

東洋大学
ライフイノベーション研究所

2019 年度研究報告書

2020 年 3 月

東洋大学ライフイノベーション研究所



東洋大学

令和 2 年 3 月
東洋大学ライフイノベーション研究所長
矢野 友啓
(食環境科学部食環境科学科 教授)

はじめに

日本の平均寿命は、2018 年男性 81.25 歳、女性 87.32 歳、健康寿命も 2016 年男性 72.14 歳、女性 74.79 歳と、年々更新を続けている。しかも、世界の中でここ 10 年以上、心臓病の発症が最も少ない国で、一見すると、日本は長寿国、超高齢社会を満喫している国に見える。

しかし、平均寿命と健康寿命との差（男女とも約 10 歳）は、認知症の増加、介護給付金等の社会保障費の増大を引き起こしている。したがって、健康増進と生活習慣病などの慢性疾患予防、介護予防などにより健康寿命の延伸を図り、平均寿命と健康寿命との差を短縮させ、個人の生活の質を上昇させることが今後の日本社会では重要である。

厚生労働省では厚生労働政策の重点を治療から予防にシフトし、平成 12 年度から生活習慣病等の予防（＝一次予防）に重点を置いた対策を強力に推進し、壮年期死亡の減少および健康寿命の延伸等を図っていくことを目的とした国民健康づくり運動「健康日本 2 1」を実施している。諸外国においても同様の取り組みが行われ、フランスでは 2003 年から国家的プロジェクトとして「上手に年を重ねるプログラム」で栄養、運動、社会参加を推奨し、20 歳以前からの生活習慣病予防対策を推進するとともに、70 歳以上の高齢者には地域ごとに高齢者総合機能評価を導入し、高齢者の介護予防を実施している。しかし、日本と EU 各国の 2010 年と 2060 年の年齢構成を考えた GDP あたりの医療費の伸びは日本が最高であることが予想され、我が国においては特に実効性のある健康寿命延伸政策を構築・実施することが最重要課題となっている。

今年度からライフイノベーション研究所では、より効果的な健康寿命延伸のために必要な研究を推進し、将来的に健康寿命延伸に有効な手法を実用化するために、研究グループを①自然科学的アプローチによる生活習慣病発症リスクの低減、②社会科学的アプローチによる社会福祉環境の改善を介した健康寿命延伸支援という 2 つの大きなグループに分け、以下に示す各研究グループで研究活動を展開している。研究員についても、より実働的な研究活動を行うという観点から見直しを行い、今年度は、食環境科学部(8 名)、ライフデザイン学部(8 名)、生命科学部(6 名)、理工学部(1 名)、社会学部(2 名)の教員に加え、16 名の産官学の組織に所属する客員研究員並びに 3 名の院生研究員が研究に参画している。その研究テーマは次の通りである。新規抗酸化成分の探究、腸内環境改善のための新規プレバイオティクスおよびプロバイオティクスの探索とその機能評価、運動と代謝(物)からみた健康寿命の延伸、運動と健康寿命

の延伸、フードマイノリティー支援、住環境と健康寿命の延伸、人と食のクロストーク。これら多岐にわたる研究グループのもと、学部横断的に研究を展開している。各グループの成果の詳細はそれぞれの報告をご覧いただきたいが、各研究グループからいくつかの注目すべき研究成果が出されており、今後の実用化に向けた取り組みが期待され、本学院生研究員や客員研究員の研究成果も含めて、これからの健康寿命の延伸を考えていく上で、有意義な知見を提供できれば幸いである。

研究所の活動展開といったところでは、今年度は、「健康維持と生活習慣病」と題したシンポジウムを行った。シンポジウムでは東京大学大学院農学生命科学研究科教授である高橋伸一郎氏(演題：アミノ酸シグナルを利用して高品質食資源を開発する)に特別講演を頂き、アミノ酸という身近な栄養素の持つ機能性を生かした新たな健康維持の可能性を持った食材の開発の可能性を、本学食環境科学部准教授である吉崎貴大氏(演題：健康維持増進に対する時間栄養学の可能性)には一般公演を頂き、最新の時間栄養学の知見から、どうすれば健康維持増進が可能かということを提示いただいた。社会に知を還元する使命を背負う研究所として、次年度以降もシンポジウム等を通じて精力的に情報発信と問題提起を行い続けたい。

現在、研究所では更なる飛躍に向けて準備を進めている。これまでの研究成果を踏まえ、研究所内での有機的な連携のもと、各研究のブラッシュアップを企図している。詳細は省くが、これまで培ってきた食・運動の知見を発展させた包括的健康寿命延伸戦略の構築を検討している。もちろん、これらに社会福祉的な視座や住環境面からのアプローチを加え、引き続き多彩なテーマから健康寿命の延伸に、そして現代社会に寄与する研究を実践する研究所であり続けるよう研鑽をしていく所存である。本研究所の活動にご協力を頂いている関係各位、多大なるご理解とご支援を下さる賛助会員の皆様方に厚く御礼申し上げ、引き続きライフイノベーション研究所を温かく見守りいただければ幸甚である。

目 次

I. 研究グループ「健康寿命の延伸に役立つ素材の探究」

1. 研究グループ紹介

2. 研究報告

- ①バナナの貯蔵過程における部位別の抗酸化能の変化・・・林 清・・・7
- ②DPPH ラジカル法を用いた耐塩性・好塩性抗酸化物質生産菌の探索・・・高品 知典・・・8

II. 研究グループ

「腸内環境改善のための新規プレバイオティクスおよびプロバイオティクスの探索とその機能評価」

1. 研究グループ紹介

2. 研究報告

- ①Caffein 耐性乳酸菌の人工胃腸液処理における生存率の測定・・・三浦 健・・・11
- ②市販味噌の菌叢解析・・・高品 知典・・・12
- ③モデルマウスを用いたうつ病と脳腸関連の解析・・・児島 伸彦・・・13
- ④学生アスリートを対象とした睡眠評価、心理調査、および睡眠-覚醒リズムに関する研究
・・・高橋 珠実・・・16

III. 研究グループ「人と食品のクロストーク」

1. 研究報告

- ①動脈硬化予防におけるポリフェノールの役割・・・近藤 和雄・・・19
- ②前立腺がん幹細胞を標的とした前立腺がん予防法の構築・・・矢野 友啓・・・21
- ③若年者における野菜摂取量と下腿部静脈血管伸展性との関連性・・・大上 安奈・・・22

IV. 研究グループ「運動と代謝(物)からみた健康寿命の延伸」

1. 研究グループ紹介

2. 研究報告

- ①II 型糖尿病合併症「骨質劣化型骨粗鬆症」予防に関する基礎的研究・・・矢野 友啓・・・27
- ②酸化ストレスマーカーを用いた活性酸素による健康影響評価・・・宮越 雄一・・・28
- ③骨格筋における暑熱依存的なマイオカインの発現制御・・・根建 拓・・・29
- ④若年者における下腿部静脈血管伸展性と運動時昇圧応答との関連性・・・大上 安奈・・・30
- ⑤血漿ホモシステイン上昇予防を目的とした栄養管理・・・太田 昌子・・・32

V. 研究グループ「運動と健康寿命の延伸」

1. 研究グループ紹介

2. 研究報告

- ①通電刺激が後肢不活動化ラットの骨形成に及ぼす影響に関する研究・・・大迫 正文・・・37
- ②ラット関節軟骨の構造に及ぼす経皮通電刺激の影響・・・鈴木 哲郎・・・38

- ③アスリートの健康：コンディショニングへの取り組み調査 1 - スキルトレーニングとフィジカル
トレーニング - 岩本 紗由美、杉田 記代子、高田 和子 . . . 39
- ④アスリートの健康：コンディショニングへの取り組み調査 2 - 休養と補食 -
. 杉田 記代子、高田 和子、岩本 紗由美 . . . 41
- ⑤アスリートの健康：コンディショニングへの取り組み調査 3 - 食事に対する知識・意識調査 -
. 高田 和子、杉田 記代子、岩本 紗由美 . . . 43

VI. 研究グループ「健康寿命延伸のための福祉サービス」

1. 研究グループ紹介

2. 研究報告

- ①フードマイノリティの「食」の実態と健康寿命延伸のための地域における取り組み
. 山本 美香 . . . 48
- ②社会保障法制における食の位置付けに関する規範的考察 伊奈川 秀和 . . . 52
- ③社会福祉法人の地域公益事業によるフード・マイノリティへの支援 . . . 加山 弾 . . . 55
- ④「食」を手がかりにした子育て支援 早坂 聡久 . . . 56

VII. 研究グループ「住環境と健康寿命の延伸」

1. 研究報告

- ①スウェーデンのシニア型コレクティブハウスにおける共食活動（コモンミール）の運営に関する
研究 水村 容子 . . . 61
- ②住環境と健康寿命 日用品（家具）の使用時における身体動作の傾向とモデル化の研究
. 柏樹 良 . . . 66

VI. 客員・院生研究員報告

- ①ビタミンCとビタミンEの相互作用について 佐藤 綾美 . . . 68
- ②機能性食素材トコトリエノールの抗悪性中皮腫素材としての可能性 . . . 河野 翔 . . . 70
- ③ビタミン B2 および E の併用摂取はヒト血中ホモシステイン濃度を低下させる
. 芹澤 奈保 . . . 72
- ④疲労骨折の一次予防を目指した血中成分および関連遺伝子の研究 峰松 明也子 . . . 73
- ⑤発育に伴う骨の構造変化が骨折線に及ぼす影響 中井 真悟 . . . 74
- ⑥超音波輝度変動係数による腱コラーゲン線維配向定量法の妥当性の検討 . . 石垣 智恒 . . . 75

「健康寿命の延伸に役立つ素材の探究」 研究報告

「健康寿命の延伸に役立つ素材の探究」研究グループ紹介

ライフイノベーション研究所 研究員

グループ責任者 高品 知典

フリーラジカルや活性酸素（スーパーオキシドなど）による酸化ストレスは、老化に関連する疾病、ガンをはじめとする生活習慣病に大きく関与していると言われている。原因としては、過剰に発生したフリーラジカルや活性酸素が脂質、タンパク質、アミノ酸、核酸などに酸化障害を生じ、結果的に、脂質の酸化及び過酸化、タンパク質の変性、DNA の損傷などを引き起こし、様々な疾患の原因となるためであると考えられている。そのため、このような酸化ストレスを防御することができれば、様々な疾病を予防し、健康寿命の延伸に寄与すると期待されている。

食品成分をはじめとする天然抗酸化物質は、フリーラジカルや活性酸素を消去する能力を持つことから、日本だけでなく海外でも大きな注目を集めており、高活性を示す新規抗酸化物質の発見が期待されている。一方、これまでに様々な食品や食品成分の抗酸化能が多数報告されている反面、一口にフリーラジカルや活性酸素を消去する能力といっても、対象となるラジカル種（または活性酸素種）の差異や測定方法の差異などによって得られる結果が異なり、種々の食品間での抗酸化能の比較は容易ではないという点、また農産物では皮、実、種といった部位によって抗酸化能が異なる点等が問題となっている。

そこで、本研究グループでは、酸化ストレスおよび抗酸化活性の高感度で簡便な評価法の開発および新規抗酸化活性物質の探索を目的として研究を行った。以下に、本年度の研究員、研究タイトル、研究概要を示した。

1) 林 清（食環境科学部食環境科学科）

「バナナの貯蔵過程における部位別の抗酸化能の変化」

収穫後の追熟が必要な果物の抗酸化能の変化を明らかにするため、バナナを対象とし、エチレン処理直後のものを 4、15、30℃で貯蔵し、スジ、先端、中心、皮近傍部位の抗酸化能変化を明らかにした。4℃で貯蔵したものは他の温度に比べて全体的に抗酸化能が低かった。また、すじの抗酸化能は他の部位に比べて、どの温度でも高く、中心と比べて 4℃では約 1.9 倍、15℃では約 5.6 倍、30℃では約 6.1 倍であった。中でも 30℃のすじでは、6 日目で 11.0 $\mu\text{molTE/g}$ から 30.6 $\mu\text{molTE/g}$ と約 2.8 倍上昇し、9 日目以降は、34.8 $\mu\text{molTE/g}$ から 9.58 $\mu\text{molTE/g}$ まで下降した。バナナ中心の抗酸化能は他の農産物と比べて、巨峰の約 0.98 倍(4℃)、約 1.8 倍(15℃)、約 1.2 倍(30℃)であり、グレープフルーツの約 1.7 倍(4℃)、約 3.1 倍(15℃)、約 2.1 倍(30℃)であった。

2) 高品 知典（生命科学部応用生物科学科）

「DPPH ラジカル法を用いた耐塩性・好塩性抗酸化物質生産菌の探索」

液体試料で用いられている DPPH ラジカル法が、NaCl を含む高塩濃度条件の寒天培地において、微生物コロニーから生成される抗酸化活性を検出できるかどうかを検討した。その結果、pH 酸性、中性、アルカリ性の高塩濃度寒天平板において抗酸化活性を検出することが可能であることが明らかになった。この結果を踏まえ、まず中性条件での NaCl 含有寒天培地を用いて抗酸化物質生産菌の探索を行い、複数の候補株を得た。

バナナの貯蔵過程における部位別の抗酸化能の変化

林 清（食環境科学部食環境科学科）

1. 研究の背景

フリーラジカルや活性酸素による酸化ストレスがガンをはじめとする生活習慣病に大きく関与していると言われており、様々な食品や食品成分の抗酸化能が、これまでも多数報告されている。一方、フリーラジカルや活性酸素を消去する能力といっても、対象となるラジカル種の差異や測定方法の差異などによって得られる結果が異なり、種々の食品間での抗酸化能の比較は容易ではない点や、農産物では皮、実、種といった部位によって抗酸化能が異なる点等が問題となっている。

2. 調査報告および研究報告

バナナは日本バナナ輸入組合から譲与されたハイライド(高知栽培バナナ)でエチレン処理直後のものを、各温度で貯蔵し試料とした。

刻んだ試料約 0.4g を 5mL 遠心チューブに入れ、重量の 4 倍の 80%エタノール(約 1.6mL)を加えた。試料を粉碎し、抗酸化物を抽出した。遠心上澄を希釈用マイクロプレートを用いて段階希釈(1~32 倍)した。測定用マイクロプレートに、段階希釈液 100 μ L をそれぞれ移し、100 μ L の 400 μ mol/L DPPH (40mmol/L MES 緩衝液、pH6.0、80%エタノール)を加え、室温で 20 分放置後、マイクロプレートリーダーを用いて 490 nm の吸光度を測定した。エクセルにより吸光度が 50%減少するときの試料量を計算し、Trolox 当量に換算した (μ molTE/g)。

4℃に貯蔵したバナナは他の温度に比べて全体的に抗酸化能が低かった。また、すじの抗酸化能は他の部位に比べて、どの温度でも高く、中心と比べて 4℃では約 1.9 倍、15℃では約 5.6 倍、30℃では約 6.1 倍であった。中でも 30℃のすじについては、6 日目で 11.0 μ molTE/g から 30.6 μ molTE/g と約 2.8 倍上昇し、9 日目以降は、34.8 μ molTE/g から 9.58 μ molTE/g まで下降した。バナナ中心の抗酸化能は他の農産物と比べて、巨峰の約 0.98 倍(4℃)、約 1.8 倍(15℃)、約 1.2 倍(30℃)であり、グレープフルーツの約 1.7 倍(4℃)、約 3.1 倍(15℃)、約 2.1 倍(30℃)であった。

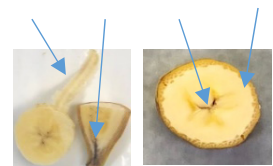
3. 今後の研究における課題または問題点

抗酸化物質の摂取と健康との直接的な関係に関する科学的エビデンスが十分でないことから、食事として摂取する抗酸化物質が生体内の酸化ストレス低減に有効である点や、抗酸化物質による健康影響を明らかにするための研究蓄積が重要である。

発表論文・著書・学会発表

なし

すじ 先端 中心 皮近傍



※先端とは下部先端中央の褐色部分をさす
図1 バナナ測定部位

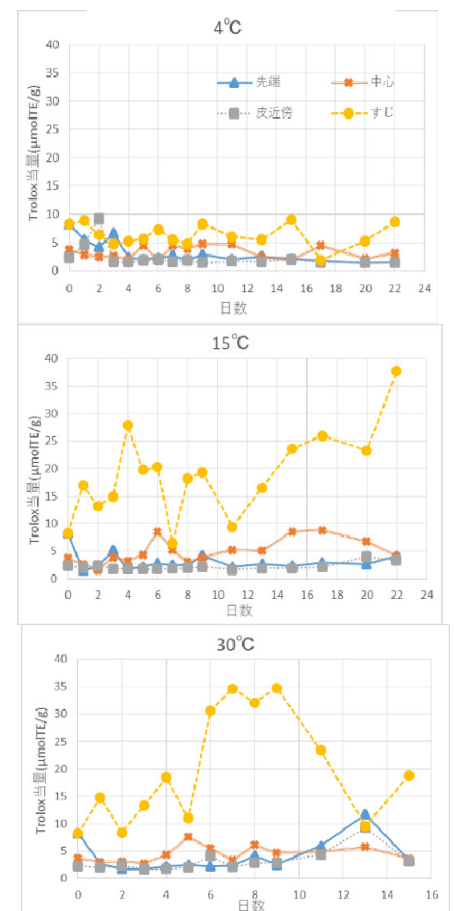


図2 バナナの貯蔵日数と Trolox 当量の変化

DPPH ラジカル法を用いた耐塩性・好塩性抗酸化物質生産菌の探索

高品 知典（生命科学部応用生物科学科）

1. 研究の背景

薬物や金属、ストレスなどを起因として生成した活性酸素やフリーラジカルは、脂質、タンパク質、糖、DNA などに作用し、脂質・糖質の酸化、タンパク質の変性、酵素の不活性化、あるいは DNA の主鎖切断、塩基の修飾等を起こす。近年、これらの作用が、生体膜の損傷、遺伝子の傷害等を生じ、発癌をはじめとする種々の疾病、老化を引き起こすことが明らかになってきた。このような身体への悪影響を防ぐ物質として抗酸化物質が知られている。

抗酸化物質はフリーラジカルや活性酸素の影響を抑え、体内の酸化を防止する機能をもつ。このような点から抗酸化物質は、体内に存在するある種の毒素に対する解毒剤として働き、老化による衰えなどを抑制するとともに、健康な身体を保つ作用をはたしていると考えられている。

これまでの研究から、自然界には抗酸化物質を生産する様々な微生物が存在することが明らかになっている¹⁻⁶⁾。これらの抗酸化物質生産菌を容易かつ迅速に検出することができれば、新規抗酸化物質の獲得に役立てることができる。抗酸化活性の検出法としては様々な方法が検討されているが、現在市販されている簡易的な抗酸化測定キットは、尿や血漿、ワインなどの液体での使用を主としているものが多い。そこで本研究では、①酸性、中性、アルカリ性条件下の 10%NaCl 含有 LB-Glc 寒天培地において、DPPH ラジカル法⁷⁾による抗酸化活性検出が可能であることを検証すること、②海洋由来の高塩濃度サンプル由来の耐塩性・好塩性の抗酸化物質生産菌を探索することを目的とした。

2. 調査報告および研究報告

(1) DPPH ラジカル法による pH 酸性、中性、アルカリ性 10%NaCl 含有 LB-Glc 寒天平板での抗酸化活性検出

抗酸化物質スタンダードとしてトロロックス溶液（2.33、1.2、0.6、0.3 mM）を調製し、10%NaCl 含有 LB-Glc 寒天平板（pH4.0、pH7.0、pH8.0）に、それぞれ 20 μ l ずつ滴下した。その後、DPPH 溶液（400 μ M DPPH、40 mM MES 緩衝液 pH6.0）5 ml を添加し、呈色反応を 5 分ごとに目視で観察した。その結果、pH7.0 と pH8.0 では反応開始 5 分後までに、pH4.0 では反応開始 15 分後までに、0.3 mM までのトロロックス溶液においてクリアゾーンを確認することができた。また、pH8.0 と pH4.0 の寒天平板を比較した結果、pH8.0 の寒天平板において DPPH 発色が早く退色したことから、DPPH 溶液の退色速度に pH が関係していると考えられた。

(2) DPPH ラジカル法による pH 中性条件下における 10%NaCl 含有 LB-Glc 寒天平板での抗酸化物質生産菌の探索

海洋由来サンプル 20 種を 10%NaCl 含有 LB-Glc 寒天平板（pH7.0）に塗布し、室温で培養を行った。コロニー形成を確認することができた寒天平板に DPPH 溶液（400 μ M DPPH、40 mM MES 緩衝液 pH6.0）5 ml を添加し、5 分後、10 分後の呈色反応の様子を目視で観察した。その結果、10%NaCl 含有 LB-Glc 寒天平板（pH7.0）において、20 種中 18 種のサンプルでコロニー形成が確認され、これらのコロニーに DPPH 溶液を添加したところ 23 株にクリアゾーンが観察された（図 1）。今後は、取得した抗酸化物質生産菌の候補株 23 株が、液体培養においても DPPH ラジカル法による抗酸化活性の検出

が可能であるか、検証していきたいと考えている。

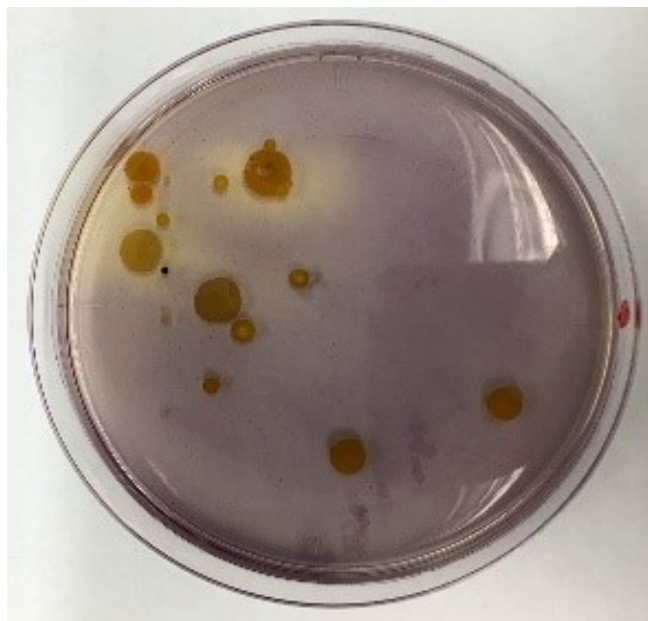


図1 クリアゾーンを形成したコロニー

3. 今後の研究における課題または問題点

DPPH ラジカル法が pH 酸性、中性、アルカリ性の高塩濃度条件下においても呈色反応を示したことから、抗酸化物質を生産する様々な pH 環境に生育する好塩菌・耐塩菌の検出に適用できることが明らかになった。天然サンプル由来の新たな好塩性・耐塩性の抗酸化物質生産菌の検出を試みる。さらに、検出感度の向上および検出操作の簡便化を図る。

引用文献

- 1)松田茂樹(1998)、日本醸造協会誌、93(4)、263-269
- 2)江崎秀男ら (2002)、日本食品科学工学会誌、49(7)、476-483
- 3)宮本陽子ら (2000)、日本食品科学工学会誌、47(3)、214-219
- 4)加藤富民雄ら (1985)、日本農芸科学会誌、59(9)、901-907
- 5)Yamamoto, Y. *et al.* (2002), J Bacteriol. 184: 2931-2939.
- 6)Dejian Huang,DJ. *et al.* (2005), J. Agric. Food Chem., 53 (6), 1841-1856
- 7)Yamaguchi, T. *et al.* (1998), Biosci. Biotechnol. Biochem. 62, 1201.

発表論文・著書・学会発表

なし

「腸内環境改善のための
新規プレバイオティクスおよびプロバイオテ
ィクスの探索とその機能評価」
研究報告

Caffein 耐性乳酸菌の人工胃腸液処理における生存率の測定

三浦 健（生命科学部応用生物科学科）

1. 研究の背景

近年、コーヒーやエナジードリンクにより Caffein は幅広い年齢層に摂取されている。また、Caffein は大腸菌などの多くの病原菌に対して抗菌活性を示している。一方で、ヒトにとって有益である乳酸菌の生育も阻害し、腸内細菌叢のバランスを崩す可能性がある。そこで、本研究室に保存されている Caffein 耐性乳酸菌である *Lactobacillus paracasei* YSAK1 株と YKP4 株を用いて、人工胃腸液中での生育および腸上皮細胞（T-84 細胞）への接着を観察することを目的とした。

2. 調査報告および研究報告

プロバイオテックスとしての利用を視野に入れ、カフェインおよびブラックコーヒー存在下で、胃腸液処理後の生育について測定した。標準菌株 *L. paracasei* NBRC 15889^T と YSAK1 株および YKP4 株を 0.03% Caffein、ブラックコーヒー含有人工胃腸液に 3 時間処理後、腸液処理 3 時間処理後の計 6 時間処理後処理した。また胃液処理開始時、胃液処理 3 時間処理後後、腸液処理 3 時間処理後後から標準平板希釈法で存率を算出した。その結果、胃液処理後において生存率が NBRC 15889^T > YSAK1 > YKP4 株となった。特に腸液処理後では NBRC 15889^T の生存率が最も低くなった。

次に T-84 細胞への接着率を測定した。胃液処理した 3 株を集菌し腸液中で T-84 細胞と共存させ 5%CO₂、37℃で 3 時間培養した。その後トリプシン処理にて T-84 細胞に付着した菌体の接着率を標準平板希釈法で算出した。その結果、T-84 細胞との接着率は 3 株を各条件下においては接着率が YSAK1 株 > NBRC 15889^T > YKP4 株となった。さらに、YSAK1 株はブラックコーヒー条件下に比べて 0.03% Caffein 条件下の方が接着率は高かった。

最後に、走査型電子顕微鏡による接着を観察したところ、全ての条件下で NBRC 15889^T、YSAK1 株および YKP4 株の T-84 細胞への接着が観察された。

以上のことから、Caffein 耐性乳酸菌の YSAK1 株は NBRC 15889^T と比較してより多くの生菌が腸まで届き、定着することがわかった。これは YSAK1 株がプロバイオテックスとして利用ができることが期待できる。

3. 今後の研究における課題または問題点

今後は、プロバイオテックス利用を視野に入れて、他の乳酸菌との相互作用について検証を行うこと、さらに、マウスを用いた腸内細菌層の変化について、16S メタ解析を行う予定である。

学会発表

1) Yoritaka Saito, Toru Mizuki, Takeshi Miura, Isolation and characterization of caffeine-resistant lactic acid bacteria, The 17th International Symposium on Bioscience and Nanotechnology, Saitama

2) 齊藤可剛、関文巳、水木徹、三浦健、カフェイン耐性乳酸菌の人工胃腸液における生存性、日本農芸化学会 2020 年年会、3 月 27 日、福岡県

市販味噌の菌叢解析

高品 知典（生命科学部応用生物科学科）

1. 研究の背景

味噌は日本古来の伝統的な発酵食品の1つであり、近年、そのプレバイオティクス、プロバイオティクス¹⁾としての機能が注目されている。味噌の主原料は大豆であるが、発酵過程において元来大豆にはないアミノ酸やビタミン類等が多量に加わり、大豆以上の高い栄養価を示すことが知られている。また発酵工程で生産される様々な代謝産物が含まれており、いわば機能未知の成分を含む複合微生物系多機能性食品といえる。

味噌と健康については、これまでに様々な研究がおこなわれており、ガンのリスクを下げる²⁾、生活習慣病のリスクを下げる³⁾、老化を防止する⁴⁾、美白効果がある⁵⁾などの機能性が明らかにされている。特に最近では味噌が腸内環境を整える機能を持ち、免疫力を高め病気を予防する効果があると期待されている¹⁾。

そこで、味噌由来のプレバイオティクス、プロバイオティクスを探索する目的で研究を開始するにあたり、本年度は昨年の市販常温保存味噌に続き、手作りの要冷蔵保存味噌の菌叢解析を試みた。

2. 調査報告および研究報告

今回、国内味噌製造販売会社製の市販味噌製品6種を対象として、次世代シーケンス・アンブリコン解析を外部依頼し菌叢解析を行った。その結果、目レベルの解析で、味噌5種類においては *Proteobacteria* が優先していた。一方残りの味噌1種においては *Firmicutes* が優占しており、存在比率は73%であった。市販味噌の種類によって菌叢に大きな違いがあることが確認された。今後、詳細な解析を進める予定である。

3. 今後の研究における課題または問題点

現在市場で流通している市販味噌は、保存中の過発酵を防止する目的で、出火前に加熱処理を施されているものがある。一方、加熱処理に関しては商品への表示義務が無いため、我々は”生きた”菌や酵素を含んでいる味噌かどうか判断することが難しい。解析対象とする味噌については、個々の製品の製造方法にも注意を払いながら選択する必要がある。このような点にも注意を払いながら味噌の腸内環境へ及ぼす効果を検証するとともに、味噌由来のプレバイオティクス、プロバイオティクスの探索を進めることが重要である。

文献

- 1) 田代靖人、奥恒行、中村禎子（2006）第5章プレバイオティクス．光岡知足編，プロバイオテックス・プレバイオティクス・バイオジェニクス，p.115-128，公益財団法人日本ビフィズス菌センター
- 2) 厚生労働省研究班（2003）
- 3) 青木宏ら（1994）
- 4) 小泉武夫ら（1995）
- 5) 新本洋士ら（1997）

【 概要 】

昨年度、うつ病モデルとしてのコルチコステロンの慢性投与マウスに乳酸菌ブレヴィス株を服用させることで抑うつ行動が改善することを報告した。今年度はこれらのマウスの糞便 DNA を用いて 16s rRNA 遺伝子の RFLP 解析と次世代シーケンスによるメタゲノム解析を行った。その結果、コルチコステロン慢性投与によって変化した腸内細菌叢組成がブレヴィス株の服用により正常化されることがわかった。したがって、これらの細菌種がうつ病の脳腸関連に主体的に関わっている可能性がある。

【 はじめに 】

ヒトのからだには数百種の常在菌が存在しその細胞数は数十から数百兆と推定されている。腸内は最も多くの常在菌が存在する部位で、腸内細菌叢が腸内環境のみならずさまざまなからだの健康に関わっており、腸内細菌叢の破綻が疾患に結びついていることが明らかになってきている¹⁾。最近になって、脳のはたらきも腸内細菌叢によって影響されることが次第に明らかとなり、うつ病をはじめ、アルツハイマー病、自閉症など種々の精神障害と腸内細菌叢の細菌種とが関連していることが報告されている²⁾。しかしながら精神障害と腸内細菌叢の因果関係はまだよくわかっていない。そこで本研究では、うつ病モデルマウスであるコルチコステロン（CORT）の慢性投与マウスと対照マウスの糞便に含まれる腸内細菌由来の 16S rRNA 遺伝子を RFLP 解析および次世代シーケンスによるメタゲノム解析によって比較した。その結果、CORT 慢性投与マウスでは腸内細菌叢の多様性が高く、その菌組成は対照マウスと異なることが示された。昨年度、マウスに乳酸菌ブレヴィス株（Brevis）を服用させると CORT 慢性投与マウスの抑うつ行動が軽減することを示したが、Brevis 服用の腸内細菌叢への影響を同様に調べたところ、Brevis 以外にも複数の細菌種の増減が確認された。

【 実験方法 】

1. マウス糞便 DNA の調製と 16S rRNA 遺伝子の PCR 増幅

昨年度、2 週間のコルチコステロン投与期間後、および 1 週間おいた後に、2 週間の Brevis 服用期間後に採取した糞便およびそれぞれの対照の糞便より QIAamp PowerFecal DNA キット（キアゲン）を用いて、以下の表のように 8 つの DNA サンプルを調製した。DNA サンプルは解析まで -30℃ で保存した。

CORT 投与後	Brevis 服用後
1. Control1	5. Control-vehicle
2. Control2	6. Control-brevis
3. CORT1	7. CORT-vehicle
4. CORT2	8. CORT-brevis

DNA を鋳型として 16S rRNA 遺伝子の増幅に汎用されるプライマーペア（27FC および 1490RC）³⁾、EX Taq HS（タカラバイオ）を用いて PCR 反応を行なった。反応は 94℃ 30 秒、50℃ 30 秒、72℃ 90

秒の3ステップを35サイクル行い、その後PCR産物をGel/PCR Clean-Upキット（Favogen）で精製した。

2. PCR-RFLP 解析

精製したPCR産物を制限酵素XspIで37℃で24時間消化し、エチジウムブロマイドを含む2.5%アガロースゲル電気泳動した。泳動後、紫外線照射による蛍光画像を取得し、制限酵素の切断パターンをサンプル間で比較した。

3. 次世代シーケンスによるメタゲノム解析

精製DNAの16S rRNA遺伝子について、次世代シーケンスによるメタゲノム解析を受託サービスに依頼して実施した（日本 Genewiz）。

【 結果および考察 】

1. 16S rRNA 遺伝子の PCR-RFLP 解析

糞便DNAからPCR反応によって生じた16S rRNA遺伝子のPCR産物を制限酵素XspIで消化した電気泳動パターン（図1）をサンプル間で比較したところ、CORT投与によって顕著となるDNA断片が

0.2~0.4 kbの範囲で出現することがわかった（図中▲マーク）。このことはCORT投与によって腸内細菌叢の菌組成が変化することを示唆している。しかしながら、Brevisの服用の有無で制限酵素切断パターンの違いは見出されなかった。

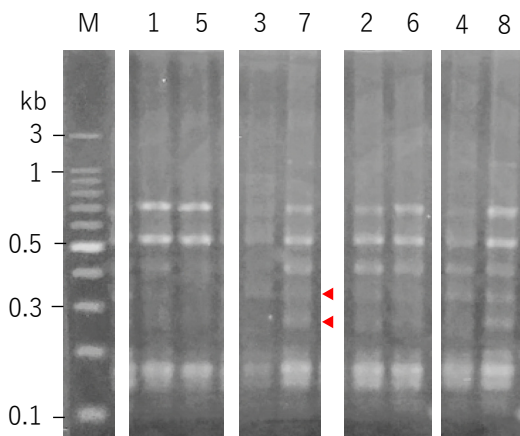


図1. 制限酵素XspI消化DNAの電気泳動像

M:分子量マーカー、1:対照、5:対照/Vehicle服用、3:CORT、7:CORT/Vehicle服用、2:対照、6:対照/brevis服用、4:CORT、8:CORT/brevis服用。

2. 16S rRNA 遺伝子の次世代シーケンスによるメタゲノム解析

ム解析

RFLP解析では大まかな菌組成の違いを見ることはできても菌種の同定は難しい。そこで、受託サービスにより上記糞便DNAの8サンプル中の腸内細菌叢のメタゲノム解析を実施した。

糞便DNAの8サンプルそれぞれから16S rRNA遺伝子の可変領域（V3-V4）をPCRで増幅し、次世代シーケンサーで平均長250bpを10~15万回読み、信頼できる7万リードをもとに解析を行った。まず、各サンプルのシーケンスデータから推定される細菌種の多様性を示す「 α 多様性」についてをサンプル間で比較すると、図2に示すようにCORT群の方が対照（control）群よりも多様性があると判定された。Brevis服用群は、対照群（control-brevis）、CORT群（CORT-brevis）ともにn=1であるが、対照/brevis群で多様性が大きくなり、CORT/brevis群ではCORT群に比べて多様性が小さくなる傾向がある。

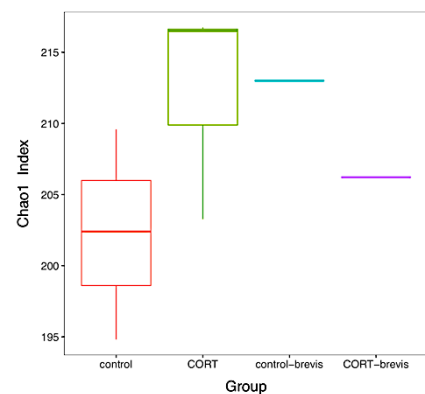


図2. 各サンプル

の α 多様性

シーケンスデータから推定される細菌種の上位 30 の OTU (operational taxonomic unit、細菌種にほぼ対応) をヒートマップ (図 3) で概観すると、対照群 (Control1 および Control2) と比べて CORT 群 (CORT1 および CORT2) で増加するものと減少するものがあることがわかる。各 OTU と対応する菌種をみると、CORT 群で増加するものには、病原菌である *Escherichia Shigella* (OTU11) が含まれていた。また上位 30 外であるが対照群でほとんど検出されず CORT 群で出現する菌として、*Romboutsia* (OTU55) や腸管免疫に関わる *Ruminococcaceae* (OTU185)、*Lachnospiraceae* (OTU191) があげられる。これらはヒトうつ病や別のうつ病モデルマウスでも増加することが報告されている。逆に CORT 群で減少するものには、*Akkermansia* (OTU12)、*Lactobacillus murinus* (OTU90)、*Muribaculaceae* (OTU60)、*Anaeroplasma* (OTU18) などが含まれていた。これらは高脂肪食で減少するとの報告もあり肥満との関連で興味深い。しかしこれら CORT 投与で変動する菌のほとんどは 2 週間の CORT 投与を終了してから 3 週間後までには対照群のレベルに戻っており、これら腸内細菌叢の変化は少なくとも

CORT 慢性投与モデルの場合、一過性である可能性が高い。*Brevis* を服用したマウスでは、確かに対照群、CORT 群ともに *Lactobacillus brevis* (OTU170) が増加していることが確認されたが、それ以外にも、CORT 群で減少した *Akkermansia*、*Lactobacillus murinus*、*Anaeroplasma* では *Brevis* の服用で増加することが確認された。したがって、腸内での *Brevis* の増加は腸内細菌叢の菌組成にも影響し、それら菌の増減がうつ様行動の発現に関連している可能性がある。

今後は、例数を増やして本研究の結果の再現性を確認するとともに、特定された菌を腸内に移植することでうつ様行動の改善が見られるかどうかの検証実験を実施することで、うつ様行動と腸内細菌叢の変化との因果関係を明らかにしたい。

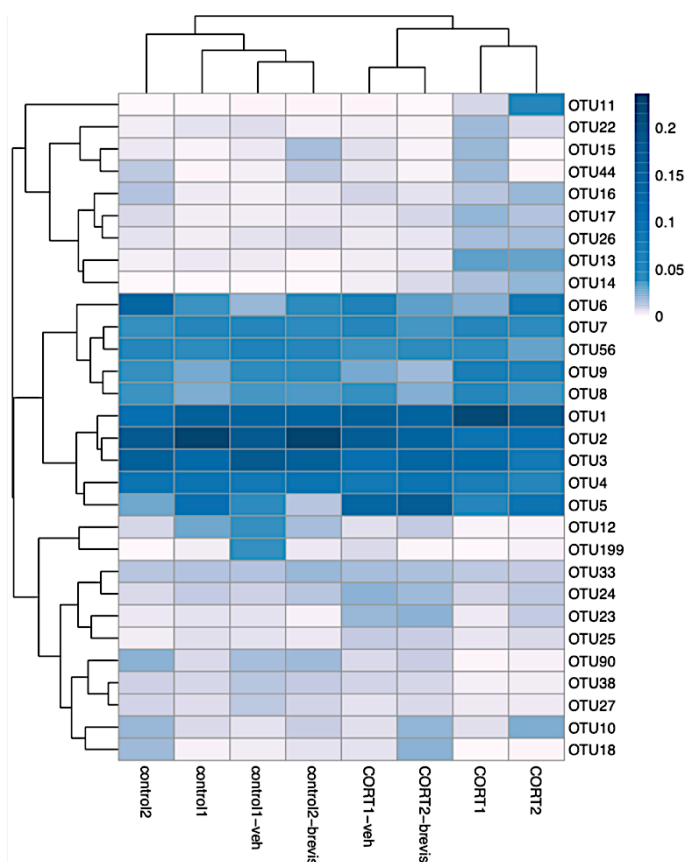


図 3. 腸内細菌叢上位 30 の OTU のヒートマップ

(参考文献)

1. Sekirov I et al. Gut microbiota in health and disease. *Physiol Rev* 90:859-904, 2010.
2. Cheung SG et al. Systematic Review of Gut Microbiota and Major Depression. *Front Psychiatry* 10:34, 2019.
3. Sato H et al. Restriction fragment length polymorphism analysis of 16S rRNA genes in lactic acid bacteria isolated from red wine. *J Biosci Bioeng* 90:335-337, 2000.

学生アスリートを対象とした睡眠評価、心理調査、および睡眠-覚醒リズムに関する研究

高橋 珠実（食環境科学部 食環境科学科）

1. 研究の背景

昨年度行った学生アスリートに対するマインドフルネスを用いたメンタルトレーニングの効果に関する研究の中で、被験者の心理面、体調面、睡眠の質の改善に関する記述が多くみられた。その中でも特に睡眠に関して、さらに深く検討する必要性が考えられたことから、今年度の研究は質問紙を用いた睡眠の質の評価および睡眠-覚醒リズム測定による睡眠の質の評価と、心理状態との関連を検討することを目的とした。

2. 調査報告および研究報告

女子学生アスリート 17 名（ 20.9 ± 0.6 歳）を対象に質問紙を用いた睡眠に関する調査を行った。質問紙はピッツバーグ睡眠質問表（Pittsburgh Sleep Quality Index: PSQI）、エスプワール眠気尺度（Epworth Sleepiness Scale: ESS）を用いた、また、日本語版気分・不安障害調査票（K6）を用いて、気分・不安障害の状態を調査した。さらに、活動量計（MTN-220:アコズ社製）を用いて 7 名（ 21.3 ± 0.5 歳）の睡眠-覚醒リズム測定および睡眠の質の評価を行い、質問紙を用いた睡眠の質の評価および心理状態との関連性を検討した。

質問紙を用いて睡眠に関する調査を行った結果、PSQI スコアが 5.5 点のカットオフ値以上で、睡眠が障害されていると判断された者が 4 名（23.5%）、ESS スコアが 10.5 点のカットオフ以上で昼間の眠気が強いと判断された者が 4 名（23.5%）であった。睡眠に関する調査で 17 名中 8 名（47.1%）のアスリートに睡眠の障害または昼間の眠気が強いと判断される結果が認められた。K6 スコアは 0～24 点であり、得点が高いほど気分・不安障害が強い状態と評価される。K6 を用いた調査の気分・不安障害のカットオフ値は、陰性が 0～4 点、軽度が 5～8 点、中等度が 9～12 点、重度が 13～24 点である。本研究結果は陰性が 6 名（35.3%）、軽度が 7 名（41.2%）、中等度が 2 名（11.8%）、重度が 2 名（11.8%）であった。

活動量計を用いて睡眠-覚醒リズムおよび睡眠効率を検討した結果、被験者 7 名の総睡眠時間の平均は $387.1 (\pm 29.4)$ 分で 7 時間未満睡眠の者が 7 名中 6 名（85.7%）であり、睡眠効率は $89.8 (\pm 4.3)$ %であった。質問紙との関連を検討したところ、ESS スコアと中途覚醒時間（ $p < 0.01$ ）、中途覚醒回数（ $p < 0.01$ ）、8 分以上の中途覚醒回数（ $p < 0.01$ ）との間に正の相関が認められ、夜間睡眠中の中途覚醒と昼間の眠気との関連が示唆された。また、総就床時間（就床から離床までの時間）と K6 スコアとの間にも正の相関（ $p < 0.01$ ）が認められ、総就床時間と気分・不安状態との関連が明らかにされた。

3. 今後の研究における課題または問題点

本研究から学生アスリートの約半数の者が睡眠に関する問題を抱えていること、また軽度～重度の気分・不安障害にある者が確認された。今後も睡眠-覚醒リズム測定を用いて睡眠の質の評価デー

タの集積を行い、質問紙を用いた睡眠の質および心理調査結果との関連を検討していく予定である。
また、アスリートの睡眠の質と腸内細菌叢との関連を検討していくことも今後の課題としている。

発表論文・著書

1) 高橋 珠実, 新井 淑弘, 2019. 『マインドフルネスを用いたメンタルトレーニングが女子大学生アスリートの身体組成、心理面、および生活習慣に与える影響—陸上長距離選手を対象として—』. 群馬大学教育学部附属学校教育臨床総合センター紀要 第 37 号にて発表予定 (2020 年 3 月) .

学会発表

- 1) 高橋 珠実, 大間 由樹. マインドフルネスを用いたメンタルトレーニングが女子大学生アスリートの身体組成、自律神経機能、心理面に及ぼす影響. 日本マインドフルネス学会第 6 回大会, 2019 年 8 月, 関西大学.
- 2) 高橋 珠実. マインドフルネスを用いたメンタルトレーニングが女子大学生アスリートの身体組成・心理面に与える影響—陸上長距離選手を対象として—. 日本体育学会 第 70 回大会, 2019 年 9 月, 慶応大学.

「人と食品のクロストーク」 研究報告

動脈硬化予防におけるポリフェノールの役割

近藤 和雄（食環境科学部健康栄養学科）

1. 研究の背景

動脈硬化は日本人の死因の約四分の一を占める心疾患、脳血管疾患の起因とされ、その発症には食生活が大きく関わっている。我々は、食生活の中に抗酸化能を有する食品因子を効果的に取り入れることが、動脈硬化予防において重要であると考え、主にポリフェノールについて検討を重ねてきた。

ポリフェノールとは、フェノール性の水酸基を複数もつ化合物のことで、そのため、ポリフェノールは植物性の食品に広く含まれている。特にコーヒーや茶類、野菜、果実等が多い。ポリフェノールと動脈硬化との関連が議論され始めたのは、フランスでは脂肪摂取量が多いにもかかわらず冠動脈疾患の死亡率が少ないという事象が、フレンチパラドックスとして話題となり、赤ワインに注目が集まったことに端を発する。動脈硬化進展において、LDL コレステロール濃度が高いことだけでなく、LDL の酸化変性が鍵であることが提唱され、抗酸化物質の効果が注目されて久しい。LDL が増加し、血中での滞留時間が長くなると、LDL は血管壁の内皮下に進入し、フリーラジカルなど酸化ストレスにより酸化変性を受ける。酸化 LDL は LDL レセプターでは処理できないため、単球をマクロファージ化し、スカベンジャーレセプターを介して処理されるが、やがて泡沫細胞となり動脈壁内に堆積し、動脈硬化巣を形成する。ポリフェノールの抗動脈硬化作用は、この LDL の酸化を抑制することに起因するのではないかとの考えから、研究が行われてきた。我々のグループでも、これまでに赤ワイン¹⁾、ココア²⁾、緑茶³⁾などの飲料、レモン、ブドウなどの果実⁴⁾、サツマイモ葉部⁵⁾などの野菜について、健常成人を対象にした摂取試験を行い、LDL 酸化抑制作用を報告してきた。

2. 調査報告および研究報告

今年度は、ポリフェノールを含むことが期待されるいくつかの食品の抗酸化作用ならびにポリフェノール摂取量のバイオマーカーとしての尿中ポリフェノール排泄量について検討したので、その成果の一部を概説する。

（1）食品に含まれるポリフェノール含有量と抗酸化作用の検討

日本人のポリフェノール摂取源としては飲料が約 8 割を占めることが分かっているが、アルコール飲料については同じ飲料間でも、製品によりポリフェノール含有量に大きな開きがある。そこで、アルコール飲料のうちワインとビールについて、それぞれ品種や醸造条件が異なる試料を集め、ポリフェノール含有量と DPPH ラジカル捕捉能比較検討し、ポリフェノール含有量や抗酸化作用の高いものの特徴について考察した。

また、食品については、柿のポリフェノール含有量と DPPH ラジカル捕捉能を測定した。

（2）ポリフェノール摂取量のバイオマーカーとしての尿中ポリフェノール排泄量の検討

ポリフェノール摂取量の指標となるバイオマーカーの検討はなされていないため、尿中のポリフェノール排泄量に着目し、総ポリフェノール摂取量との関連性について検討を行った。ポリフェノール摂取量を増やすと 24 時間蓄尿中ポリフェノール排泄量が増加し、さらに、24 時間蓄尿中ポリフェノール排

泄量と総ポリフェノール摂取量との間に関連性が認められたことから、24 時間蓄尿中のポリフェノール排泄量はポリフェノール摂取量のバイオマーカーとして有用である可能性が示唆された。また、その他の栄養素等との関連についても検討した。

3. 今後の研究における課題または問題点

抗酸化作用から注目を集めたポリフェノールであるが、研究が発展し、最も注目される食品の機能性成分の一つとなっている。日本人は伝統的に緑茶や大豆、野菜などを中心とした食生活を送っており、これらはポリフェノールを豊富に含んでいる。世界の最長寿国であり、先進諸国の中でも動脈硬化性疾患の少ないわが国の食生活について、研究を進めていく必要がある。今後、さらに食品のポリフェノール量、抗酸化作用の測定を行うとともに、ポリフェノール摂取量を把握するための簡便かつ妥当性のある測定法についても検討を重ね、動脈硬化予防におけるポリフェノールの役割を明らかにしたい。

文献

- 1) Kondo K, Matsumoto A, Kurata H, Tanahashi H, Koda H, Amachi T, Itakura H: (1994) Inhibition of oxidation of low-density lipoprotein with red wine. *Lancet* 344, p. 1152
- 2) Kondo K, Hirano R, Matsumoto A, Igarashi O, Itakura H: (1996) Inhibition of LDL oxidation by cocoa. *Lancet* 348, p. 1514
- 3) Suzuki-Sugihara N, Kishimoto Y, Saita E, Taguchi C, Kobayashi M, Ichitani M, Ukawa Y, Sagesaka YM, Suzuki E, Kondo K: (2016) Green tea catechins prevent low-density lipoprotein oxidation via their accumulation in low-density lipoprotein particles in humans. *Nutr Res* 36, p. 16-23
- 4) Kamiyama M, Kishimoto Y, Tani M, Utsunomiya K, Kondo K: (2009) Inhibition of low-density lipoprotein oxidation by Nagano Purple grape (*Vitis vinifera* x *Vitis labrusca*). *J Nutr Sci Vitaminol* 55, p. 471-478
- 5) Nagai M, Tani M, Kishimoto Y, Iizuka M, Saita E, Toyozaki M, Kamiya T, Ikeguchi M, Kondo K: (2011) Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves suppressed oxidation of low density lipoprotein (LDL) in vitro and in human subjects. *J Clin Biochem Nutr* 48, p. 203-208

前立腺がん幹細胞を標的とした前立腺がん予防法の構築

矢野 友啓（食環境科学部食環境科学科）

1. 研究の背景

前立腺がん発生及び再発の原因である前立腺がん幹細胞において、我々の今までの研究で大豆由来成分 Bowman-birk inhibitor (BBI) は Connexin43 (Cx43) を誘導し、抗がん剤感受性を高めることがあきらかとなった。しかしながら、BBI による抗がん剤感受性の上昇ががん幹細胞性の低下によるものであるかは未解明であり、Cx43 機能回復とがん幹細胞性への影響の検証が求められている。また、BBI は抗がん剤の併用により前立腺がん幹細胞の細胞生存活性を抑制することは可能ではあるが、抗がん剤は副作用の問題があること、また「予防」という観点から安全性の高い新規予防法の構築が求められている。

このような背景に基づき、本研究では科学的根拠に基づくがん幹細胞を標的とした新規予防法の提案を実現するため、抗がん作用（細胞増殖抑制活性）が報告されている既存の食品機能性成分のスクリーニングを行う。そして食品機能性成分である BBI との併用効果を実証し、がん幹細胞に効果的かつ、低濃度で効果を実現できる人体に悪影響のない安全な食品機能性成分を用いた新たな有効性が高い前立腺がん予防法の提案を行うことを目的とした

2. 調査報告および研究報告

BBI は、Cx43 タンパク発現量の上昇および細胞膜への局在性強めることが明らかとなった。また、Cx43 の阻害は、細胞生存活性の上昇、生存シグナルの活性化、薬剤抵抗性の増強をもたらし、前立腺がんの悪性化およびがん幹細胞性の増強が認められた。したがって、BBI は Cx43 の機能回復を介し、がん幹細胞マーカー発現、細胞生存活性、腫瘍形成能の抑制および抗がん剤感受性を高めたことが示唆された。また、BBI とビタミン E コハク酸エステル誘導体 (TOS) の併用は、抗がん剤と同様に前立腺がん幹細胞における細胞死を効率的に誘導した。さらに、食品機能性成分であるアブラナ科野菜由来成分 DIM 及びアナトー由来成分トコトリエノール TRF の併用処理は、それら単独処理と比較して、細胞生存活性を抑制し、アポトーシス誘導を増強した。

3. 今後の研究における課題または問題点

今回の結果を踏まえて、今後、マウスモデルを用いた BBI と抗がん成分の併用による抗前立腺がん幹細胞効果の検証が必要になり、その上で前立腺がん予防法として臨床応用されるためにはさらなる *in vitro* および *in vivo* での研究データの蓄積が求められる。

発表論文・著書

Kaneko S, Yamazaki T, Kohno K, Sato A, Kato K, Yano T. 2019. Combination Effect of Bowman-Birk Inhibitor and α -Tocopheryl Succinate on Prostate Cancer Stem-Like Cells. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo). 65(3):272-277.

学会発表

Endo T, Kaneko S, Yano T, A new preventive strategy for targeting gap junction in prostate cancer stem cells. The International Gap Junction Conference 2019, 2019.7.30-31, Victoria, Canada

若年者における野菜摂取量と下腿部静脈血管伸展性との関連性

大上 安奈（食環境科学部食環境科学科）

1. 研究の背景

静脈血管は安静時において全血液量の約 70%を血管内に保持しており、運動時など必要に応じて静脈血管内から心臓に血液を移動させることで、心拍出量や血圧の維持に貢献している。動脈血管と比較して静脈血管の伸展性は高いとされているものの、加齢や不活動により伸展性は低下することが報告されている。また、静脈血管伸展性の低下は高血圧発症とも関連があるとされており、生活習慣病予防のためにも静脈血管伸展性を高く保つことは重要であると考えられる。静脈血管伸展性に対する運動の効果はいくつかの研究で報告されているが、栄養素・食品群摂取との関連は明らかにされていない。成人において、果実類や野菜類を摂取することは虚血性心疾患や心臓血管系疾患のリスク軽減と関連があるとされていることから、野菜類摂取量が静脈血管伸展性に対しても何らかの影響を及ぼしている可能性がある。そこで、本研究では、野菜類摂取量と静脈血管伸展性の関連性を明らかにすることを目的とした。

2. 調査報告および研究報告

(1) 被験者

健康な若年者 94 名（男性 44 名および女性 50 名）を対象とした。

(2) 方法

すべての被験者において、栄養素等摂取量と食品群別摂取量、静脈血管伸展性、身体特性、体力レベルおよび循環応答を測定した。

栄養素等摂取量と食品群別摂取量の評価には自記式食事歴法質問票（Self-administered diet history questionnaire: DHQ）を用いた。DHQ より算出された栄養素等摂取量および食品群別摂取量は、残差法を用いてエネルギー摂取量で調整した値を使用した。また、緑黄色野菜とその他の野菜の摂取量の和を総野菜摂取量として求めた。さらに、DHQ の結果をもとに、食事バランスガイドの 7 項目から食事バランススコアを算出した。静脈血管伸展性はプレチスモグラフィ法により測定した下腿部体肢容積変化から算出した。身体組成は体成分分析装置（Inbody770）を用いて評価し、体重、体脂肪量と骨格筋量を解析に用いた。体力レベルとして、有酸素能力（最大酸素摂取量）を評価した。また、循環応答として血圧と心拍数を自動血圧計にて測定した。

総野菜摂取量を中央値で 2 群に分け、低値群（Low: L 群）と高値群（High: H 群）とした。群間の比較には、対応のない t 検定またはウィルコクソンの順位和検定を用いた。また、静脈血管伸展性に影響を及ぼす要因を検討するためにステップワイズ法による重回帰分析を用いた。

(3) 結果

L 群および H 群における総野菜摂取量はそれぞれ 93.0 ± 35.2 g と 231.3 ± 92.2 g であり、両群間に有意な差が認められた ($P < 0.05$)。H 群における静脈血管伸展性は、L 群よりも高い傾向がみられた (0.094 ± 0.034 mL/100g tissue/mmHg vs. 0.080 ± 0.023 mL/100g tissue/mmHg, $P =$

0.055). さらに、食事バランススコア、食品群別摂取量（穀類、いも類、油脂類、豆類、緑黄色野菜、その他の野菜、きのこ類、海藻類と魚介類）、性別、身長、骨格筋量および収縮期血圧に有意な群間差が認められた ($P < 0.05$). ステップワイズ法による重回帰分析を行ったところ下腿部静脈血管伸展性に影響を及ぼす独立変数として、緑黄色野菜と海藻類の摂取量が得られた（緑黄色野菜 : $\beta = 0.252$, $P = 0.016$, 海藻類 : $\beta = 0.255$, $P = 0.015$).

本研究結果から、健康な若年者を対象とした場合、野菜類の摂取量が少ない人と比較して多い人において、下腿部静脈血管伸展性が高い傾向にあり、特に緑黄色野菜の摂取量の影響が大きいことが示唆された.

3. 今後の研究における課題または問題点

本研究において、静脈血管伸展性に対して食事（栄養素・食品群別摂取量）も何らかの影響を及ぼしていることが示唆された. 今後、血管疾患予防を目的とした静脈血管機能の維持・向上のための食事プログラムを検討する予定である.

「運動と代謝(物)からみた健康寿命の延伸」 研究報告

＜運動と代謝(物)からみた健康寿命の延伸＞

ライフイノベーション研究所 研究員
食環境科学部健康栄養学科 宮越 雄一

【概要】

健康寿命の延伸のためには、生活習慣病の発症の第1次予防である運動の重要性は極めて高いことが広く報告されている。そこで、本研究グループでは、運動と代謝物に着目して、「運動と代謝(物)からみた健康寿命の延伸」を行うこととした。

【研究報告】

①Ⅱ型糖尿病合併症「骨質劣化型骨粗鬆症」発症に関する基礎的解析（矢野 友啓）

ヒト骨芽細胞培養モデルを使い、骨質維持に必要なLOX発現を指標にして、骨質維持に有用と思われるファイトケミカルとして、お茶カテキンをスクリーニングし、Ⅱ型糖尿病合併症「骨質劣化型骨粗鬆症」予防成分としての可能性を示した。

②酸化ストレスマーカーを用いた活性酸素による健康影響評価（宮越 雄一）

8-OHdGを生成する陽性対照物質として、*p*-aminophenolを用いた。 Fe^{3+} と Cu^{2+} による8-OHdG生成の違いについて検討した。 Fe^{3+} と Cu^{2+} ともに8-OHdG生成量は、*p*-aminophenolの濃度依存的に増加した。

③骨格筋における暑熱依存的なマイオカインの発現制御（根建 拓）

本研究の結果から、運動だけでなく暑熱負荷によってもCXCL10とCCL5の分泌及び遺伝子発現が制御されることが証明された。さらに、暑熱依存的なCXCL10の発現分泌制御には $\text{NF-}\kappa\text{B}$ が関与していることが示された。一方、予備的な結果ではあるが、暑熱依存的なCCL5発現制御は遺伝子発現の段階では $\text{NF-}\kappa\text{B}$ の関与が、分泌の段階では他のシグナル伝達因子が関与している可能性を見出している。

④若年者における下腿部静脈血管伸展性と運動時昇圧応答との関連性（大上 安奈）

若年者を対象に下腿部の静脈血管伸展性と自転車運動に伴い生じる血圧上昇（昇圧応答）の関連性を検討した。その結果、正常血圧を有する健康な若年者において、両者の間には関連がみられないことが明らかとなった。

⑤血漿ホモシステイン上昇予防を目的とした栄養管理（太田 昌子）

20代女性8名を対象に、食品Kの15日間の短期摂取前後の血漿ホモシステインおよび、その代謝に関わる生理活性物質を測定した。血漿Hcyは有意に低下し、血漿IL-6は低下する傾向にあることが示唆された。

【今後の活動計画】

①Ⅱ型糖尿病合併症「骨質劣化型骨粗鬆症」発症に関する基礎的解析（矢野 友啓）

今後はEGCgのLOX発現回復作用がin vivoでの骨質維持に寄与しているか、動物モデル及び小規模ヒト介入研究で検討する必要がある。

②酸化ストレスマーカーを用いた活性酸素による健康影響評価（宮越 雄一）

Fe^{3+} または Cu^{2+} と*p*-aminophenolによる8-OHdG生成には活性酸素種が示唆されるので、ラジカ

ルスカベンジャーなどを用いて、8-OHdG 生成のメカニズムについて、今後検討する予定である。

③骨格筋における暑熱依存的なマイオカインの発現制御（根建 拓）

本研究対象となったマイオカイン CXCL10 は血管新生を抑制する働きがあり、CCL5 は白血球の遊走など免疫応答に関与する働きを持つことが報告されており、今後、暑熱依存的な生理変化に対するマイオカイン発現変化の役割を解明していくことが重要であると考えられる。

④若年者における下腿部静脈血管伸展性と運動時昇圧応答との関連性（大上 安奈）

本研究において被験者は、若年者であり尚且つ血圧も正常な範囲の者であった。今後は、高血圧者や静脈血管伸展性の低下が予測される者を対象に検討を行うことで、静脈血管伸展性と血圧の関連性をさらに明らかにしていきたい。

⑤血漿ホモシステイン上昇予防を目的とした栄養管理（太田 昌子）

ホモシステイン代謝に関連するビタミンのうち、V.B₂ はエネルギー代謝に関与するビタミンであり、エネルギー要求量に応じて必要量が増加する。また、V.B₆ と V.B₁₂ はアミノ酸の異化やアミノ酸系神経伝達物質である生理活性アミンの代謝に関与し、その必要量はタンパク質摂取量の増加に伴って増える。したがって、健康寿命の延伸を目的とした血漿 Hcy 上昇予防を目指す食事について検討する際に、機能性成分に着目して食品群を選定する意義は大きい。

現時点では、対照のないパイロットスタディであるため、より信頼性の高い調査方式で実施する予定である。

II 型糖尿病合併症「骨質劣化型骨粗鬆症」予防に関する基礎的研究

矢野 友啓（食環境科学部食環境科学科）

1. 研究の背景

II 型糖尿病合併症誘発の原因の一つとして、糖尿病患者における血中濃度が高い終末糖化産物（AGEs）の影響が報告されている。骨粗鬆症においては、骨密度ではなく、骨質の劣化に起因しており、この主要因として非生理的架橋の蓄積が報告されている。しかし、その一方で近年、AGEs が骨のしなやかさに寄与する生理的架橋の形成因子であるリジロキシダーゼ(LOX)の発現を抑制することが報告された。一方で、我が国で多く飲用されている緑茶に含まれるカテキンは、ポリフェノール的一种であり、様々な研究において有益な食品機能性成分として利用されている。また、カテキンは、LOX の上流因子である DNA メチルトランスフェラーゼ(DNMT)活性を阻害する成分として作用することが報告されている。

以上より、本研究では骨芽細胞培養系を用いて、AGEs による LOX および DNMT の発現への影響と、それに対するカテキンの作用を検証し、骨質劣化に対するカテキンの予防の可能性を検討することを目的とした。

2. 調査報告および研究報告

ヒト骨芽細胞由来細胞株 MG-63 を用いて、AGEs 処理で LOX 発現が抑制された条件下で、EGCg 500 nM で 24 時間処理した群の LOX 発現は有意に増加した。6 時間処理においても、EGCg により LOX 発現が上昇する傾向にあった。また、AGEs により DNMTs の分子腫の内、DNMT3b の発現が上昇する傾向にあったが、EGCg で 24 時間処理した群では、コントロール群と比較し DNMT3b が濃度依存的かつ有意に抑制された。6 時間処理においても EGCg 濃度依存的に DNMT3b 発現を抑制する傾向にあった。この結果から、EGCg は DNMT3b 発現の抑制を介して LOX 発現を上昇させることが示唆された。さらに、EGCg の作用点として、AGEs 刺激下で分泌が増加する TNF- α がオートクライン様式で活性化する JAK2 活性化抑制を介して、DNMT3b の発現を抑制することが推測された。

3. 今後の研究における課題または問題点

今後は EGCg の LOX 発現回復作用が *in vivo* での骨質維持に寄与しているか、動物モデル及び小規模ヒト介入研究で検討する必要がある。

発表論文・著書

Kohno K, Yamada W, Yano T et al. Tocotrienol-rich fraction from annatto ameliorates expression of lysyl oxidase in human osteoblastic MG-63 cells. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, in press

学会発表

Fujimoto N, Ishituka A, Yano T, The effect of advanced glycation end-products on bone-quality deterioration and possible prevention with (-)-epigallocatechin-3-gallate. Nutrition Society of Australia 43rd Annual Scientific Meeting, 2019.12.4-5, New Castle, Australia.

酸化ストレスマーカーを用いた活性酸素による健康影響評価

宮越 雄一（食環境科学部健康栄養学科）

1. 研究の背景

生活習慣病の原因の一つとして、活性酸素の関与が考えられている。生体内で過剰に活性酸素が生成された場合には、がん、心疾患、脳血管疾患、糖尿病、動脈硬化などの生活習慣病や老化促進、神経変性疾患などを引き起こすことが報告されている。このような様々な病態に活性酸素が密接に関与することから、活性酸素による酸化ストレス状態を早期に把握する酸化ストレスマーカーとして、活性酸素による DNA 損傷（酸化的 DNA 損傷）の 8-hydroxydeoxyguanosine (8-OHdG) が広く利用されている。

そこで酸化ストレスマーカーである 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) を用いて活性酸素による健康影響を評価することにより、生活習慣病の予防・悪化防止さらに健康寿命の延伸に寄与することが期待できる。

2. 調査報告および研究報告

8-OHdG の測定には、ELISA 法（enzyme-linked immunosorbent assay 酵素免疫測定法）が広く利用されており、本研究では、 Fe^{3+} と Cu^{2+} による 8-OHdG 生成の違いについて検討した。8-OHdG を生成する陽性対照物質として、*p*-aminophenol を用いた。*p*-aminophenol と DNA を反応後、nuclease、alkaline phosphatase で処理した後、ELISA 法を用いて 8-OHdG を測定した。

Fe^{3+} と *p*-aminophenol による 8-OHdG 生成量は、*p*-aminophenol の濃度が 0 の時と比較して、50、100、200 μM で各々、25 倍、27 倍、26 倍であった。 Cu^{2+} に *p*-aminophenol による 8-OHdG 生成量は、*p*-aminophenol の濃度が 0 の時と比較して、50、100、200 μM で各々、21 倍、35 倍、37 倍であった。

3. 今後の研究における課題または問題点

Fe^{3+} または Cu^{2+} と *p*-aminophenol による 8-OHdG 生成には活性酸素種が示唆されるので、ラジカルスカベンジャーなどを用いて、8-OHdG 生成のメカニズムについて、今後検討する予定である。

文献

- 1) Kasai H. et al. (1984) 『Detection and identification of mutagens and carcinogens as their adducts with guanosine derivatives.』 12 (4), p.2127-2136, Nuclei Acids Res.
- 2) Miyakoshi Y. et al. (1998) 『Mutagenicity of *p*-aminophenol in *E.coli* WP2uvrA/pKM101 and its relevance to oxidative DNA damage.』 415, 139-50, Mutation Research
- 3) Saito S. et al. (2000) 『Quantative determination of urinary 8-hydroxyguanosine (8-OHdG) by using ELISA』 107, p.39-44, Res. Commun. Mol. Pathol. Pharmacol.
- 4) Kasai H. et al. (2001) 『Analysis of 8-hydroxydeoxyguanosine as a marker of oxidative stress.』 194, p.10-16, Foods Food Ingredients J.

骨格筋における暑熱依存的なマイオカインの発現制御

根建 拓（生命科学部応用生物科学科）

運動は脂肪燃焼や免疫機能の亢進など骨格筋以外の全身の組織や器官に大きな影響を与える。近年、運動の効果を全身に伝達する物質として、骨格筋から分泌されるタンパク質であるマイオカインの存在がクローズアップされてきており、当研究室でも骨格筋の収縮に伴って分泌抑制される新規マイオカイン CXCL10 と CCL5 を同定した。一方、運動あるいは環境温の上昇によって筋温が上昇するが、骨格筋において暑熱刺激を負荷した際のマイオカインの発現制御については明らかになっていない。本研究では、当研究室で同定したマイオカイン CXCL10 及び CCL5 を研究対象として取り上げ、暑熱依存的な発現制御を明らかにすることを目的とした。

まず、マウス骨格筋由来 C2C12 細胞を 37℃～42℃の条件下で 24 時間培養後、サイトカインアレイ、ウェスタンブロット法、qPCR 法などを用いてマイオカインの発現を解析したところ、熱マーカータンパク質である HSP70 の発現上昇に伴い、CXCL10 及び CCL5 の分泌が減少することが明らかとなった。これらのマイオカインの暑熱依存的な発現制御のメカニズムを明らかにするため、細胞内シグナルを解析した結果、暑熱依存的に細胞内 NFκB の発現亢進が認められた。さらに細胞分画による NFκB の局在変化を解析したところ、NFκB は暑熱依存的に核に移行することが確認された。さらに、暑熱刺激とともに NFκB 特異的阻害剤である Parthenolide を添加したところ、暑熱依存的な CXCL10 の発現減少が観察されなくなることが示唆された。一連の結果は、暑熱によって細胞内で活性化される NFκB が CXCL10 及び CCL5 の発現制御に重要であることを強く示唆していた。次に、動物個体における暑熱依存的なマイオカインの発現制御を解析した。C57BL/6 マウスに 12 時間おきに 45℃、30 分の条件で 2 週間暑熱負荷を行った後、骨格筋各部位の CXCL10 遺伝子発現量を調べた。その結果、CXCL10 遺伝子発現量は前脛骨筋 (TA) において有意に減少しており、暑熱依存的な CXCL10 発現減少は細胞だけでなく個体レベルでも観察されることが明らかとなった。

本研究の結果から、運動だけでなく暑熱負荷によっても CXCL10 と CCL5 の分泌及び遺伝子発現が制御されることが証明された。さらに、暑熱依存的な CXCL10 の発現分泌制御には NFκB が関与していることが示された。一方、予備的な結果ではあるが、暑熱依存的な CCL5 発現制御は遺伝子発現の段階では NFκB の関与が、分泌の段階では他のシグナル伝達因子が関与している可能性を見出している。本研究対象となったマイオカイン CXCL10 は血管新生を抑制する働きがあり、CCL5 は白血球の遊走など免疫応答に関与する働きを持つことが報告されており、今後、暑熱依存的な生理変化に対するマイオカイン発現変化の役割を解明していくことが重要であると考えられる。

【発表論文】

(1) 根建 拓、石内友里 (2019) 運動依存性マイオカインと代謝機能「骨格筋研究を核とした筋スマート社会」株式会社 シーエムシー・リサーチ

若年者における下腿部静脈血管伸展性と運動時昇圧応答との関連性

大上 安奈（食環境科学部食環境科学科）

1. 研究の背景

静脈血管は高い伸展性を有しており、安静時には全血液量の約 70%を血管内に保持している。一方、運動時など全身の組織において血液が必要な場合には、静脈血管内の血液を心臓に還すことで心拍出量や血圧の維持に貢献している。安静状態で静脈血管伸展性を増大させた場合、静脈還流量も増加することから、静脈血管伸展性の大きさが運動時の循環調節に何らかの影響を及ぼしていると考えられる。そこで本研究では、静脈血管伸展性と運動時における昇圧応答の関連性を検討することを目的とした。

2. 調査報告および研究報告

(1) 被験者

健康な若年成人 22 名を対象とした（男性：15 名，女性：7 名，年齢： 20.6 ± 1.1 歳，身長： 167.9 ± 5.2 cm，体重： 61.6 ± 7.0 kg，最大酸素摂取量： 38.1 ± 6.7 mL/min/kg，安静時収縮期血圧： 111 ± 9 mmHg，安静時拡張期血圧： 61 ± 6 mmHg）。

(2) 実験手順

すべての被験者において、実験 1 日目に最大酸素摂取量と静脈血管特性の測定を、実験 2 日目に一過性運動に伴う昇圧応答を評価した。得られたデータから下腿部静脈血管伸展性と昇圧応答の関連性を評価した。

最大酸素摂取量の測定には、漸増負荷自転車運動テストを用いた。被験者の性別および体力レベルに応じて、2~30W/分ずつ運動負荷を増加させ、疲労困憊に至るまで自転車運動を継続させた。なお、自転車運動の回転数は 60 回転/分とした。得られた最大酸素摂取量の 40%と 60%（ $40\%\dot{V}O_{2\max}$ と $60\%\dot{V}O_{2\max}$ ）に相当する運動負荷を算出し、一過性運動時に用いた。

静脈血管特性として、仰臥位姿勢にて 20 分間以上安静を保った後、下腿部体肢容積変化を測定し、その値から下腿部静脈血管伸展性を算出した。

一過性運動として、 $40\%\dot{V}O_{2\max}$ と $60\%\dot{V}O_{2\max}$ に相当する負荷を用い、それぞれ 5 分間のリカンベント自転車運動を実施した。約 15 分間の休息を挟みながら、両運動負荷を行なった。安静時および運動時ともに収縮期および拡張期血圧を測定し、収縮期と拡張期の血圧から平均血圧を算出した。また、昇圧応答として、安静時と運動 4.5 分目の血圧の差分を算出した。

(3) 結果

低強度運動時および中強度運動時における昇圧応答と下腿部静脈血管伸展性との間に有意な相関関係は認められなかった（図 1, 2）。本研究結果から、正常血圧を有する健康な若年男女において、下腿部静脈血管伸展性と運動時昇圧応答の間には関連性が認められないことが示唆された。

3. 今後の研究における課題または問題点

本研究において被験者は、若年者であり尚且つ血圧も正常な範囲の者であった。今後は、高血圧者や静脈血管伸展性の低下が予測される者を対象に検討を行うことで、静脈血管伸展性と血圧の関連性をさらに明らかにしていきたい。

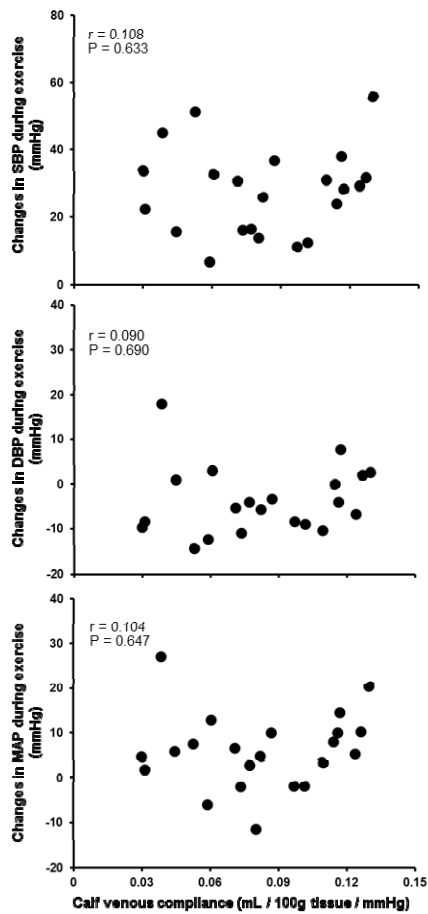


図 1 低強度運動時における昇圧応答と下腿部静脈血管伸展性の関連

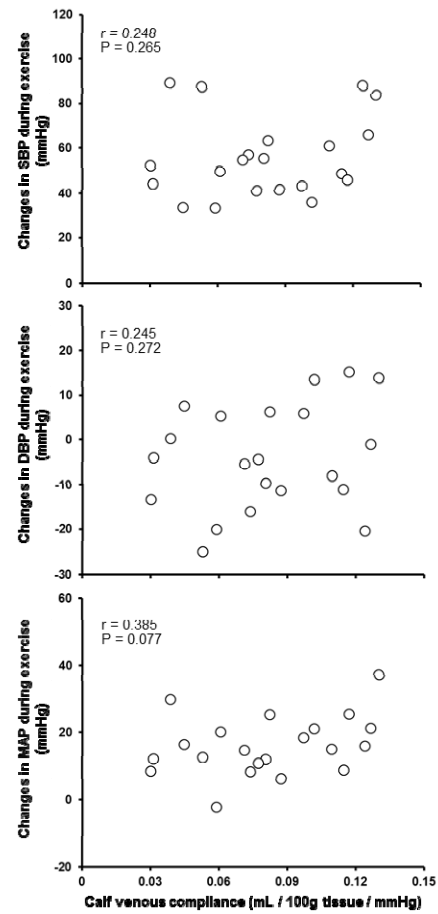


図 2 中強度運動時における昇圧応答と下腿部静脈血管伸展性の関連

血漿ホモシステイン上昇予防を目的とした栄養管理

太田 昌子（食環境科学部健康栄養学科）

1. 研究の背景

ホモシステインはメチオニン代謝やシステイン代謝の中間代謝物として生成されるチオール基を持つアミノ酸である。メチオニン代謝では再メチル化されメチオニンに戻る経路であり、他方はシスタチオニンターゼにより代謝され尿中に排泄される経路である。この代謝経路のいずれかが障害されることで血中のホモシステイン濃度は上昇する。ホモシステインを上昇させる因子としては、性差、年齢、喫煙、アルコール、糖尿病、高血圧、腎不全などがある。

1969 年に血漿中のホモシステインは心血管疾患の危険因子と報告されて以来、多くの疫学研究によって動脈硬化や心筋梗塞のリスク因子であるほか、疲労骨折のリスク因子であることも報告されている。そのため、機能性成分の摂取により日常の血漿ホモシステイン（tHcy）を低下させることは疲労骨折リスクを含めた前述の疾患のリスク軽減につながる。

そこで、食品 K の摂取前後における血漿 tHcy、IL-6 の関連について検討した。

2. 調査報告および研究報告

1) 調査方法

本調査はパイロットスタディによる調査形式のため、プラセボ（対照）は設定しなかった。同意を得られた 20 代女性 8 名を対象に、食品 K の 15 日間の短期摂取前後の血漿ホモシステインおよび、その代謝に関わる生理活性物質を測定した。これらの一連の調査においては、東洋大学人を対象とする医学系研究倫理委員会の承認を得て行った（承認番号 TU2018-014）。

被験者には 10 時間前から絶食を依頼し、早朝空腹時に肘静脈血より採血を行い、EDTA-2k 管に分注し、血漿の分離を行った。得られた血漿は直ちに凍結保管し、分析前に解凍した。血漿ホモシステインは電気化学検出器を用いた HPLC 法にて、血漿 IL-6 は ELISA 法で測定した。

2) 調査報告

摂取前の被験者の血漿 Hcy の平均は $6.8 \mu\text{M}$ であったが、15 日間の摂取後は $5.7 \mu\text{M}$ に有意に低下していた（t 検定、 $p < 0.01$ ）。血漿ホモシステインの一般の分析値は HPLC もしくは ELISA 法の測定手法による差はあるものの、 $3.0 \sim 14.9 \mu\text{M}$ が基準値となっている。今回は、夾雑物質が包括されない HPLC 法を用いて、食事由来の Hcys の影響を受けない早朝空腹時に採血を行ったため、考えられる交絡因子は全て排除された条件下で測定している。そのため、交絡因子を含めて設定されている基準値（ $3.0 \sim 14.9 \mu\text{M}$ ）の下方に近い位置に、食品 K 摂取前後の平均値が位置づけられていた。本調査において、食品 K を始めとする食品機能性成分の摂取後に、血漿 Hcys は有意に低下することがわかった。

また、IL-6 は液性免疫を制御するサイトカインの一つである。これまで、血漿ホモシステインレベルが上昇する条件下において、血漿中の IL-6 レベルの上昇に伴う慢性炎症を引き起こしやすいことが報告されている¹⁾。したがって、血漿中のホモシステインレベルの変動介した IL-6 レベルの上昇が要因となって生活習慣病発症リスクに影響していることが推測される²⁾。

摂取前の被験者の血漿 IL-6 の平均は 1.88pg/ml であったが、15 日間の摂取後は 1.63pg/ml に低下する傾向にあった (t 検定、 $p < 0.1$)。食品 K を 15 日間摂取することに伴い、被験者の血漿 Hcys レベルが低下し、その結果として、血漿 IL-6 が低下する傾向にあることが示唆された。

3. 今後の研究における課題または問題点

ホモシステイン代謝に関連するビタミンのうち、V.B₂ はエネルギー代謝に関与するビタミンであり、エネルギー要求量に応じて必要量が増加する。また、V.B₆ と V.B₁₂ はアミノ酸の異化やアミノ酸系神経伝達物質である生理活性アミンの代謝に関与し、その必要量はタンパク質摂取量の増加に伴って増える。したがって、健康寿命の延伸を目的とした血漿 Hcy 上昇予防を目指す食事について検討する際に、機能性成分に着目して食品群を選定する意義は大きい。

現時点では、対照のないパイロットスタディであるため、より信頼性の高い調査方式で実施する予定である。

文献

- 1) Johnston JD, Ordovas JM, Scheer FA, Turek FW. (2016) Circadian Rhythms, Metabolism, and Chrononutrition in Rodents and Humans. Adv Nutr. 2016 Mar 15;7(2):399-406.
- 2) Paul B, Saradalekshmi KR, Alex AM, Banerjee M. (2014) Circadian rhythm of homocysteine is hCLOCK genotype dependent. Mol Biol Rep. 2014 Jun;41(6):3597-602.

備考：特許申請を予定しているため、食品機能性成分の詳細は記載していない。

「運動と健康寿命の延伸」 研究報告

「運動と健康寿命の延伸」研究グループ紹介

ライフイノベーション研究所 研究員
グループ責任者 岩本 紗由美

グループ A:

研究タイトル：健康寿命延伸のための運動器の構造維持に関する研究

ー加重低減に伴うラット大腿骨の骨量減少に及ぼす通電刺激の効果ー

研究メンバー：大迫正文、鈴木哲郎（ライフデザイン学部 健康スポーツ学科）

中井真悟（常葉大学 健康プロデュース学部 健康柔道整復学科）

石垣智恒（ライフデザイン学研究科ヒューマンライフ学専攻、

日本学術振興会特別研究員 PD）

研究概要： 高齢化が進む今日の社会において、骨や関節軟骨の健康状態を保持することは「健康寿命の延伸」を推し進める上で大きな意味をもつ。運動や通電による機械的刺激が骨量維持に効果があるとされているが、特に、運動器の外傷や膝の痛み等によって運動が制限される場合、通電刺激は有効な手段となる。当グループでは動物実験により、骨およびそれを牽引する腱・靱帯のほか、関節軟骨や関節包のような運動器を実験材料として、それらに及ぼす鍼および経皮通電刺激、ならびに最近ではベクトルポテンシャルによる非接触性の通電刺激の効果を検証している。そのほか、基礎的な研究としてそれらの器官の発育にともなる組織構造の変化についても観察している。また、同様に実験動物を用いて、跳躍運動やトレッドミル走運動を負荷する実験や、自発的な運動が不可能な場合を想定して他動運動装置を作製し、これによる効果についても検討している。このように当グループでは骨やその周辺組織の健康度の維持増進を図るための方法論を確立と、その機序解明を目的に、実験動物の運動器を用いて、種々の機械的刺激の効果について検討する研究を行っている。

グループ B:

研究タイトル：アスリートの健康:コンディショニングへの取り組み調査

-トレーニング、休養・補食、競技力向上についての意識と食行動に対しての意識・知識-

研究メンバー：杉田記代子、岩本紗由美（ライフデザイン学部 健康スポーツ学科）

高田和子（ライフイノベーション研究所）

研究概要： アスリートにとって競技力向上と健康状態を維持する目的のコンディショニングは非常に重要である。そのためアスリートのコンディショニング研究はスポーツ医科学領域において盛んにおこなわれており、客観的データが示されている。しかし、実際にアスリートがどのようにコンディショニングに取り組んでいるかをあわせて報告している研究は少ない。そこで、本年度の研究では大学陸上競技部女子長距離に所属しているアスリートを対象に調査用紙を用いてコンディショニングへの取り組みと意識について調査した。調査内容は A：スキルトレーニングについて 6 項目、B：フィジカルトレーニングについて 10 項目、C：トレーニングの捕食と休養について 15 項目、D：自身の競技力向上について 6 項目と G：食行動に対しての意識・知識について 19 項目の合計 51 項目について調査した。

昨年度は大学ラグビープレイヤーを対象に同様の調査を実施しており、今後も対象者、対象スポーツを増やしていく予定である。この調査を継続的に実施していくことでそのスポーツごとのコンディショニング実施特性を明らかにすることが可能となる。

通電刺激が後肢不動化ラットの骨形成に及ぼす影響に関する研究

大迫 正文 (ライフデザイン学部健康スポーツ学科)

1. 研究の背景

本研究は、低周波刺激装置(直流)を用いた経皮通電刺激と、従来の低周波装置(交流)による鍼通電刺激が、加重低減中の骨吸収に及ぼす抑制効果について比較検討することを目的とした。

2. 調査報告および研究報告

7 週齢のウィスター系雄性ラット 48 匹を用い、それらを後肢懸垂群 HS、後肢懸垂・鍼通電群 EA、後肢懸垂・経皮通電群 TE および対照群 CO の 4 群に分類した。CO 以外の 3 群は、2 週間後肢懸垂を行った。EA は大腿前面に鍼を刺入し通電した。TE は大腿前面にパッドを貼り経皮的に通電した。これらの通電刺激は 10 分/回、1 回/日、6 日/週とし、実験期間終了後、各群から大腿骨を摘出し組織学的に分析した。その結果、加重低減に伴う骨量減少に対して、皮質骨に関しては鍼および経皮通電刺激はいずれも同様な骨吸収抑制効果を示すが、海綿骨については鍼通電刺激において顕著な効果が得られることが理解された。

3. 今後の研究における課題または問題点

より効果的な通電条件の検討する研究の一貫として、今後は、経皮および通電刺激の電圧、周波数ならびに 1 週間当たりの通電頻度の効果の違いについて検討を進める。

発表論文・著書

- 1) Nakai,S., Kira,Y.,Ohsako M.(2019) : Study in bone structure of tendon attaching portion and vascularity of periosteum of rat's femur. Bulletin of Graduate School of TOYO univ. 55:121-128.
- 2) 望月将希、小林宗弘、大迫正文(2019)『加重低減に伴うラット大腿骨の骨量減少に対する鍼および経皮通電刺激の効果に関する研究』ライフデザイン学研究 14:101-109.

学会発表

- 1) 小林宗弘、望月将希、中井真悟、大迫正文：異なる電圧の経皮通電刺激が加重低減中のラット大腿骨の構造に及ぼす影響。第 124 回日本解剖学会、2019 年 3 月 27 日、新潟。
- 2) 熊田真由子、高橋歩未、荒木美智子、大迫正文：ラット脛骨における跳躍運動中止後の構造変化に関する研究。第 124 回日本解剖学会、2019 年 3 月 27 日、新潟。
- 3) 高橋歩未、熊田真由子、荒木美智子、大迫正文：加重増加および中止後のラット脛骨骨端板の構造的特徴に関する研究。第 124 回日本解剖学会、2019 年 3 月 27 日、新潟。
- 4) 水藤飛来、石垣智恒、古沢夏海、古谷啓登、中井真悟、大迫正文：発育期ラット脛骨における膝蓋靱帯付着部位の構造変化。日本体力医学会第 74 回大会、2019 年 9 月 20 日、筑波。
- 5) 古沢夏海、古谷 啓登、水藤飛来、荒木美智子、大迫正文：ラット脛骨近位骨端板における軟骨の細胞および基質に及ぼす跳躍運動の影響。日本体力医学会第 74 回大会、2019 年 9 月 20 日、筑波。
- 6) 水藤飛来、中井真悟、大迫正文：上り下りのトレッドミル走による運動刺激がラット脛骨粗面部の構造に及ぼす影響。第 28 回柔道整骨接骨医学会、2019 年 11 月 23 日、東京。

ラット関節軟骨の構造に及ぼす経皮通電刺激の影響

鈴木 哲郎（ライフデザイン学部健康スポーツ学科）

1. 研究の背景

今日、高齢化が進むことによって、さまざまな健康上の問題が浮上しているが、活動性の低下を引き起こす変形性膝関節症に苦しむ人も多くいる。その疾患の場合、運動が制限されるために日常生活が非活動的となり、病状が進行すれば寝たきり状態にまで至ることもある。近年、無負荷の運動がその症状改善に効果があるという報告がなされている。しかし、その運動が組織構造に及ぼす効果は明らかにされていない。本研究は、一定期間後肢を非加重状態においたラットを用いて、膝関節の他動運動とトレッドミル歩行による膝関節の構造に及ぼす効果を検討した。

2. 調査報告および研究報告

実験材料として、7週齢のウィスター系雄性ラット 32 匹を用い、それらを尾部懸垂群（TS）、尾部懸垂一歩行群（WE）、尾部懸垂一他動運動群（PE）および対照群（CO）に分類した。CO 以外の 3 群は 3 週間尾部懸垂し、その間に WE にはトレッドミル歩行（傾斜角度 10°で、速度 10m/分）を、また、PE には麻酔下で膝の屈曲伸展による他動運動（80 回/分）を、いずれも 1 時間/日、5 日/週行わせた。実験期間終了後、各群から脛骨を摘出して、組織学的に分析した。

その結果、軟骨細胞の大きさは TS が最も大きく、次いで WE となり、CO および PE はそれに比べて小さかった。CO では関節軟骨の中間の層から深部にかけてメタクロマジーを強く起こしたが、TS ではその上下的な範囲が狭かった。膝蓋下脂肪体の脂肪細胞は TS のみが小型であった。脂肪組織間の結合組織は CO では乏しいが、WE や PE ではわずかにみられ、TS で厚い結合組織が存在した。これらのことから、関節軟骨の細胞外基質や膝蓋下脂肪体および関節包後方部の構造に関しては、加重低減に伴う変化がトレッドミル歩行および他動運動で抑制される可能性があることが示唆された。

3. 今後の研究における課題または問題点

今回の実験では、他動運動や歩行運動が膝関節の構造維持に有効であることまで理解されたが、その機序を明らかにするまでには至らなかった。今後は無負荷または軽度の運動負荷が関節軟骨の代謝にどのように影響するかについて検討を進めていく。

学会発表

- 1) 望月将希、小林宗弘、中井真悟、曾 雪倩、鈴木哲郎、大迫正文：後肢懸垂ラットにおける脛骨関節軟骨の構造に及ぼす通電刺激の効果。第 124 回日本解剖学会、2019 年 3 月 27 日、新潟。
- 2) 望月将希、小林宗弘、蓼沼郁夫、曾 雪倩、中井真悟、鈴木哲郎、大迫正文：経皮通電刺激が後肢懸垂ラットの異なる部位の骨構造に及ぼす影響。日本体力医学会第 74 回大会、2019 年 9 月 20 日、筑波。
- 3) 小林宗弘、望月将希、蓼沼郁夫、曾 雪倩、宇南山 伸、鈴木哲郎、大迫正文：異なる周波数の経皮通電刺激が後肢懸垂ラット大腿骨の構造に及ぼす影響。日本体力医学会第 74 回大会、2019 年 9 月 20 日、筑波。

アスリートの健康:コンディショニングへの取り組み調査 1

-スキルトレーニングとフィジカルトレーニング-

岩本紗由美(ライフデザイン学部 健康スポーツ学科)

杉田記代子(ライフデザイン学部 健康スポーツ学科)

高田和子(ライフイノベーション研究所)

1. 研究の背景

アスリートのコンディショニングは健康状態を維持する目的と競技力向上のために非常に重要であることは広く認識されている。そのためアスリートのコンディショニング研究はスポーツ医科学領域において盛んにおこなわれ医学的側面、フィジカル側面および栄養学的側面から多くの報告がされている。このような研究報告は血液データ、乳酸値や摂取エネルギーなど非常に専門的な視点から客観的データの報告はされているものの、実際にアスリートがどのようにトレーニングに取り組んでいるかをあわせて報告している研究は少ない。そこで、本研究では大学陸上競技部女子長距離に所属しているアスリート自身のコンディショニングへの取り組みと意識について明らかにする。尚、本報告ではスキルトレーニングとフィジカルトレーニングについての調査結果の一部を抜粋して報告する。

2. 調査報告および研究報告

【方法】

1) 対象

対象は全日本大学女子駅伝出場レベルの陸上競技部女子長距離部門に所属しており、全員が寮(朝食、夕食提供)にて生活している26名(19.6±1.2歳)を対象とした。尚、本研究は東洋大学ライフデザイン学部倫理委員会より承認を得ており、計測前に対象者には書面と口頭にて本報告の主旨を説明し、書面にて同意を得た。

2) コンディショニングに関する質問紙調査

調査内容はA:スキルトレーニングについて(6項目)、B:フィジカルトレーニングについて(10項目)、C:トレーニングの捕食と休養について(15項目)、D:自身の競技力向上について(6項目)、G:食行動に対する意識・知識について(19項目)の合計 51 項目とした。

【結果】

スキルトレーニングとフィジカルトレーニングについて

「フィジカルトレーニングを実施しているか」についての質問については 96.2%のアスリートが実施していると回答しており、「目的を理解しているか」の質問については 88.0%のアスリートが理解していると回答している。スキルトレーニングの実施頻度として1日に2回が最も高い割合(92.3%)

であり、実施平均時間は、1.0 時間以上-1.5 時間未満と 2.0 時間以上-2.5 時間未満がともに 30.8%であった。一方、フィジカルトレーニングの実施頻度としては 1 日に 1 回がもっとも多い割合 (69.2%) であり、実施平均時間は 0.5 時間以上-1.0 時間未満が最も多い割合であり(53.8%)、次いで、1.0 時間以上-1.5 時間未満が 30.8%であった。

表 1. スキルトレーニングとフィジカルトレーニング実施頻度と時間について

		スキル	フィジカル
回数			
回数	1	3.8	69.2
	2	92.3	19.2
	3	0.0	3.8
	未回答	3.8	7.7
時間			
平均時間	0～0.5	0.0	3.8
	0.5～1	3.8	53.8
	1～1.5	30.8	30.8
	1.5～2	19.2	7.7
	2～2.5	30.8	0.0
	2.5～3	15.4	0.0
	未回答	0.0	3.8

3. 今後の研究における課題または問題点

本研究は 1 チームを対象とした調査研究である。同レベルの他チームを対象として複数チームへ調査を実施することで本邦の全日本大学女子駅伝出場レベルの陸上競技部女子長距離部門所属のアスリートのトレーニングへの取り組みの現状が明らかとなる。そのため同調査を他チームに対して実施することが課題である。

学会発表

- 1) 岩本紗由美, 太田昌子, 高田和子, 香川雅春, 鈴木哲郎, 杉田記代子, 大学生女性長距離ランナーのトータルコンディショニングの現状報告, ハイパフォーマンスポーツカンファレンス 2019, 10 月 29 日, 国立スポーツ科学センター
- 2) 岩本紗由美, 太田昌子, 高田和子, 香川雅春, 鈴木哲郎, 杉田記代子, 女性長距離ランナーに対する健康問題予防のためのトータルコンディショニング教育プログラムの開発, 第 30 回臨床スポーツ医学会, 2019 年 11 月 16-17 日, パシフィコ横浜

アスリートの健康:コンディショニングへの取り組み調査 2 -休養と補食-

杉田記代子(ライフデザイン学部 健康スポーツ学科)

高田和子(ライフイノベーション研究所)

岩本紗由美(ライフデザイン学部 健康スポーツ学科)

1. 研究の背景

アスリート自身が行うコンディショニングの重要性はアスリートの健康:コンディショニングへの取り組み調査 1 でも述べているとおりであり、本研究目的及び方法は先の研究と同様である。休養と補食についての調査結果の一部を抜粋して報告する。

2. 調査報告および研究報告

【方法】

1) 対象者およびコンディショニングに関する質問紙調査はアスリートの健康:コンディショニングへの取り組み調査 1 と同様

【結果】

休養と補食について

「朝練習を行っているか」の質問にたいしては 100%行っていると回答しており、5 時半から 6 時の間に開始している割合が最も多く(79.6%)、全員の平均は 1.5 ± 0.6 時間であった。そのうち 2 名は 4 時台(4:45, 4:55)から開始しており、2 時間半実施しているとの回答をしていた。「朝練習前に補食を摂るか」に質問にたいして 79.6%が取らないと回答している。「トレーニングを前向きに行えるだけの休養はとれているか」の質問にたいして、84.6%は取れていると回答しており 15.4%は取れていないと回答している。「本練習前の食事と本練習の時間間隔」についての質問に対して、50.0%は決まっていると回答しており、決まっていると回答した者のその時間間隔を自由回答してもらったところ、平均 3.6 ± 0.6 時間であった。「本練習前(中)に補食をするか」の質問にたいして 84.0%が「しない」と回答しており、本練習中「糖分の含まれる給水をするか」の質問にたいしては 80.7%が「する」と回答しており、その多くは市販のスポーツドリンクを飲水していた。

3. 今後の研究における課題または問題点

本研究は 1 チームを対象とした調査研究である。同レベルの他チームを対象として複数チームへ調査を実施することで本邦の全日本大学女子駅伝出場レベルの陸上競技部女子長距離部門所属のアスリートのトレーニングへの取り組みの現状が明らかとなる。そのため同調査を他チームに対して実施することが課題である。

学会発表

- 1) 岩本紗由美, 太田昌子, 高田和子, 香川雅春, 鈴木哲郎, 杉田記代子, 大学生女性長距離ランナーのトータルコンディショニングの現状報告, ハイパフォーマンスポーツカンファレンス 2019, 10 月 29 日, 国立スポーツ科学センター
- 2) 岩本紗由美, 太田昌子, 高田和子, 香川雅春, 鈴木哲郎, 杉田記代子, 女性長距離ランナーに対する健康問題予防のためのトータルコンディショニング教育プログラムの開発, 第 30 回臨床スポーツ医学会, 2019 年 11 月 16-17 日, パシフィコ横浜

アスリートの健康:コンディショニングへの取り組み調査 3

- 食事に対する知識・意識調査 -

高田和子(ライフイノベーション研究所)

杉田記代子(ライフデザイン学部 健康スポーツ学科)

岩本紗由美(ライフデザイン学部 健康スポーツ学科)

1. 研究の背景

アスリート自身が行うコンディショニングの重要性はアスリートの健康:コンディショニングへの取り組み調査 1 でも述べているとおりであり、本研究目的及び方法は先の研究と同様である。本報告は食事に対する知識・意識調査についての調査結果の一部を抜粋して報告する。

2. 調査報告および研究報告

【方法】

本研究にて使用した食事に対する知識・意識調査は佐藤らが提案しているセルフエフィカシー尺度を使用した。この尺度は5因子(第1因子:バランスの良い食事(質問項目1-6)、第2因子:競技と食事の関連についての理解(質問項目7-11)、第3因子:乳製品、果物の摂取(質問項目12-14)、第4因子:油脂類の過剰摂取防止(質問項目15-16)、第5因子:補食の計画的な摂取(質問項目17-19))で構成されている。回答は「自信がない」、「少し自信がない」、「少し自信がある」「自信がある」の4段階評価となっている。

【結果】

第1因子:バランスの良い食事を選択する能力

「1 人の時でも主食・主菜・副菜の整った食生活ができる」について、「あまり自信がない」(69.2%)と回答した割合最も多く、「時間がなくても主食・主菜・副菜の整った食事を摂ることができる」について、「あまり自信がない」と回答した割合が最も多かった(73.1%)。「疲れているときでも主食・主菜・副菜の整った食生活ができる」について、「あまり自信がない」(40.0%)、「少し自信がある」(32.0%)であり、「主食・主菜・副菜のそろった食事を毎日摂ることができる」については、「少し自信がある」(36.0%)、「自信がある」(36.0%)であった。「精神的なストレスがあるときでも主食・主菜・副菜の整った食生活ができる」について「少し自信がある」(34.6%)、「自信がある」(30.8%)、「あまり自信がない」(26.9%)と回答がばらけていた。「自分に合った量の主食を毎日食することができる」について「少し自信がある」(50.0%)、「あまり自信がない」(26.9%)という結果となった。

第2因子:競技と食事の関連についての理解

「食事と体組成と深い関わりがあることを説明できる」について、「あまり自信がない」(38.5%)、「少し自信がある」(38.5%)であった。「食事は空腹を満たすだけでなく、競技に大きく影響することを説明できる」について、「少し自信がある」(73.1%)であった。「食に関する新しい情報を家族や友人に説明できる」について、「少し自信がある」(46.2%)であった。「よりよいアスリートになるための基本的に適切な食事形態を知っている」について、「少し自信がある」(61.5%)、「自信がある」(34.6%)であった。「体力の低下を予防できる工夫した食生活をする事ができる」について、「少し自信がある」(53.8%)、「自信がある」(15.4%)であった。

一方で、第3因子の乳製品、果物の摂取、第4因子の油脂類の過剰摂取防止、第5因子の補食の計画的摂取については、第1、第2因子に比べ、「少し自信がある」、「自信がある」の回答が多く見られた。

3. 今後の研究における課題または問題点

本研究は1チームを対象とした調査研究である。同レベルの他チームを対象として複数チームへ調査を実施することで本邦の全日本大学女子駅伝出場レベルの陸上競技部女子長距離部門所属のアスリートの食事への意識や理解の現状が明らかとなる。そのため同調査を他チームに対して実施することが課題である。また、本アンケートでは、セルフエフィカシーのみを調査しているため、食事や食事の知識の実態との比較も必要と考える。

学会発表

- 1) 岩本紗由美, 太田昌子, 高田和子, 香川雅春, 鈴木哲郎, 杉田記代子, 大学生女性長距離ランナーのトータルコンディショニングの現状報告, ハイパフォーマンススポーツカンファレンス 2019, 10月29日, 国立スポーツ科学センター
- 2) 岩本紗由美, 太田昌子, 高田和子, 香川雅春, 鈴木哲郎, 杉田記代子, 女性長距離ランナーに対する健康問題予防のためのトータルコンディショニング教育プログラムの開発, 第30回臨床スポーツ医学会, 2019年11月16-17日, パシフィコ横浜

「健康寿命延伸のための福祉サービス」 研究報告

「健康寿命の延伸と食のあり方を考える～“フードマイノリティ”における

食の実態と地域での支援活動に関する調査」研究グループ紹介

ライフイノベーション研究所 研究員

グループ責任者 山本 美香

本文

本グループでは、「健康寿命の延伸と食のあり方」を焦点にして調査研究を行っている。飽食と言われる時代であるが、生活困窮者に限定してみると、3食食べられない世帯や、野菜や果物を摂取できない世帯などもおり食事の内容も決して豊かなものとは言えない実態がある。本グループでは、主に生活困窮世帯で食に課題を持つ人々を“フードマイノリティ”としてとらえ、その実態の把握と、健康寿命を延伸するための対策について各人が分担して研究することとしている。

“フードマイノリティ”の抱える課題は、単に経済的困窮のため、買い物ができず良い食事内容とならないだけではない。多くの場合、「孤食」であることが指摘されている。これは単身高齢者であっても、子どもであっても同様の傾向にある。そのため、経済的保障をするだけでは、“フードマイノリティ”の持つ問題を解決できない。そこで地域における対応策が求められることになる。

伊奈川は、「社会保障法制における食の位置づけに関する規範的考察」として、生存権保障としての社会保障制度と食のあり方を法律の側面から研究している。人が生きていく上で食事は不可欠であるが、食の社会保障給付への取り込みは必ずしも十分ではないとした。医療保険、介護保険において、食をめぐる保険の対応は原則と例外が混じっており、複雑な様相を見せているが、首尾一貫性が重要であると指摘している。

加山は、「社会福祉法人の地域公益事業におけるフードマイノリティへの支援」として、地域貢献が必須となっている社会福祉法人のフードマイノリティへの対策について文献研究を行っている。社会福祉法人の地域貢献に関しては、各地域で何を行うかが課題となっているが、加山は、フードマイノリティへの対策として実施されている活動を3つに類型化して、活動の対象者、内容の比較検討を試みている。まだ文献研究の段階であり、今後、実際に団体へのヒアリング調査を通して、実施主体・方法・財源等の類型化や課題抽出が行われるものである。

早坂は、『食』を手がかりにした子育て支援」として、子どもの貧困と食との関係、主に保育所が子どものフードマイノリティに対してどのような役割を果たすべきかを検討した。特に、子どもの「孤食」問題は昨今大きな課題になっているが、そのことを子どもの絵から具体的に明らかにしており、子どもの命と生活、健康を守る保育所の役割について言及した。

山本は、「フードマイノリティの「食」の実態と健康寿命延伸のための地域における取り組み」とする研究を行っている。フードマイノリティとして高齢者を中心に調査研究を行った。主に団地高齢者の食の実態を調査し、食事の質と健康状態、食と家族形態には関連が深いことを明示した。また、こうした高齢者の「孤食」や食事内容の改善について、全国で広がっている「子ども食堂」「地域食堂」がその対策として普及していることについても述べ、文献研究を行った。その結果、

もともとは生活困窮世帯の子どもへの食の保証として始められた「子ども食堂」は現在では、地域の誰でもが参加できる「共生食堂」としての性格を持ち、居場所づくり、地域づくりの場となっていることを指摘した。みんなで食事をするすることで、食の保証と仲間づくりを目指す要素が強くなっているのだ。このことについての課題はあるが、心身の健康と食は大きな関連があり、それは地域全体での課題となっていることが明らかになった。

フードマイノリティの「食」の実態と健康寿命延伸のための 地域における取り組み

山本美香（ライフデザイン学部生活支援学科）

1. 研究の背景

単身高齢者は「食」に関する問題を抱える傾向にある。特に生活に困窮している男性単身高齢者は自分ではそれと気づかずに食の偏りなどが見られる。そのことが原因で心身に不調をきたし、健康寿命に大きく影響を与えている。また、子どもの7人に1人が貧困世帯であり、毎日の食も十分でないことが様々な調査結果から明らかとなっている。こうした事態に対して、地域において「地域食堂」「共生食堂」「子ども食堂」といった名称で、誰もが集まって食事を共にする取り組みが各地で実践されている。食の問題は経済的側面のみならず孤立と大きく関連しており、こうした共食の取り組みはフードマイノリティの人々の孤立を防止し、かつ健康寿命を延伸するという解決策の一つとなりえる。

2. 調査報告および研究報告

（1）「東京都北区桐ヶ丘団地高齢者の食に関する実態調査」の結果

筆者は、3つの社会福祉法人と共同で平成30年に「都営桐ヶ丘団地」の高齢者に対して主に食生活を中心にした調査を実施した（調査対象者98人）。今年度はその結果を整理しまとめた。図1は、家族形態と食事のバランスについての主観をクロス集計したものである。独居のほうが「食事のバランスが悪い」と認識している人の割合が多い。

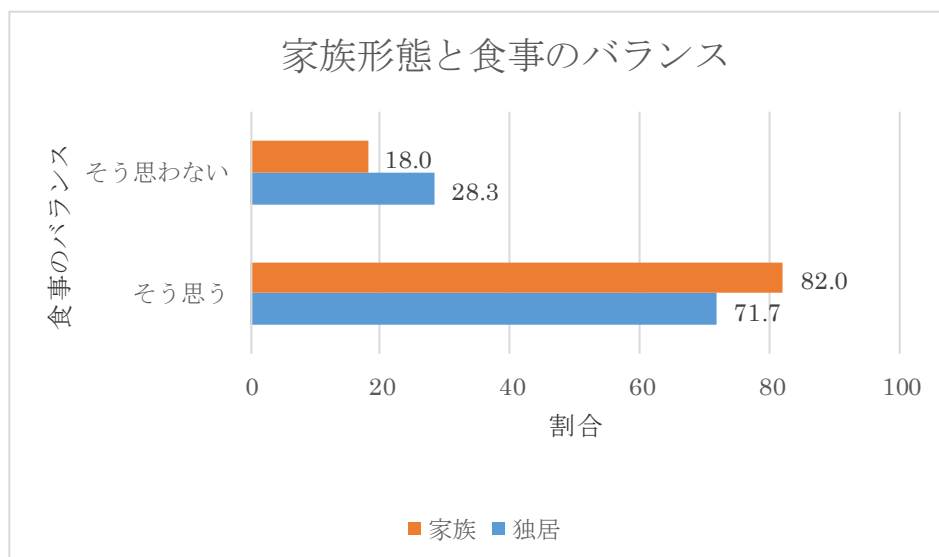


図1 家族形態と食事のバランス

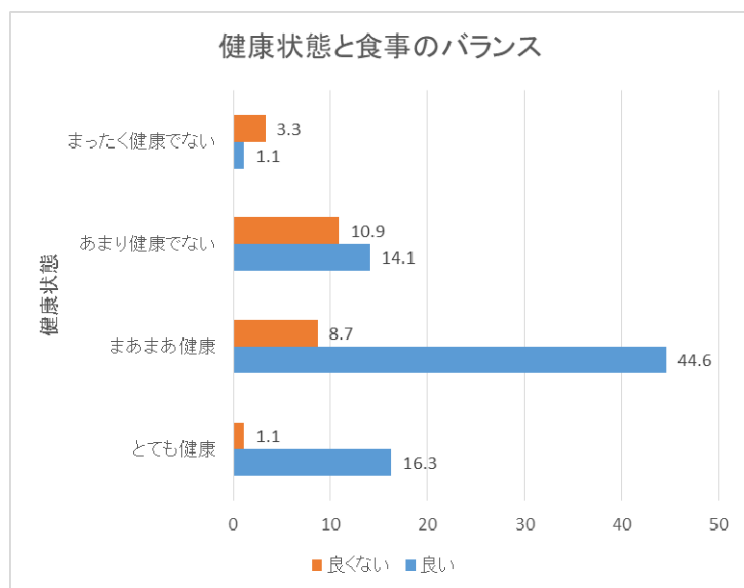


図2 健康状態と食事のバランス

図2は、健康状態と食事のバランスの関係性をみたものだ。大きく2分して「健康でない」と回答した人は食事のバランスも良くないと認識している。図1と図2からは、食事と家族形態、食事と健康状態には関連性があり、単身高齢者で孤食に陥りがちな人は、結果的に健康状態が悪くなりやすいという傾向にあるといえよう。

(2) 「共食」でつながる地域と健康状態の改善

これらの結果を受けて、上記の3つの社会福祉法人および地元住民が協力して「朝活食堂」を実施する結果となった。現在は、週に1回、ラジオ体操を全員で行った後、皆で一緒に朝食をとっている。週に1回では栄養状態の保持・改善にはならないが、食事を皆で食べることによって交流が生まれ孤立の防止が図られるという成果が得られている。



写真 「あかしや」で朝食を食べる地域住民（東洋大学ライフデザイン学部 阿久津諭司さん撮影）

こうした共食の取り組みは全国に広がっている。これの嚆矢は、豊島区で、孤食状態にある子ども達を対象にして始められた「子ども食堂 だんだん」であるとされている。開始当初は、親が不在であったり、生活困窮世帯であるため十分な食事がとれない子ども達を対象としたものであったが、現在では名称が示す「子ども」だけではなく、地域の誰でもが利用できる食堂という形で運営されているところが多い。

今年度は、実際の調査を始める前に先行研究の分析を行った。

「子ども食堂」は、湯浅によって「ケア付き食堂」と「共生食堂」等に分類されることが示唆されている。この類型化は多くの研究者によって援用されていることから普遍性を持つものと考えられる。ただ、「ケア付き食堂」と「共生食堂」は、共に並列して存在することは難しく、その点が、今後の課題となっている。

農林水産省が 2018 年に出した「子供食堂と地域が連携して進める食育活動事例集」では、全国の「子ども食堂」に調査を実施している。この調査結果からは、貧困世帯への支援よりもむしろ居場所づくり、地域づくりに目的を置いている団体が多いことが明らかとなっている。しかし「誰でもが来てよい」食堂であるがゆえに、本来来てほしい家庭の子供や親が来てくれないというジレンマを抱えていることも明示されている。

嵯峨や嘉納らの研究（2018）でも、「子ども食堂」が生活困窮世帯に対して食の保証という点からも果たす役割が大きいとし、今後も行政からのサポートが重要となってくることを指摘している。

我々の行った団地高齢者への食の調査からも、生活困窮家庭の子どもだけでなく、高齢者においても地域での食の保証は必要となっており、「子ども食堂」の持つ意義はますます大きくなっていく。

3. 今後の研究における課題または問題点

今後は、2つの研究を予定している。1つはこれまで通りの団地に居住する高齢者の食生活に関する実態調査である。特に単身世帯、病気や障害を持つ世帯では、食をどのように社会的に保障し、健康寿命延伸のためにできることについて考察したい。2つ目は、「共生食堂」を訪問調査し、こうした食の保障と地域での交流が、地域全体での「健康保持」にどのような影響を与えているのかを分析する。

参考文献

- 1) 農林水産省（2018年3月）『子供食堂と地域が連携して進める食育活動事例集～地域との連携で食育の環が広がっています』
- 2) 竹中祐二（2018年）『「子ども食堂」の社会的意義をめぐる理論的検討』p.51-62、北陸学院大学・北陸学院大学短期大学部研究紀要 第11号
- 3) 嵯峨嘉子、伊藤嘉余子、若林身歌ほか（2018年）『子どもと食生活をめぐる現状と課題：子どもの貧困の観点から』p.125-132 社会問題研究 67
- 4) 岡本工介（2019年）『大阪府高槻市富田地区における包摂型のまちづくり：子ども食堂をはじめとする子どもの居場所づくり事業を中心に』p.85-103 関西大学人権問題研究室紀要

- 5)喜納英明（2016 年）『沖縄の子どもの貧困対策をめぐる動向—2015 年度を中心に—』 p.69-79 地域研究 18
- 6)志賀文哉（2018 年）『“食堂活動” の可能性』 p.123-128 富山大学人間発達科学部紀要 第 12 巻第 2 号

社会保障法制における食の位置付けに関する規範的考察

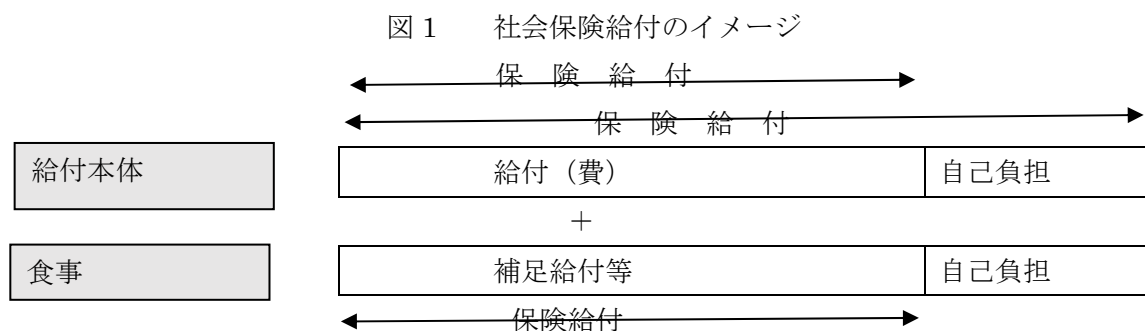
伊奈川 秀和（社会学部社会福祉学科）

1. 研究の背景

生存権保障としての社会保障制度は、人の衣食住に関わるが、人が生きる上では特に食の重要性は高い。このため、生活保護の生活扶助、年金の基礎年金の水準を設定するに当たり、使用される全国消費実態調査の支出項目の中でも食の部分は必須の要素である。

ところが、生活維持自己責任原則を前提とするとき、食の社会保障給付への取り込みは、必ずしも全てにわたるわけではなくなる。このことは、医療保険及び介護保険における自己負担問題において顕在化する。例えば、健康保険の被保険者の場合であれば、食事療養費も現物給付化されているが、形式的には療養の給付からは切り離され、療養費払いの法律構成をとる。この意味合いは、療養の給付に付随する混合診療の禁止の回避である。ところが、被用者保険の被扶養者の場合には、そもそもが療養費払い（家族療養費の被保険者への支給）の構成であり、それを現物給付化していることから、食事療養費と療養費で違いはないことになる。介護保険の場合も、健康保険の被扶養者に近く、そもそも給付費の支給という現金給付の現物給付化（法定代理受領）である。このように食事は、社会保険が何を如何に給付するかという法律構成の問題を喚起する。

さらに、どこまで給付するかという点では、介護保険のように生活の場の要素が強くなると、食と住の部分が保険から外され、逆に治療の要素が強くなると食と住の部分も保険に取り込まれる。ただし、保険外しの場合にも、低所得者には現金給付として食と住にも給付が支給されることから、その現物給付化により結果的に負担が軽減される。このこと一つとっても、食を巡る保険の対応は、原則と例外が入り交じる。そこに現物給付、法定代理受領による現金給付の現物給付化という法的なテクニックが加わり、更にどこまでが保険給付かといった疑問も生じ、食を巡る問題は複雑な様相を呈する（図1）。



仮に食と住の費用が、完全に保険の世界から放擲されているのであれば、政策的妥当性は兎も角としても、一種の割り切りとして制度の首尾一貫性は確保される。ところが、現実の制度を見ると、食と住の部分を保険制度から外す場合であっても、事業者に対する運営基準等の義務付けの側から見ると、食と住に関わる規制が存在することがある。そこには、給付外しという財政問題と基準等による生存権保障の問題が絡み合っているとも捉えられる。それだけに、食の問題を給付の側だけではなく、事業者に対する規制の側から考察することは、生存権保障にとっても重要となってくる。

2. 調査報告および研究報告

これまで、社会保障における現金給付、現物給付及び現金給付の現物給付化といった法技術について研究を進めてきた。その基礎の上に、サービスの需給調整の側面からの事業者規制についても、研究を進めているところである。これらは、最終的にはサービス利用者である国民の福祉の向上に帰着する問題である。例えば、事業者等の認可制度に関連して運営基準等が設けられ、事業者等には当該基準等の遵守義務が課せられ、その遵守は報酬支払の前提ともなる。このため、食の問題が事業者の認可又は報酬制度に組み込まれるならば、その影響は絶大なものとなる。

そこで、本研究では、より直裁に事業者の規制自体の中で食、更には住の問題が整合的に規制されているのかという視点に立って、各種規制の分析を試みることにした。社会保障に関する研究アプローチには、利用者・受給者又は給付の側からの研究が多いが、本研究は福祉・医療のサービスの提供側からのアプローチである。このため、本年度は、昨年度までの需給調整や行政計画に関する研究成果を論文として発表するとともに、その基礎の上に事業者のサービス提供に関するガバナンスや内部統制、第三者評価等の法人法制を中心に研究を進めた。これは、如何に理想的な基準を設定しようとも、指導監督のみでは実効性の担保に限界があるという現実認識から、ISOのプロセスアプローチも含め、事業者のサービス提供体制に関する規範の内在化が必須であるという考え方に立つからである。

ここでは、食の問題が報酬と規制の両面に関わる重要テーマであることを紹介することに止める。例えば、介護保険の場合、自己負担において食は、原則として保険の射程から外れている。しかし、報酬上は、栄養改善加算や口腔機能向上加算等が設けられていることは、食の重要性を報酬も評価していることを意味する。また、規制面においても、地域支援事業、要介護・支援認定、運営基準等の中で食に関連する事項が含まれている（図2）。そもそも、介護サービスのうち訪問介護、通所介護等のサービス内容には、法律の定義上も食事の介護が含まれている。

図2 各種基準における食の位置付け（介護保険の場合）

事項	内容
地域支援事業のうちの総合事業	その他生活支援サービスとしての栄養改善のための配食
要介護・要支援認定	調査項目としての嚥下、食事摂取、買物、調理
居宅サービス等運営基準	・ 訪問介護の業務としての食事等の介護又は調理 ・ 短期入所生活介護等における食事の配慮 ・ 特定施設における適切な食事の世話
地域密着型サービス運営基準	・ 認知症対応型共同生活介護における食事の従業者との共同 ・ 地域密着型特定施設における適切な食事の世話 ・ 地域密着型介護老人福祉施設等における食事の配慮
介護老人福祉施設運営基準	・ 介護老人福祉施設等における食事の配慮
介護老人保健施設運営基準	・ 介護老人保健施設等における食事の配慮
介護医療院運営基準	・ 介護医療院等における食事の配慮
介護報酬	・ 口腔機能向上加算

	・栄養改善加算 ・栄養スクリーニング加算
--	---

従って、報酬及び規制面からは、食はその射程に入っており、食の提供が利用者の健康や福祉の増進につながることを担保する必要があることになる。その点でも、事業者等の法人法制は重要である。

介護以外の社会福祉分野においても、食は一定の規範的意義を持っている。例えば、保育所の場合には、児童福祉施設の設備及び運営に関する基準において調理室の設備及びその特例として登場する。その上で、同基準の委任に基づく保育所保育指針においても、食は児童の生活のリズムに関わる位置付けが付与されている。障害者総合支援法の場合には、居宅介護、重度訪問介護、生活介護等の障害福祉サービスの定義上も食事の介護がサービスの構成要素となっている。同法の給付における食費の負担は、介護保険と類似の構造となっており、施設入所者の食費・光熱水費の実費負担が存在するが、その軽減を目的とした補足給付が存在している。

3. 今後の研究における課題または問題点

食の問題も含め社会保障法は、給付法を中心に構築されており、研究も生存権保障との関係で利用者の権利を中心に理論構築されてきた。しかし、社会保障のうち福祉・医療のようなサービスは、専門職等の人手を介して提供される以上、提供の場である法人の内部統制等の問題が重要となる。さらに、規制の実効性確保のための運営基準等が存在するなど、複雑な構造となっている。この点にも目配りし、食費も含めたサービス展開まで目配りした社会保障の理論構築は十分とはいえない。

今後とも、給付だけではなく、食の問題と事業者法制とを架橋する研究を進めていく必要があると考えている。

発表論文・著書

- 1) 伊奈川秀和（2019）『社会福祉分野の連携・協力の法的枠組みに関する考察』福祉社会開発研究 11 巻,p.5-17, 東洋大学福祉社会開発研究センター
- 2) 伊奈川秀和（2019）「医療・福祉における計画による需給調整に関する考察」大曾根寛他(編集)『福祉社会へのアプローチ上巻』p.85-104,成文堂

社会福祉法人の地域公益事業によるフード・マイノリティへの支援

加山 弾（社会学部社会福祉学科）

1. 研究の背景

社会福祉法改正によって、社会福祉施設等を運営する社会福祉法人には、地域における公益的な取り組み（以下、地域公益事業とする）が要請されている。ただ、法規定以前から、社会福祉法人・施設が有形無形の専門資源・経営資源を地域に開放し、制度サービスと併行して住民の生活課題・ニーズに対応する開拓的な取り組みは長く工夫されてきており、今回の法制化はそれらの蓄積の上に展開するものといえ、ひろく法人・施設一般に体系化の契機を与えている。

この提供体制としては、単独法人のものと複数法人（県等自治体単位、地区単位、分野単位など）があるが、近年では後者の体制構築が顕著に思われる。施設がもつ設備・空間を活かして子ども食堂やサロンを開催するもの、専門性を活かして総合相談窓口や困窮者への伴奏型支援をするものなど、ソーシャルワークの展開としても大きな力となっている。

2. 調査報告および研究報告

以上のことから、本研究では、複数の法人・施設の連携による地域公益事業としてのフード・マイノリティについての文献研究を行った。複数法人連携の事例としては、先駆的取り組みで知られる大阪府の「生活困窮者レスキュー事業」、滋賀県の「縁創造実践センター」などが知られているが、本研究では、①県単位のもの、②市町村単位のもの、③分野別のもの、の3類型について事例を調べた。

第1類型では、青森県の「しあわせネットワーク」を事例とした。県内の任意法人が参加し、コミュニティソーシャルワーク体制を敷いて制度の狭間の問題を抱える当事者、経済困窮を抱える当事者を発見・支援している。生活保護など既存の制度にもつながらない世帯の「その日の食事」から即提供できるような支援をしている。

第2類型では、倉吉市の「くらしの応援団」がある。「食事が無い」との申し出と「食材を提供してもよい」という支援者（農家等）をつなぐなどの支援を行っている。

第3類型では、岡山県老人施設協議会を事例とした。安価な飲食ができるコミュニティカフェやサロン、配食サービスなどに各施設が協力している。

3. 今後の研究における課題または問題点

法制化を契機に、このような取り組みが全国で進んでいるものの、研究蓄積としては、中島（2017）、呉（2018）などまだわずかな知見が確認できるのみである。上述したような先駆的な取り組みへの調査をさらに行い、実施主体・方法・財源等の類型化や課題抽出が必要である。

「食」を手がかりにした子育て支援」

早坂 聡久（ライフデザイン学部生活支援学科）

1. 研究の背景

2012（平成 24）年、我が国における「子どもの貧困率」が 16.3%と公表され、子どもの 6 人に一人が貧困状況にあるという事実が大きく報道された。バブル経済崩壊以降の失われた 20 年とも 30 年とも言われる長期不況のもと、国民生活は格差が広がり、多くの子どもたちが貧困状態にあるという事実は、大きな社会問題としてクローズアップされるようになった。

子どもの貧困対策に係る取組の詳細は別に譲るものであるが、子どもの貧困の直近の公表（2017 年 6 月）では 13.9%と前回よりも改善しているものの、依然として OECD 各国平均よりも高く、実に 7 人に一人が貧困状態にあること、ひとり親世帯に至っては、50.8%と実に 2 人に 1 人が貧困状態にあるという事実は、見過ごすことができない大きな問題であろう（表 1）。

■表 1 子どもの貧困率

	世帯（核家族）総数 （単位：千世帯）	平均子ども数 （単位：人）	貧困率	貧困児童数 （単位：千人）
ひとり親世帯	810	1.9	50.8%	782 【28.9%】
ふたり親世帯	8,576	2.1	10.7%	1,927 【71.1%】
世帯計	9,386	2.1	13.9%	2,709 【100.0%】

出典：内閣府「子供の貧困対策に関する有識者会議」第 1 2 回資料, 2019. 5. 13

国立社会保障・人口問題研究所が実施する「生活と支え合いに関する調査」（2019）では、過去 1 年間に経済的な理由で「家族が必要とする食料が買えなかった経験をもつ世帯（食料の困窮経験）」及び「家族が必要とする衣服が買えなかった経験を持つ世帯（衣服の困窮経験）」を明らかにしている。

世帯計の食料の困窮経験では、「よくあった」「ときどきあった」「まれにあった」の総計で 13.6%の世帯で困窮経験したと回答している。また、衣服では世帯計で 15.0%で困窮経験があると回答していた。

子どもがいる世帯では、食料の困難経験も衣服の困難経験も世帯計よりも高くなっている。

具体的には、食料の困窮経験では、「ひとり親世帯（三世代）」が 19.3%、「ひとり親世帯（二世代）」が 35.9%で困窮経験ありと回答しており、衣服の困窮経験では、「ひとり親世帯（三世代）」が 26.9%、「ひとり親世帯（二世代）」で 40.6%が困窮経験ありと回答しており、世帯計よりも貧困経験が高く、とりわけ「ひとり親世帯（二世代）」の生活困窮状況が浮かび上がる状況となっていた。

2. 調査報告および研究報告

①保育所に期待される「第一発見者」としての役割

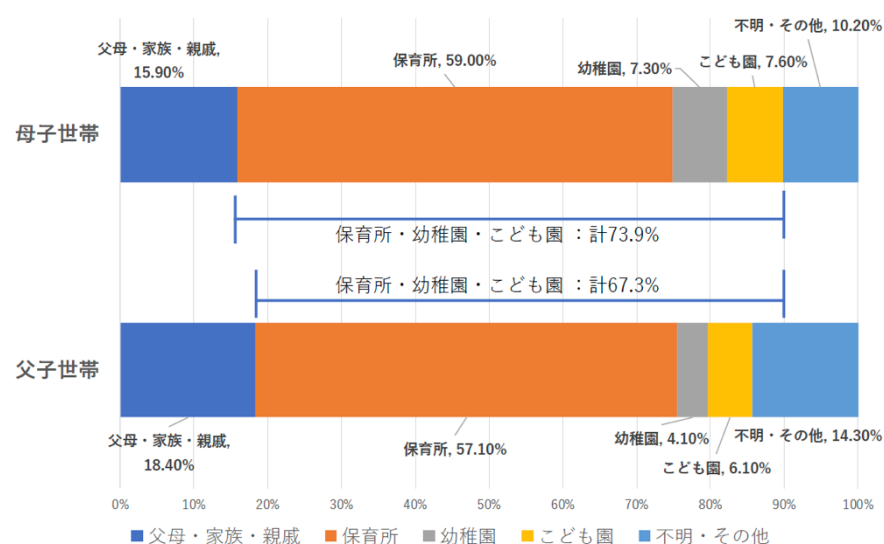
ひとり親世帯及び多子世帯への支援については、①支援が必要な者に行政のサービスを十分に行き届けること、②複数の困難な事情を抱えている者が多いため一人一人に寄り添った伴走型の支援を行うこと、③ひとりで過ごす時間が多い子供たちに対し、学習支援も含めた温かい支援を行うこと、④安定

した就労を実現することなどが重要であるとの観点から、2015(平成 27)年 12 月に「ひとり親家庭・多
子世帯等自立応援プロジェクト」が策定され、以降、就業による自立支援、子育て・生活支援、学習支
援等の多様な支援施策が整備されつつある。

他方、これまでも多様な施策があるにも関わらず、それらの施策にひとり親世帯が十分にアクセスで
きていないことが課題となっており、それ故に、近年では、子どもたちと最も密に接する保育所や幼
稚園、こども園に、小さな SOS を拾い上げる第一発見者としての役割が求められている。

とりわけ、他の世帯よりも支援の必要な世帯が多いとされるひとり親世帯の就業状況では、母子世帯
の母が 81.8%、父子世帯の父が 85.4%が就業しており、その子どもが保育所等（幼稚園、こども園含
む）を利用する割合が高く、母子世帯で 59.0%、父子世帯で 57.1%が保育所を利用している。保育所に
幼稚園・こども園を含むと母子世帯で 73.9%、父子世帯で 67.3%がこれらの児童保育教育機関に関わっ
ている（図 2）。だからこそ、保育所における子どもや世帯を支援に結びつけるソーシャルワーク機能の
強化が求められるのである。

■図 2 母子世帯・父子世帯の保育所等の利用状況



出典：平成 28 年全国ひとり親世帯調査より作成

②模索する保育所の様相

子どもの貧困は、ある日突然支援が必要になることよりも、問題を抱え自助努力を続けるなかで、生
活状況が悪化していく「なだらかに厳しくなる生活」が多い。その中で我慢と自助努力による改善策を
重ねながら支援を求める声をあげられずいる潜在性が特徴となる。そして、どの機関ともつながって
おらず情報もないケース場合がほとんどである。

保育所は、ほとんどの子どもとその保護者の「生活の困りごと」に関する情報がない中で関わりを開
始する。保育所が持つ家庭調査票には、親の勤め先は記載されているものの、個人情報ということもあ
ることから、市町村より世帯年収や生活の困窮状態の情報は開示されていない場合もほとんどであり、
親・保護者から生活上の困りごとを保育士や保育所の園長に話してくれることも「稀である」。だからこ
そ、子どもと保護者の様子を確認しながら、小さな SOS を見逃さないように心がける必要がある。

・T園の取り組み事例 「朝ごはん何食べた？」

宮城県のT保育所が実施する児童に朝食の様子を絵画に描く「朝ごはん何食べた？」活動は、保育所の食育にかかる創作活動の一環として、保育士がメニューと一緒に朝食を食べた家族を聞き取りながら作品に仕上げる取り組みである。もともとは、同園の保育士及び栄養士が実施している保育技術研究会のテーマで行った食育に関する調査研究の一環であった。

「朝ごはん何食べた？」活動の例



*メニュー
パン
コーンスープ
ソーセージ
卵焼き
*食事を共にした人
父、母



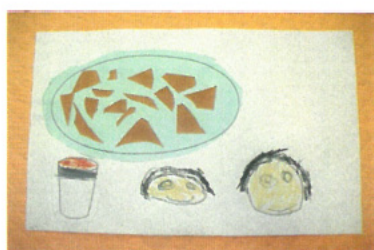
*メニュー
はちみつパン
目玉焼き
バナナヨーグルト
*食事を共にした人
1人で



*メニュー
わかめごはん
人参と大根のみそ汁
卵焼き
*食事を共にした人
妹



*メニュー
サンドウィッチ(チーズと野菜)
スープ
紅茶
*食事を共にした人
1人で



*メニュー
チョコフレーク
ココア
*食事を共にした人
妹



*メニュー
おにぎり
ヨーグルト
牛乳
*食事を共にした人
1人で

クラスの壁面に絵画を飾る際は、メニューや食事を共にした人は記載せず、作品だけを掲示し、絵画を保護者に渡す際に、手渡しで全員に保育士から絵画制作の意図を説明するという。

実際のところ、保護者の反応は様々であり、当初は、育児を詮索されていると嫌な気分になったと訴える保護者もいたが、絵画制作の意図を丁寧に伝えることで理解を得られたという。そして、多くの保護者から「しっかりと朝ごはんを食べさせようという気持ちになった」といったポジティブな回答を得たという。

もともとは、食育の一環として、「食」を手がかりに、保育士が子どもの生活や家庭の様子にセンシティブになるといった教育効果を期待したプログラムであったが、同時に、保護者に対して「保育所は家

庭での生活も気にしていますよ」というメッセージを伝えることにつながったという。

3. 今後の研究における課題または問題点

子どもの貧困における支援の難しさは、生活にゆとりがなく「苦しい」状態と支援が必要な状態を見極めることが難しい点にある。生活にゆとりはなくとも、スマホを持ち、外面からは生活状態がどの程度厳しいのかが分からない。そして、子どもの貧困は、世帯の貧困の中に埋没し、その助けを求める SOS が見過ごされがちである。

だからこそ、気になる世帯、気になる子どもの様子を見逃さず支援につなげる役割が保育所に求められる。その手がかりのひとつに「食」がある。

次年度については、「朝ごはん何食べた？」活動を手がかりに、保育所における食育活動を家庭へのフィードバックを通した関わりについて、研究を深めていきたい。

発表論文・著書

早坂聡久「貧困家庭の子どもの保育所利用をめぐって」, 南野奈津子・結城康博編『子どもの貧困対策における行政の役割と可能性』ぎょうせい, 2020

「住環境と健康寿命の延伸」 研究報告

スウェーデンのシニア型コレクティブハウスにおける共食活動

(コモンミール) の運営に関する研究

水村 容子 (ライフデザイン学部人間環境デザイン学科)

1. 研究の背景

団地を始めとした日本の住宅地には、地域人口の年齢の偏在、少子化の進行およびそれに伴う子育て世帯の減少、コミュニティの繋がりの希薄化、地域における介護・医療サービスの供給不足、居住継続が実現できる住宅の不足など、解決困難な課題が噴出している。本研究はそうした課題解決のための手法、すなわち、多様な年代・世帯の混住を促すと同時に、そうした住民のコミュニティ形成を促す仕組みの検討を目的とするものである。具体的には、世界的に普及しているコ・ハウジングという居住形態の中から、特にスウェーデン・ストックホルム市で公的賃貸住宅として制度化されているシニア型コレクティブハウスを取りあげる。スウェーデン型コレクティブハウスの特徴は、集合住宅の維持管理活動を住民同士が分かち合っていることであり、特に平日の夕食を住民が調理当番として供し、住民が皆で食事を取る“コモン・ミール”という活動を展開しているところにある。

2. 調査報告および研究報告

本研究では、このような特徴を持つコレクティブハウスでの生活・空間の核となる、住民が皆で供する食事（コモン・ミール）および共用の台所・食事空間（コモン・キッチン）に着目し、その運営方法および空間の質の分析を通じて、集合住宅や住宅地における住民のコミュニティ形成を促す仕組みを検討する。具体的な調査内容は以下の通りである。

- ① 住民に対するアンケート調査：コモン・ミール活動への関わり・評価に関するアンケート調査
- ② 各住宅のコモン・キッチンの使われ方に関する観察調査
- ③ 各住宅の住宅管理組合委員・コモン・ミール運営委員に対するヒアリング調査

今年度の調査においては、ストックホルム南部に所在する 40 歳以上の住民のみを対象とするシニア型コレクティブハウス **Fardknappen** での調査が実現した。本報告では、②③の調査で得た結果を報じる。

(1) シニア型コレクティブハウス **Fardknappen** の概略

1993 年ストックホルム市初の公的賃貸住宅として供給されたシニア型コレクティブハウスである。ストックホルム市内南部のセーデルマルム地区にある。供給主体は住宅供給公社ファミリエ・ポスターデル社。「人生の後半生」のためのコレクティブハウスと称され、40 歳以上の単身および夫婦世帯の入居が可能。子どもは同居できない。総住戸数は 43 戸であり各住戸の床面積は 37～75 m²。共用空間の面積は 400 m²相当。主な共用空間は 1 階に配置されており、図書コーナーやテレビが置かれた共用のリビング、PC などがあるシェアオフィス、機織り室、洗濯室、共用の食堂と台所（コモンダイニングとコモンキッチン）、大工工作室、庭園、体操部屋、音楽室、来客用住戸、によって構成される。

（２）共食活動の運営状況

1) 住宅の基本情報

- ・ 47 住戸
- ・ 57 名居住
- ・ 56 歳～94 歳、平均年齢 70 歳

2) 共食活動（コモンミール）実施のための組織の状況

- ・ 6 チーム
- ・ 各チーム 8～11 名で構成
- ・ 各チームからの代表者グループが活動の全体を統括

3) 調理チーム数・メンバー数・調理担当者の選定方法

- ・ 6 チーム
- ・ 各チーム 8～11 名で構成

4) コレクティブハウスに居住していない調理サポートメンバーの状況

- ・ それぞれのチームごとに、調理や食器洗いをサポートする居住者以外の調理メンバーを獲得している。
- ・ それぞれのチームの状況、必要性に応じてチームごとにサポートメンバーの獲得状況は異なる。
- ・ メンバーの人数は 2 名～8 名の幅がある。

5) 調理チームが担当する業務内容および調理担当スケジュール

- ・ 食事内容の計画、買い物、食材の下ごしらえ、テーブルセット、調理、食器洗いなど
- ・ 調理チームはさらに、1 日のうちで 2 チームに分かれて活動する。
- ・ 第 1 グループは、調理、テーブルセット、夕食の準備などを、第 2 グループは食器洗いや夕食後の食堂の清掃などを担当する。

6) 共食活動（コモンミール）に関わる予算（食材購入費、毎食の代金および支払い方法など）

- ・ 毎食のためにクーポンを販売している。クーポンは 1 枚 9SEK（1SEK は 12 円程度：2020 年 2 月現在）
- ・ 月曜日から木曜日は 1 食 3 枚のクーポン（27SEK）、金曜日は 1 食 5 枚のクーポン（45SEK）を支払う。クーポンはシートで販売されており、住民は、200～600SEK 程度分まとめてこのシートを購入する。
- ・ 共食に活動した際は、このクーポンをもって支払いとする。
- ・ 各調理チームは、担当する週のはじめに 3000SEK を受け取り食材を購入、食糧庫・冷蔵庫・冷凍庫に収納する。
- ・ 担当週のおわりに、1 週間の間に受け取ったクーポンおよび販売された夕食数を総計する。
- ・ 調理サポートメンバーは、調理活動に参加した場合にはクーポンを支払わず夕食を食べることができる。その総額は年間 6000SEK に該当する。
- ・ 我々の試算によると、1 食のコストは平均 37SEK ほどである。つまり、住宅の運営予算から、コモンミールに実施に対して資金援助が成されている。

7) 共食活動（コモンミール）の具体的な運営方法

① メニューの周知方法

- ・ FB やホームページへの掲載
- ・ 住宅内への掲示板や各住戸へのメニューの配布



写真 1 Fardknappen のコモンミールの光景

② 食事を取る人数の変化への対応方法

- ・変更がある場合には、日中の間に調理チームへ知らせなければならない。
- ・調理チームが多めに調理していない時には、客を招待しても対応できない場合もある。
- ・変化への対応は困難ではないと感じる。急に変更を伝えて大体は対応できる。

③ 食事の申し込み方法とそのタイミング

- ・掲示板に登録用の用紙が掲示される。その用紙に、食事へ参加する日や人数、ベジタリアン食の必要性などを記載する。メインディッシュが魚の場合、ベジタリアン食は供されない。
- ・当日の朝 9 時が最終登録の期限となる。しかしながら、金曜日の夕食の場合は、木曜日の朝までに登録しなければならない。
- ・夕食を取りにコモンダイニングに来た時に、クーポン券を提示することで支払いとなる。

④ 残った料理の取り扱い

- ・テイクアウト用の食事として販売する。夜 9 時前は 1 食 3 クーポン、9 時以降から翌日は 2 クーポンを支払う。それ以降は無料。

⑤ 1 食の料金（通常料金、外部メンバー、ゲスト、子どもの場合など）

- ・月曜日から木曜日の食事は 1 食 27SEK、金曜日は 1 食 45SEK。ゲストは同じ料金である。7 歳以下の子どもは無料、7 歳から 12 歳はクーポン 2 枚（18SEK）、12 歳から 14 歳はクーポン 3 枚、15 歳以上は大人と同じ。

⑥ アレルギー食への対応

- ・我々の住宅にはグルテンアレルギーが 1 名、グリルしたパプリカが食べられない住民が 1 名いる。こうした住民に対しては、調理器具を分けたり、更に別に盛るなどして対応する。

⑦ ベジタリアン食への対応

- ・ほとんど毎食、ベジタリアン食を選択の 1 つとして供している。

⑧ 食材の受け取りと収納方法

- ・3 週間から 4 週間に 1 回、冷凍食品、野菜、油、バター、米、パスタなどの宅配を注文している。配達タイミングで調理を担当しているチームは、その受け取り担当者を選定し、担当者は食材を受け取り地下の食糧庫へ収納する役割を担う。
- ・地下の食糧庫は 2 つあり、1 つは野菜やバター、オイルなど冷蔵品を収納し、もう 1 つは小麦粉、パスタ、米、缶詰など乾燥が必要な食品を収納する。この食糧庫にも、野菜や魚を貯蔵する冷凍庫付きの冷蔵庫が 3 つ置かれている。

⑨ 衛生管理のルール

- ・毎週金曜日の夜か土曜日に、台所を清掃し残り物は一切廃棄する。
- ・7 週ごとに、台所、食器収納棚、冷蔵庫、冷凍庫、オーブンやコンロ、換気扇を徹底的に清掃する。最新の注意を払って清掃を行っている。

⑩ 食中毒などの予防、発生した場合の対応

- ・常に清潔を心がけ、食材やすぐに冷蔵庫や冷凍庫へ入れるよう心掛けている。
- ・したがって、住宅が開設されてから 20 年以上、こうした問題は発生していない。

8) 住民によるコモンダイニング・コモンキッチンの計画へ関与の状況

（設計段階での関与、ダイニングテーブル・チェアのレイアウト、テキスタイルの選定など）

- ・現在の台所と食堂は、コレクティブハウスの居住経験があり、数多くのコレクティブハウスの台所の設計をしてきた Gunilla Lauthers のデザインによるものである。

- ・現状のダイニングは 50 席程度であれば快適だが、55 席まで増やすと少々狭くなる。テーブルは 6 名が着席できる長方形のテーブルが 3 つ、6～8 名が着席できるテーブルが 1 つ、8 名がけが 1 つという構成である。
- ・現状のキッチンには中央にアイランド型で設置。キッチンテーブルには 2 つのコンロと 2 つのシンクが備えられている。壁沿いは窓際も含めて作業台が配されている。作業台の下側は収納になっており、調理器具が収められている。食器やカトラリーは食堂側に配された食器棚に収められている。

9) 共食活動（コモンミール）の良い点・優れた点

- ・一人で食事をつくるよりも、隣人とともに作業することには様々な利点がある。自分自身が、あるグループに属しているという感覚が得られると同時に、自分の能力の応じた貢献を果たしているという実感が得られるようである。
- ・様々なところで報じられているが、孤食は抑うつ感を増す一方、夕食時に話し相手がいることは生活の質の向上につながる。
- ・食事を共に取る人がいることは、食べ過ぎを防ぎ良い食生活を送ることにもつながる。
- ・フランス人は他国と比較すると肥満が少ないと言われるが、それはフランスの食文化、すなわち、夕食を他者とともに食することに由来するという研究成果がある。
- ・ともに調理を行ったり台所の掃除をすることは、互いをよく知る機会にもなる。
- ・デンマークで実施されたシニア向けコレクティブハウスの調査では、コモンミール活動のあるコレクティブハウスに暮らす居住者はより自分の人生に満足感を覚えていることを明らかにした。

10) 共食活動（コモンミール）の課題・問題点

- ・調理チーム内でメンバー同時が上手くやっていると否かによる。1 週間のスケジュールを立ち上げて、調理や食器洗いの担当を割り当てている作業は時に用心を要する。
- ・特に、仕事を持っている人にとっては、その両立がより難しい。6 週間ごとに、コレクティブハウスでの食事当番を理由に、仕事を週 1～2 回抜けだすことは難しいはずである。従って、こうした人たちは週末に自分の担当分の調理をこなしていたりする。
- ・もう 1 か所家があったり、あるいは仕事で海外に長期間滞在するような人にとっては、コモンミール活動への参加は難しいと思う。

11) 共食活動が（コモンミール）が子どもや高齢者に及ぼす影響

- ・コモンミールに参加した子ども達は、食事の後の皿を自分でキッチンまで運ぶなど、こうした共用の食堂でどのようにふるまうべきかを学ぶようになる。
- ・ここを訪れる住民の孫たちはとても小さい時には恥ずかしがるが、成長とともに環境に適応して、彼らを歓迎する他の住民とも楽しく食事が取れるようになる。子ども達は多くの高齢者と出会い、どんな存在であるかを知ることになる。
- ・高齢者にとって、コモンミールは 1 日の中での社交の場面であると同時に、リーズナブルな価格で栄養ある食事を味わえる機会としても機能している。
- ・こうした機会は通常のアパートでは経験できない。ホームヘルプサービスを受けているとしても、配達されたものを電子レンジで温め一人で食べることになるだけである。

3. 今後の研究における課題または問題点

今回は 1 住宅のみの調査であったが、住宅や住民の事情に応じたきめ細やかなシステムが導入さ

れている状況が明らかになった。今後はケースを増やし、様々な取り組み事例を収集したいと考える。

参考文献

Blomberg, I. and K. Karnekull (2019) “Do-It-Yourself: The Story Road to Cohousing in Sweden” Built Environment 45 (3): 280-95. DOI: 10.2148/benv.45.3.280.

住環境と健康寿命

日用品（家具）の使用時における身体動作の傾向とモデル化の研究

柏樹 良（ライフデザイン学部人間環境デザイン学科）

1. 研究の背景

日用品の使い方、特に日用品を使用する際の身体動作には、その使用者の使用目的に沿った共通の傾向があるのではないかと仮説にもとづき、その身体動作を読み取りとることのできる家具を中心とした日用品の試作を進めている。使用者の身体動作の傾向をモデル化することで、簡単な仕組みで使用者の目的を予測することが可能になると考えられる。このことから将来、高齢者の生活実態の調査分析をはじめ、生活の様々な支援や、商業空間におけるサービスの充実などに応用が期待される。

2. 調査報告および研究報告

これまで、様々な安価なセンサーの可能性と動作確認、身体動作の傾向やそのセンシングの研究をすすめてきた。圧力センサー、静電容量センサー、超音波距離センサー、赤外線人感センサー、音響センサー、振動センサー、光センサーなどである。これらはそれぞれ 100 円から数百円程度で容易に家具に組み込むことが可能である。また、使用するコンピュータ環境も汎用的な言語である **Processing** と **Arduino** の組み合わせから、より AI への応用の利く **Python** と **RaspberryPi** への移行をすすめた。各測定要素の基礎研究が積みあがってきたので、現在試作の設計に取り掛かっている。2 台の椅子に各種センサーや照明器具などを組み合わせた試作機を計画している。

3. 今後の研究における課題または問題点

今期から来期前半にかけて試作を完成させ、来期は一定の被験者に使ってもらい、使用目的に沿った一定の傾向がみられるか、見られた場合にはそれにどのようなアウトプットが可能かを実験を通して検討していきたいと考えている。今のところ関連する論文が希少でディズニー研究所や MIT など一部のメディアアート系に限られているので、既往研究が難航している。今後、行動心理学などに分野を拡大して研究を進めたいと考えている。

発表論文・著書

学会発表

客員・院生研究員 研究報告

ビタミンCとビタミンEの相互作用について

佐藤 綾美（東京都健康長寿医療センター研究所・客員研究員）

1. 研究の背景

ビタミンC (VC, L-ascorbic acid) には酸化型のビタミンE (VE, α -tocopherol) を還元するVEリサイクリング機構が知られている (May JM et al. *Arch Biochem Biophys*, 1998)。VCやVEは抗老化作用を有する栄養素として健康寿命延伸に貢献すると注目されるが、意外にも生体内各組織におけるVCとVEの相互作用はまだよく分かっていない。

これまでに当研究室では、ラットやマウスにおいて加齢に伴い肝臓や腎臓、肺などで減少するタンパク質 Senescence Marker Protein 30 (SMP30、日本名：加齢指標タンパク質 30) を発見し、老化における重要性を明らかにしてきた。さらに、SMP30はVC合成に必要な酵素グルコノラクトナーゼ (GNL) であり、SMP30ノックアウト (KO) マウスをVC不足にさせると寿命が短くなることが明らかとなっている (Kondo Y et al. *Proc Nat Acad Sci USA*, 2006)。つまり、野生型マウスはVCを合成できるが、SMP30-KOマウスはヒトと同様にVCを合成できない。

本研究では、VC合成不全SMP30-KOマウスを用いて、VCとVEを不足させた時の各組織中のVCとVEの濃度を測定し、それらの相互作用について検討した。

2. 調査報告および研究報告

実験方法は、5週齢のSMP30-KOマウス (♂) を対照 (C+/E+)、VE不足 (C+/E-)、VC不足 (C-/E+)、VCとVE不足 (C-/E-) の4群に分け、4週間飼育した後の肝臓、肺、腎臓、心臓、膵臓、精巣上体、精巣、大脳、小脳、血漿中のVCおよびVE濃度をHPLCと電気化学検出器を用いて定量した。VCは、アスコルビン酸 (還元型) およびデヒドロアスコルビン酸 (酸化型) 濃度を解析した。また、マウスの摂食、飲水量の測定や体重、各臓器の重量測定、および血漿の生化学検査を行った。

結果、血漿や肝臓、心臓のVE濃度は、C+/E+群ではC-/E+群に比べて高値を示し、2要因 (VC、VE) の分散分析 (two-way ANOVA) より、それら組織においてVE濃度にVCが関与する可能性が示された。一方、肺、腎臓、膵臓、精巣上体、精巣、大脳、小脳ではVE濃度に群間差はなかった。VC濃度は、肺、腎臓、心臓、精巣、大脳においてC+/E+群ではC+/E-群より若干高値を示したが、VE濃度のような顕著な差はなかった。また、他の組織においてVC濃度の群間差はなかった。肝臓VC濃度は、有意差はないものの他の組織と異なりC+/E-群でC+/E+群より高い傾向がみられた。以上、各組織におけるVCおよびVE濃度を図1に示した。体重変化や各臓器重量、および血液生化学検査の結果は、各項目において群間差はなかった。

本研究結果より、VCとVE濃度の動態は組織毎に異なり、特に肝臓ではVCによるVEリサイクリング機構がはたしている可能性が示唆された。VEの輸送タンパク質の発現は肝臓に集中しており、肝臓は体内のVE分配を制御する組織であり (Traber MG et al. *Annu Rev Nutr*, 1999)、最もVEのリサイクリングが必要とされる組織と考えられる。脂溶性のVEは、水溶性のVCにはない脂質酸化抑制など多様な生理作用を有しており、VEリサイクリング機構は生体の恒常性維持に機能する重要なシステムであるといえる。

3. 今後の研究における課題または問題点

VE は生体内でリポタンパク質に取り込まれたかたちで肝臓から血中、そして各組織へ運搬され、と考えられている。したがって、VE 濃度はリポタンパク質量に左右され、と考えられるため、今後、その主成分であるトリアシルグリセロール (TG) レベルを測定して各組織の VE 濃度を TG 補正する。また、VC と VE の相互作用が示唆された組織においてどのような要因が反映されているのかを調べる。

以上、ビタミン類の相互作用に関する科学的検討より、将来的に、健康寿命延伸に向けた効率的な栄養学的アプローチの構築など臨床応用の可能性を考察する。

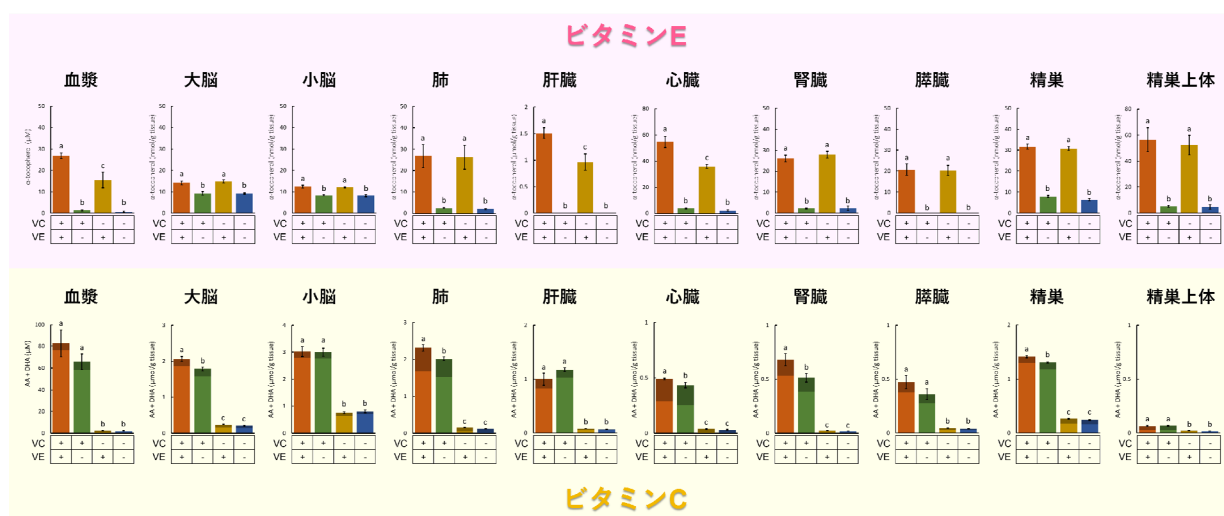


図 1. 各組織におけるビタミン C およびビタミン E の濃度

発表論文・著書

- 1) Sato A, Arai T, Fusegi M, Ando A, Yano T. (2019)
『A Redox-Inactive Derivative of Tocotrienol Suppresses Tumor Growth of Mesothelioma Cells in a Xenograft Model』 42(6):1034-1037, *Biological and Pharmaceutical Bulletin*
- 2) Kaneko S, Yamazaki T, Kohno K, Sato A, Kato K, Yano T. (2019)
『Combination Effect of Bowman-Birk Inhibitor and alpha-Tocopheryl Succinate on Prostate Cancer Stem-Like Cells』 65(3):272-277, *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*

学会発表

- 1) 佐藤綾美, 谷津智史, 矢野友啓, 福井浩二, 石神昭人, 『ビタミン C 合成不全マウスを用いたビタミン C とビタミン E の生体内相互作用解析』, 第 31 回 ビタミン E 研究会, 2020 年 1 月 10-11 日, 愛媛
- 2) Sato A, da Fonseca IIM, Yeh E, Dagli ML, 『Alpha-connexin carboxyl-terminal peptide enhances antiproliferative effect of Bowman-Birk inhibitor from soybeans in canine oral melanoma cells.』 International Gap Junction Conference, 2019/7/27-31, Victoria (Canada)

機能性食素材トコトリエノールの抗悪性中皮腫素材としての可能性

河野 翔（食環境科学研究科食環境科学専攻博士後期課程）

1. 研究の背景

近年の医療技術の発達によりわが国の平均寿命は飛躍的に伸び、世界トップレベルの長寿国として知られるようになったが、その一方で、平均寿命の増加による超高齢化という社会的背景が様々な疾病の発症リスクや要介護リスクの増加に繋がっているのも現状となっている。このような背景から、最近では平均寿命だけではなく“健康で生活できる期間”を指す「健康寿命」をいかに伸ばすかが重要とされ、超高齢社会を迎えたわが国では急務な課題となっている。

一方、各疾病の治療薬の副作用の点から、近年ではこれらの代替あるいは補助剤になり得る予防・治療素材の開発が期待され、最近では食品素材中の機能性成分がファイトケミカルとして注目されている（*Constantinou C et al. 2008*）。中でもビタミン E は早くからその機能性が注目され研究されているファイトケミカルの 1 つである。天然の植物に多く含まれるビタミン E は、トコフェロール（TP）とトコトリエノール（T3）の 2 つに大別され、さらにそれぞれにおいて α , β , γ , δ の 4 種の同族体が存在し、合計で 8 種類のビタミン E 同族体が存在する。抗酸化作用はビタミン E の代表的な物質特性の 1 つとされているが、近年、T3（とりわけ δ -T3）は抗酸化作用だけではなくそれに依存しない多様な生理作用も持つことが明らかになってきており、がんをはじめ、骨疾患や心血管系疾患、糖尿病など様々な疾病に対しての効果が期待されている（*Peh HY et al. 2016*, *Aggarwal BB et al. 2010*）。我々の研究グループでも、これまでにがんや骨質劣化、糖尿病合併症骨粗鬆症などに対する T3 の効果を検証し報告してきた（*Kaneko S et al. 2018*, *Kono K et al. 2019*）。

本年度も引き続き、希少がんの 1 つでアスベストの暴露を主要発生源とする悪性胸膜中皮腫（Malignant pleural mesothelioma ; MPM）（*Mossman BT et al. 2013*）を対象として検証を行った。希少がんは症例数が少ないことから研究も進んでおらず、有効な治療法あるいは予防法の構築が急務となっている。MPM は組織学的な特徴により複数のタイプが存在し、抗がん剤に対する感受性が異なること（*Rossini M et al. 2018*, *Kitazono-Saitoh M et al. 2012*）、また腫瘍内部はしばしば低酸素、低栄養状態であるとされ、低酸素誘導性因子により低酸素適応機構を獲得していること（*中山 恒. 2011*）、これらにより既存の抗がん剤では有効な治療法になり得ていないことから、新たな治療素材あるいは補助剤に関する研究が期待されている。昨年度までの検証において、アナトー由来 TRF 及び δ -T3 は低酸素環境下の MPM 細胞株に対しても殺細胞効果を発揮すること、その一方で α -TP は MPM 細胞の生存活性に影響を及ぼさないことが明らかになった。そこで本年度は、TRF の作用機序を明らかにするため、低酸素誘導性小胞体（ER）ストレスと低酸素適応因子 HIFs の働きに注目し、さらなる検証を行った。

2. 調査報告および研究報告

T3 の代表的なフィトケミカルとされているアナトー由来 Tocotrienol-Rich Fraction (TRF, δ -T3 : γ -T3 = 9 : 1, TP 不含)（*Peh HY et al. 2016*）を用いて、分子生物学的手法により MPM 細胞株に対する TRF の作用点を検証した。

代表的な MPM 細胞株である H2452 を用いて 20 μ g/mL の TRF 添加培地で 24 時間培養した系

において、TRF の殺細胞効果と ER ストレスの関係性を検証した結果、Nor 群では、TRF 投与群は非投与群と比較して ER ストレスマーカーの 1 つである Bip 及び ER ストレス誘導性アポトーシスマーカーである CHOP の高発現が確認された。この結果から、TRF は ER ストレスを過剰に惹起することで Nor 環境下の H2452 に対して細胞死を誘導することが推測された。

その一方で、Hyp 群においては Bip, CHOP の発現は非投与群のそれと差が見られなかった。そこで我々は、Hyp 環境下では低酸素適応機構の中心を担う HIFs の発現により ER ストレスが緩和されること、TRF は HIFs の働きを阻害することによって Hyp 環境下でも細胞死を誘導すると推測し、Hyp 群における HIFs 発現および TRF による HIFs 発現への影響を検証した。その結果、Hyp 環境下で培養した H2452 では HIF-2 α の高発現が確認できた一方で、TRF 投与群において HIF-2 α 発現の変化は確認されなかった。これらの結果から、本検証における H2452 の低酸素適応機構には HIF-2 α が中心的役割を担っていることが示された一方で、TRF は HIFs 発現に対して作用しない、すなわち Nor 環境下での H2452 に対する作用と異なる作用点がある可能性が示唆された。

3. 今後の研究における課題または問題点

前立腺がんでの先行研究において、T3 は Hyp 環境下の腫瘍細胞における HIF 発現を抑制すること、また前立腺がんでは HIF-1 α 経路が中心を担っていることが報告されていることから (Kaneko *et al.* 2018)、本検証においても TRF が HIFs を阻害することによって MPM の細胞死を誘導すると推測した。しかし、Hyp 環境下で誘導された HIF-2 α に対する TRF の影響は見られず、H2452 においては HIFs 非依存的な作用点がある可能性が示唆された。腫瘍細胞における HIF の役割をまとめた報告 (Greijer *et al.* 2004) では、p53 や Bax/Bak, Bcl2/BclxL, Caspase 9, Caspase 3 といった一般的なアポトーシスマーカーとの関連や HIFs のアポトーシス阻害／促進といった二面性の作用も示されていることから、これらに対する TRF の影響を検証することは必要である。一方で、MPM 細胞株における HIF-2 α の役割や、Hyp 環境下の腫瘍細胞における ER ストレスと HIFs の関係性は明らかになっていない点も多く、H2452 (MPM 細胞株) におけるこれらの関係性も同時に明らかにしていくことは、TRF の作用点を明らかにする上でも重要であると考えられる。

学会発表

- 1) 河野翔, 低酸素環境下の中皮腫細胞株を標的としたトコトリエノールの抗がん作用解析, 第 37 回ビタミン E 研究会, 2020 年 1 月, 松山市 (愛媛大学城北キャンパス)
- 2) Kakeru Kono, A possibility of tocotrienol as a cancer chemopreventative agent in malignant mesothelioma, ICoFF2019/ISNF2019/ICPH2019, 2019 年 12 月, 神戸市 (神戸国際会議場・神戸国際展示場)
- 3) 河野翔, 低酸素環境下の悪性胸膜中皮腫細胞株を標的としたトコトリエノールの抗がん素材としての可能性, 第 17 回がんとハイボキシア研究会, 2019 年 11 月, 大阪市 (大阪市立大学阿倍野キャンパス)
- 4) 河野翔, 機能的食素材トコトリエノールの新規抗中皮腫素材としての可能性, 日本ビタミン学会第 71 回大会, 2019 年 6 月, 鳥取市 (とりぎん文化会館)

ビタミン B₂ および E の併用摂取はヒト血中ホモシステイン濃度を低下させる

芹澤奈保（食環境科学部 食環境科学科）

1. 研究の背景・目的

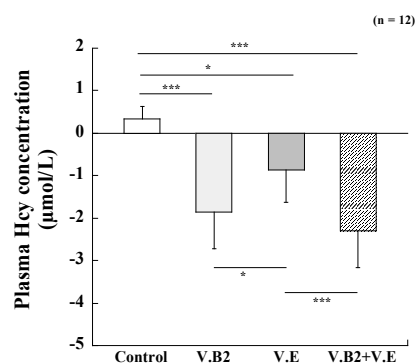
骨質の劣化にはコラーゲンの分子間架橋異常が関係しており、この架橋に異常をもたらす因子に血中ホモシステイン（Hcy）濃度の上昇や（Saito M et al. 2010, 2014）、酸化ストレスがある。また、血中 Hcy 濃度上昇の要因として、メチレンテトラヒドロ養蚕還元酵素（MTHFR）の一塩基多型があげられる（Shiraki M et al. 2008）。先行研究では、Hcy 代謝にかかわるビタミン B₆、B₁₂、葉酸の摂取により血中 Hcy 濃度が下がると言われている（Mashavi M et al. 2008., Lonn E et al. 2006.）。これらビタミンの他にビタミン B₂（V.B₂）はメチオニンおよび Hcy 代謝のなかの補酵素として機能しているが、血中 Hcy 濃度低下の目的で V.B₂ を負荷した報告は少ない。本実験では、この 2 種類のビタミン（V.B₂、V.E）の併用摂取時と単独摂取時との比較をおこない、各ビタミンの血中 Hcy 濃度への影響を明らかにし、血中 Hcy 濃度上昇の予防を検討する。

2. 方法

本研究はヘルシンキ宣言に則り「東洋大学における人を対象とする医学系研究に関する倫理運営委員会」の承認を得た後に実施した（承認番号；TU2018-16）。被験者は、本実験の説明を受け文書で実験参加に同意した年齢 19～21 歳の健康な女子大学生 16 名である。被験者は実験期間中 V.B₂（30mg/d）、V.E（60mg/d）をそれぞれの期間に併用あるいは単独で 14 日間連続摂取した。各ビタミンの摂取（ポスト期）の前後に採血を実施することとし、各ポスト期の間にはウォッシュアウトを 14 日間設けた。

3. 結果・考察

ビタミン併用摂取（V.B₂+V.E）の場合に血漿 Hcy 濃度はコントロール、およびビタミン単独摂取と比較し有意に低下した（Control v.s. VB2+E; $p<0.001$, V.E v.s VB2+.E; $p<0.001$ ）。V.B₂ および E の併用摂取は血中 Hcy 濃度を低下させることが明らかとなった。血中 Hcy 濃度上昇は酸化ストレスによる一酸化窒素の不活性化が一要因であることから、V.E は酸化窒素に効果的に作用し、メチレンテトラヒドロ葉酸還元酵素（MTHFR）の補因子である V.B₂ は、メチオニン代謝における MTHFR に有効に作用したと考えた。したがって、本研究結果から V.E および V.B₂ 摂取は Hcy と関連する骨折予防に有効である可能性が示唆された。



学会発表

- 1) Naho Serizawa, Akiho Shinagawa, Tomoki Yamazaki, Masako Ota, Tomohiro Yano. The effect of conventional intake of the vitamin B2 and vitamin E on each vitamin in serum of young women, FENS 2019, 15-18 Oct 2019, Dublin.
- 2) 芹澤奈保、山崎倫生、太田昌子、矢野友啓. ビタミン E および B2 の併用摂取はヒト血中ホモシステイン濃度を低下させる. ビタミン E 研究会. 2020 年 1 月 10-11 日、松山.

疲労骨折の一次予防を目指した血中成分および関連遺伝子の研究

峰松 明也子（食環境科学研究科 食環境科学専攻）

1. 研究の背景

女性長距離陸上選手は「女性アスリートの三主徴」に罹患するリスクが高く、さらに、疲労骨折のリスクが高いことも分かっている。疲労骨折の予測、予防のための骨質評価として血漿 Homocysteine (以下、Hcy) 濃度が着目されている。メチオニンが Hcy の唯一の前駆体であり、食事によるタンパク質の摂取はメチオニンの供給源となっている。Hcy は、代謝経路が明らかになっているものの基準範囲は 3~15nmol/mL と広範囲なうえ、先に示したように食事による影響、また運動による影響を受けることが報告されている。

食事および運動の影響に関する研究の方法論は非常に多様であり、一貫性のある結論を導くことが困難である。特にアスリートは日常的に高強度な運動を行い、一般成人よりも高タンパク質な食事を摂取している可能性があるため、食事および運動が与える Hcy 濃度の変化は大きいことが推測される。長期間にわたって絶えずトレーニングしている持久性運動選手の空腹時血漿 Hcy 濃度はわずかではあるが着実な増加を示しており、軽度~中程度の高 Hcy 血症の罹患率が高いことも示されている。

骨質劣化ひいては疲労骨折の危険因子であることが示されている血漿 Hcy 濃度を正確に把握するためには、食事と運動の影響を管理した条件下での調査、分析が必要であると考えられる。そこで、本研究は、疲労骨折のリスクが高いとされる女性長距離陸上選手において、食事および運動制限の有無別に血漿 Hcy 濃度の違いを調査し、その影響を検証することを目的とした。

2. 調査報告および研究報告

陸上競技部女子長距離部門に所属する選手 6 名を対象として、「運動制限期」「運動実施期」の条件のもと血漿 Hcy 濃度を測定した。各被験者において、各被験者において、「運動実施期」での血漿 Hcy 濃度が「運動制限期」よりも高かった。さらに、「運動制限期」は疲労骨折リスクのカットオフ値 5.55 nmol/mL より低く、「運動実施期」はそれ以上であった。全被験者 6 名において、「運動実施期」の血漿 Hcy 濃度は「運動制限期」のそれよりも有意に高かった。

3. 今後の研究における課題または問題点

多くの実験的研究は、一過性運動後に血漿 Hcy 濃度の増加を報告している。運動の種類や強度と血漿 Hcy 濃度の関連について示すことはできないが、「運動によって血漿 Hcy 濃度が上昇する」という結果は、これら先行研究を支持するものである。しかし、本研究の血漿 Hcy 濃度の増加も先行研究と同様に一時的なものであり、24 時間以内にベースラインに戻る可能性がある。この一過性運動による血漿 Hcy 濃度の増加とその後の低下をもたらすメカニズムについては不明な点が多い。

運動による血漿 Hcy 濃度変動の詳細なメカニズムを理解するためには、運動の種類(有酸素もしくはレジスタンス、さらに一過性運動もしくはトレーニング)、強度、持続時間について識別、定量化することが重要である。同時に、Hcy 代謝に関与するビタミン B 群、葉酸濃度、抗酸化状態の変化について調査することが必要である。そのうえで、どのような運動が血漿 Hcy 濃度を増加もしくは低下させるのか判断することが重要である。そうすることで、女性長距離陸上選手の血漿 Hcy 濃度を正確に把握し、ターゲットとすることで、今後の予防法確立へつなげることが可能となる。

発育に伴う骨の構造変化が骨折線に及ぼす影響

中井真悟（常葉大学 健康プロデュース学部）

1. 研究の背景および目的

骨折の好発部位や骨折線の形状は年齢によって異なることが知られ、徒手整復および固定方法を決定する際の基準として多くの分類が用いられる。しかし、骨構造が骨折線の形状にどのように関連するかについては報告がない。本研究はラット大腿骨を用い、発育に伴う骨構造の変化を骨折線の特徴に関連付けて検討することを目的とした。

2. 研究報告

材料として、3、7 および 13 週齢のウィスター系雄性ラット各 6 匹を用いた。摘出した大腿骨は破断するまで生理食塩液に浸漬した。その標本を破断試験器により、支点間距離を 10mm、クロスヘッド速度を 10mm/min の条件下で、骨幹中央部を骨の前方から破断した。破断された標本は速やかに、固定液へ浸漬した。いずれの標本も形態学的に観察した。

3 週齢の皮質骨の骨内膜側は比較的、緻密な構造を有しており、骨膜側に血管腔を多く認めた。7 週齢の骨内膜側はさらに緻密化し、石灰化軟骨基質やエオジンに淡染する分化度の低い骨が相対的に骨膜側に位置し、接合線を境に骨膜面へ薄い層板構造が認められた。このことは 3 週齢では横径の拡大を図るため、骨膜側に向かって骨形成が活発に行われ、7 週齢までに血管腔を閉鎖して緻密化することを示している。13 週齢では皮質骨内に明瞭な接合線を認め、その骨膜側に層板骨が厚く形成されていることから、7～13 週齢に至るまで骨膜側からの吸収を受け、その後、活発に骨形成が行われたことを意味する。一方で、深部の石灰化軟骨基質周囲の骨内膜側には 7 週齢と同部位の骨とほとんど厚さが変わらなかったことから、骨内膜側からの吸収能は低かったと推測される。

発育に伴う骨幹部前面における骨折線の変化を観察すると、3 週齢では破断方向に一致して亀裂を認めた。このことは骨の石灰化度が低く、均質であったために破断方向と一致したと推測される。7 週齢では皮質骨の深部に骨長軸方向へ向かう大きな亀裂によって皮質骨が二分され、13 週齢ではそのような亀裂を多数認めた。また、前面では扇状に基質部分が裂けるように破断されている部位も見られた。さらに、その深部の石灰化軟骨基質周囲に島状の骨片が形成されていたが、これは周囲との石灰化度の違いから生じたものと考えられる。本実験では層板間に線状の亀裂を認めたが、これは周囲よりも石灰化度が高く、層板間の線維連絡が乏しいために力学的脆弱部位となり、生じたと推測される。さらに、深部に島状の骨片が観察されたが、これは島状に存在する石灰化軟骨基質および分化度の低い骨と、その周囲の石灰化度の異なる組織の境界部が力学的脆弱部位となることを示している。一方で、後面には破断方向への亀裂を認め、骨長軸方向に引張する応力が加わったと考えられる。引張応力は膠原線維によって、圧縮応力はアパタイトによって受けることが知られ、層板骨の分布により弾力性が高い前面よりも、相対的に石灰化度の高い後面は引張力に対して脆弱であるため、離開した結果であると考えられる。

発表論文

1) 中井真悟, 本澤光則, 大迫正文:『発育に伴う骨の構造変化が骨幹部の骨折線に及ぼす影響』, unpublished observation.

超音波輝度変動係数による腱コラーゲン線維配向定量法の妥当性の検討

石垣 智恒（大学院ライフデザイン学研究科、日本学術振興会特別研究員）

1. 研究の背景

腱の主な構成要素はコラーゲンであり、正常な腱ではコラーゲン線維がその長軸方向に配列している。また、腱に障害（腱炎）が生じるとコラーゲン線維配向に乱れが生じることが報告されている。それゆえ、腱コラーゲン線維配向の評価は、腱の状態を把握するうえで重要な情報となる。

近年我々は、腱の超音波横断画像においてピクセルの輝度（明るさ）ばらつきを、輝度変動係数を用いて定量することで、ヒト生体における腱コラーゲン線維配向を推定できること報告した（Ishigaki et al., J Biomech 2016）。先行研究では、腱の超音波異方性という特徴に基づき、腱コラーゲン線維が再配向する（より整列した状態となる）ことによって、輝度変動係数が減少するという仮説を、腱コラーゲン線維の再配向が生じると報告されている腱の伸張（他動ストレッチ、等尺性収縮）中の輝度変動係数を計測することによって検証した。その結果、腱の伸張に伴い輝度変動係数は減少した。しかしながら、我々は実際の腱コラーゲン線維配向を視覚的に確認しておらず、本手法の妥当性を示す必要があった。

これまでの腱コラーゲン線維配向を調べた多くの先行研究では、組織学的研究手法が多く用いられてきた。そこで本研究の目的は、ラット尾部腱を用いて、超音波輝度変動係数による腱コラーゲン線維配向の計測結果と組織学的所見との一致性を比較検討することである。

2. 調査報告および研究報告

ラット 21 匹を対象とした。麻酔下にてラット尾部を 0%、5%、および 10% ストレインとなるように徒手的に牽引した際の尾部超音波横断画像を撮影した。その後、Image J (NIH) を用いて、撮影された超音波横断画像において腱のみを囲むように設定した関心領域内の輝度変動係数を計測した。その結果、輝度変動係数は伸張量の増加に伴い有意に減少した。この結果は、ヒト生体を対象とした我々の先行研究と一致する。

3. 今後の研究における課題または問題点

現在、光学顕微鏡による腱コラーゲン線維配向を評価するための標本作製法、包埋法、および染色法に関して検討を重ねている。当初の計画では腱をパラフィンに包埋する予定であったが、パラフィン包埋標本では腱構造を保持した切片の薄切が困難であった。その後、テクノビット樹脂包埋を試み、腱構造を保持した状態での薄切が可能となった。しかしながら、テクノビット樹脂に包埋した切片の染色性が不十分であるという問題が生じた。そのため現在は、染色性を改善するための染色液や染色時間の調整を行っている。さらに、Masson トリクローム染色によって腱コラーゲン線維配向の程度を判別できる可能性が報告されており、今後は Masson トリクローム染色も実施する予定である。

2020 年 3 月発行

編集・発行

東洋大学ライフイノベーション研究所

〒374-0193 群馬県邑楽郡板倉町泉野 1-1-1

Tel. 0276-82-9105

Fax. 0276-82-9801

URL <https://www.toyo.ac.jp/ja-JP/research/labo-center/lii/>