的な状態になることを示している。

LF/HF と“噛む”こととの関係

図 12 に、通常食とミキサー食における LF/HF の平均値の変化を示した。各点は 5 日間 3 食計 15 食分の平均値である。

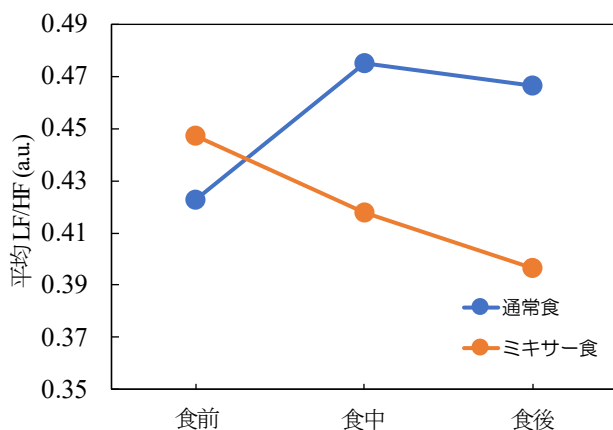


図 12 食前、食中、食後における平均 LF/HF の変化

ミキサー食の場合は、食前 (0.45)、食中 (0.42)、食後 (0.40) の順に平均 LF/HF の値が減少していくことがわかった。ミキサー食は副交感神経活動が優位になり、心身が休息状態にあることを示している。一方、通常食を取った時、食前 (0.42) と比べて食中 (0.48) と食後 (0.47) において平均 LF/HF の値が大きくなった。“噛む”ことの多い通常食の場合、交感神経活動が優位になり、心身が活動的な状態にあることを示している。

Conclusions

通常食のように“噛む”ことを目的とした食事の場合次のようなことが明らかになった。

脳波測定における集中度とリラックス度の結果から、“噛む”ことは神経系への刺激をもたらす効果があることが示唆された。

心拍測定における RRI、 $rMSSD$ 、および LF/HF の結果より、“噛む”ことは交感神経を優位にすることがわかった。それは心身を活動的な状態にあることを示している。

一方、“噛む”ことの少ないミキサー食では、脳波測定における集中度を減少させリラックス度を増加させ

ることが示された。また心拍測定における RRI、 $rMSSD$ 、および LF/HF の結果より、副交感神経を優位にすることがわかった。それは心身がリラックスの状態であることを示している。

したがって、“噛む”ことは食べ物をかみ砕くだけでなく、自律神経のバランスを保ち、心身を活発的にすることが示唆された。

Come Come Happiness

本研究を通して“噛む”ことは多くのメリットがあることがわかった。たくさん“噛むと幸福になる”という意味で“噛む噛む ハピネス”という言葉を出発点とし、“噛む”ことのメリットを啓発するプロジェクト“Come Come Happiness”を考案した。今回、そのプロジェクトについて紹介する。

茨城県日立市は高齢化が進み、介護の一手手前であるフレイル状態の予防が市の公衆衛生上の課題となっている。高齢になっても健康を維持するためには、本研究でも明らかになったように“噛む”ことで自律神経のバランスを維持することが大切であると考えられる。そのためには普段から“噛む”ことを意識するだけでなく、咀嚼機能を維持するため、幼少期からの予防歯科の取り組みが大切だと考えた。そこで、“噛む”ことを意識させ、口腔機能を維持することの重要性を



図 11 田尻交流センターにおける様子

伝えるため、日立市健康づくり推進課と北見歯科医院の北見先生のサポートを頂き、“噛む”ことの大切さを伝える“Come Come Happiness”の活動に取り組んだ。

2024年12月25日に、日立市田尻町にある田尻交流センターにおいて、高齢者の方を対象に普段の食事における“噛む”ことの大切さを伝える機会を頂いた。誤嚥防止や口腔機能維持における“噛む”ことの大切さだけでなく、今回の研究結果である自律神経の活動から見た“噛む”ことの大切さを伝えることができた。図11は田尻交流センターでの様子を示した。また、田尻交流センターにおける活動は日立市にあるケーブルテレビJWAYに取り上げていただき、日立市を中心に“Come Come Happiness”を広く伝えていただいた(図11の下の写真)。

2025年1月8日には、日立市末広町にあるおおくぼ子育て支援センターにおいて、子育て世代の保護者の方を対象にお話をする機会を頂いた。今回の研究結果と早期からの予防歯科により、口腔機能を維持することの大切さについて伝えることができた。図12はおおくぼ子育て支援センターでの様子である。



図12 おおくぼ子育て支援センターにおける様子

そして、地域の課題解決に興味を持ちアントレプレナーシップ(起業家精神)を持った高校生を育成することを目的とした事業であるIBARAKI ドリーム・パスに応募し、2025年1月23日のプレゼンテーション大会であるIBARAKI ドリーム★パス AWARDにおいて銀賞を獲得することができた。図13は発表の様子である。

“Come Come Happiness”の活動を通して、研究活動で得られた成果を、一般の人にわかりやすく伝えることの難しさを学んだ。そして、研究成果を広く普及させることの大切さと難しさも学ぶことができた。何より、高校生として、実際に社会で働く人たちと色々なやり取りをさせて頂けたことが本当に良い経験であった。



図13 IBARAKI ドリーム★パス AWARD における発表の様子

References

- 1) 西川 泰央, 吉田 洋, 歯科医学, (1995), 58(2), 123-132.
- 2) 富田 美穂子, 中村 浩二, 福井 克仁, 日本口腔科学会雑誌 (2007), 56(4), 350-355.
- 3) 會田 みゆき, “唾液を増やして健康に!”, <https://www.spu.ac.jp/Portals/0/pdf/society/web/02daeki.pdf>
- 4) 石山 育朗, 鈴木 政登, 松原 茂, 滝口 俊男, 工藤 照三, 鈴木 義久, 佐藤 吉永, 日本咀嚼学会誌 (1998), 8(1), 42-52.
- 5) 長谷川 陽子, 小野 高裕, 阪上 穰, 堀 一浩, 野首 孝嗣, 日本顎口腔機能学会雑誌 (2007), 13(2), 132-133.
- 6) 本多 ふく代, 近藤 晃, 青木 清, 心身健康科学, (2012), 8(2), 130-142.
- 7) 株式会社富士経済, プレスリリース, <https://www.fuji-keizai.co.jp/press/detail.html?cid=24050&la=ja>
- 8) 植松 宏, 梅崎 伸子, 酒井 信明, 老年歯科医学, (1990), 4(1), 33-36.
- 9) 松本 佳昭, 森 信彰, 三田尻 涼, 江 鐘偉, ライフサポート, (2010), 22(3), 19-25.
- 10) 小野 弓絵 システム/制御/情報 (2018), 62(6), 228-233.
- 11) biosppy <https://biosppy.readthedocs.io/en/stable/#>
- 12) 榊原 雅人, 生理心理学と精神生理学, (2018), 36(1), 28-39.

Acknowledgement

本研究を進めるにあたり様々な方々にご支援いただきました。

“噛む”ことのメリットを啓発するプロジェクト“Come Come Happiness”を実施する際、北見歯科医院の北見 英理 先生にアドバイスをいただきました。日立市健康づくり推進課の佐藤 由紀子 様には“Come Come Happiness”を実施する機会をいただきました。IBARAKI ドリーム・パスの皆様にも大変お世話になりました。本研究における通常食およびミキサー食の準備におきまして野内 悦子 様にご協力いただきました。皆様のご厚意に、深く感謝いたします。