

令和5年度日本健康・栄養システム学会研究助成事業(外部資金活用研究助成事業)

研究結果報告書

中鎖脂肪酸であるオクタン酸(8:0)とデカン酸(10:0)のどちらを摂取した方が効果的であるか

～要介護状態の高齢者における身体機能、認知機能、摂食嚥下機能の向上効果の検討～

阿部 咲子

帝塚山大学 現代生活学部 食物栄養学科 准教授

令和7(2025)年12月

目 次

1. 序論
2. 研究方法
 - 対象者
 - 研究デザイン
 - 盲検化
 - 試験製品
 - 食事摂取と活動
 - 身体計測
 - 筋力と筋肉機能
 - 認知機能
 - 統計解析
3. 結果
 - 参加者とコンプライアンス
 - 食事摂取(補給MCTを除く)
 - 身体計測
 - 筋力と筋肉機能
 - 認知機能
4. 考察
 - 主の結果
 - 背景と既存研究との整合性
 - 統合的メカニズム: エネルギー代謝、ホルモン、転写調節
 - 食事摂取と交絡
 - 臨床的意義
 - C8とC10の鎖長特異性
 - 強みと限界
5. 結論
 - 図表

1.序論

サルコペニアは、加齢に伴う筋肉量、筋力、筋肉機能の進行性の低下を特徴とし、最初に Rosenberg によって概念化された[1]。サルコペニアの進行を遅らせるためには、レジスタンス運動と十分なたんぱく質摂取が主要な生活習慣戦略として推奨されている[2]。しかし、要介護状態の高齢者では身体能力の低下により運動の実施が困難であり、食欲や消化機能の低下によって食事摂取量が不足する場合がある。そのため、少量で効果を発揮する栄養介入は臨床的に重要である。

私たちは、少量の摂取でサルコペニアに有効な栄養素を特定するため、3つの臨床研究を実施した。研究 1 では、要介護状態の高齢者を (1) L-ロイシン (1.2 g) とビタミン D (20 µg) に MCT (6 g/日) を組み合わせた群 (LD+MCT)、(2) 同じ栄養素に LCT (6 g/日) を組み合わせた群 (LD+LCT)、(3) 無介入に群分けし、3か月間介入した[3, 4]。LD+MCT 群のみが握力、歩行速度、下肢持久力、呼吸筋機能を改善し、MCT 摂取 (6 g/日) が重要な役割を果たしたことが示唆された。研究 2 では、研究 1 の効果が MCT 単独によるものか、ロイシンとビタミン D との相互作用によるものかを検証した[5, 6]。MCT 単独でも筋肉機能が改善し、MCT が主要な栄養素であることが確認された。研究 3 では、摂取するタイミング（朝食 vs 夕食）を 1.5 か月間比較した[7]。摂取するタイミングに関わらず、MCT 補給は筋肉量と筋肉機能を改善した。

今までの研究で使用した MCT オイルは、C8 が 75.1%、C10 が 24.9% を占め、1 日 6 g を食事とともに摂取した。MCT は主にこの 2 種類の中鎖脂肪酸で構成されているが、鎖長特異的な効果は未解明である。C8 と C10 は異なる代謝メカニズムを介して作用する可能性がある[8]。そこで、本研究では、オクタン酸 (C8:0) とデカン酸 (C10:0) を個別に検討し、要介護状態の高齢者における身体機能、認知機能、摂食嚥下機能への鎖長特異的効果を明らかにすることを目的とした。

2.研究方法

対象者

本試験は 2023 年 6 月下旬、奈良県の「介護老人保健施設 大和の里」で実施した。特別な介護を要する全入所者を対象にスクリーニングした ($n = 73$ 、平均年齢 92.1 ± 7.8 歳) (図 1)。同意取得期間は 2023 年 6 月 28 日から 7 月 18 日までであった。

除外基準 ($n = 19$) は次の通り、経腸栄養法や静脈栄養法などの治療を必要としている者、重度な嚥下障害があり、経口摂取不能な者、意識レベル評価 (JCS : Japan coma scale) II-2 以上の者、I 型糖尿病や重篤な心疾患、肝疾患、腎疾患、血液疾患などのある者、空腹時血糖値 200 mg/dl 以上の者、CRP 2.0 mg/dl 以上の者、頻回に体調を崩すような者、体格指数 (BMI: body mass index) 25.0 kg/m^2 以上の者、該当する食品アレルギー (油脂) のある者、研究説明理解不能者 (但し、代諾者の同意が得られた場合は対象とするが、参加者本人からの拒むような徵候や行為が見られた場合は直ちに研究参加を中止する)、施設医師である施設長の判断にて参加者に含めないと判断された者とした。

36 名 (男性 8 名、女性 28 名、平均年齢 88.0 ± 6.5 歳) が 2023 年 7 月 19 日に登録し、無

作為に群分けされた。ベースラインの測定期間は7月20日～8月4日、試験食の摂取期間は8月7日～9月20日、介入後の評価は9月21日～26日に実施した。一部の参加者に認知機能障害があったため、家族からインフォームドコンセントを取得した。本試験は帝塚山大学研究倫理委員会の承認（承認番号04-42および05-19）を受け、ヘルシンキ宣言（2000年改訂）に準拠して実施した。

研究デザイン

本試験は1.5か月間の無作為化二重盲検並行群間介入比較試験である（図1）。参加者は以下の群に無作為に割り付けられた：

C8群：オクタン酸（C8:0）を主成分とするMCT

C10群：デカン酸（C10:0）を主成分とするMCT

LCFA群：長鎖脂肪酸（ネガティブコントロール）

各群は夕食に割り当てられた油6g/日を混ぜて摂取した（例：ご飯、味噌汁）。過去の研究では3か月間の介入を行ったが、施設入所者の滞在の入れ替わりを考慮し、本試験および直近の研究では1.5か月間とした[3-7]。評価項目はベースラインおよび介入後に、身体組成、筋力、筋肉機能、認知機能を含んだ。

盲検化

無作為化は、本研究に関与していない担当者によって実施された。参加者は試験対象オイルの味や香りを知らず、群分けについても盲検化されていた。データ収集を担当する調査員と職員ともに、群分けについて知らされていなかった。

試験製品

C8-rich MCT（C8-MAX）は勝山ネステージ株式会社（宮城県）から購入した。C10-rich MCT（Enequik）および長鎖キャノーラ油（C16:0およびC18:1を豊富に含む）は日清オイリオグループ株式会社（東京）から購入した。摂取量は夕食時に6g/日であった。

食事摂取と活動

食事は施設から提供された。介入前および介入中の食事摂取量は参加者ごとに記録し、解析した[3]。日課やリハビリテーションは変更されなかった。調査に関与する介護職員や理学療法士、言語聴覚士は群分けについて知らされていなかった。

身体計測

体重はバリアフリー医療用体重計（AD-6106 W; A&D）で測定した。身体組成（脂肪量、体脂肪率、筋肉量）は生体電気インピーダンス法（ONE SMARTDIET; 韓国）で測定した。上腕周囲長（AC）、上腕三頭筋皮下脂肪厚（TSF）、下腿周囲長（CC）は標準的な方法で測定した。上腕筋面積（AMA）は以下の式で算出した： $AMA = [AC - \pi \times TSF]^2 / (4\pi)$ [9]。CC は筋肉量の指標として用いた[10,11]。C10 群の 1 名は下肢ギブス固定のため人体計測から除外した。

筋力と筋肉機能

握力はデジタル握力計（T.K.K. 5401; 竹井機器工業）で測定した。下肢筋力は筋力測定装置（Mutus F-2; オージー技研）で測定した。下肢持久力は床から水平に保てる時間で評価した。一部の参加者は麻痺、骨折、終日臥床のため特定の評価項目から除外された（詳細は結果に記載）。

歩行速度は可動性に応じて 10 m または、2 m 歩行テストで評価した。歩行不能者はこの評価から除外した。10 秒間の下肢開閉運動（座位）で敏捷性を評価した[12]。呼吸筋機能（PEF）はピークフローメーターで測定した[13,14]。

認知機能

高齢者の認知機能を推定するために、2 種類の検査を実施した。MMSE（被験者自身が質問に答える検査）と NM スケール（介護者または観察者が被験者に関する質問に答える検査）である。

MMSE は世界中で主に認知症のスクリーニングに使用されている。MMSE（合計 30 点）は、「見当識」（10 点）、「記銘」（すなわち即時想起）（3 点）、「注意と計算」（5 点）、「想起」（3 点）、「言語」（9 点）など、複数の認知領域を測定した。

NM スケールは、精神状態を評価するための簡便な行動評価尺度として日本で開発された。NM スケール（合計 50 点）は、日常生活における能力を測定する尺度であり、「家事・身の回りの整理」（10 点）、「興味・意欲・社会関係」（10 点）、「会話」（10 点）、「記憶」（10 点）、「見当識」（10 点）などが含まれる。両検査とも、得点が高いほど認知機能が高いことを示す。MMSE は 1 名の検者が、NM スケールは 3 名の検者が実施した。NM スケールは 3 名の検者による平均得点を採用した。

統計解析

データは平均値 \pm SD で示した。群間比較は変化量（介入後 – ベースライン）について、ベースライン値、年齢、性別、BMI を調整した ANCOVA を用いた。

ANCOVA で有意差が認められた場合、Bonferroni 補正後の事後検定を実施した。Levene

検定で分散の不均一が認められた場合、Kruskal-Wallis 検定を用い、Bonferroni 補正後の Mann-Whitney U 検定を行った。群内比較は Wilcoxon 符号付順位検定を用いた。欠測値は除外した。有意水準は $\alpha = 0.05$ 。解析は SPSS v28.0.1.0 (IBM, Chicago, IL) で実施した。

3. 結果

参加者とコンプライアンス

36 名を登録した (図 1)。4 名が脱落 : 2 名は入院 (ともに LCFA 群)、2 名は他施設へ転所 (LCFA 群 1 名、C10 群 1 名)。最終的に 32 名が完了した (C8 群 : n = 12、男性 3 名/女性 9 名、 87.8 ± 7.5 歳 ; C10 群 : n = 11、男性 2 名/女性 9 名、 89.4 ± 4.5 歳 ; LCFA 群 : n = 9、男性 3 名/女性 6 名、 88.0 ± 7.1 歳)。下痢や胃部不快感を含む副作用は報告されなかった。

食事摂取(補給 MCT を除く)

ベースラインおよび介入中の習慣的なエネルギーおよび三大栄養素摂取量は表 2 に示す。摂取された MCT (オクタン酸、デカン酸) および LCT は含まれていない。エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物の群内差は認められなかった。

身体計測

表 3 にベースラインおよび介入後の身体計測値と変化量を示す。体重と BMI は全群で増加し、これは追加された油のエネルギー (約 2268~2430 kcal/1.5 か月) を反映している可能性がある。体脂肪率および体脂肪量の変化における群間差は有意であった (ANCOVA、いずれも $P = 0.008$)。C8 群および C10 群は LCFA 群と比較して有意な減少を示した (いずれも $P < 0.05$)。筋肉量の変化における群間差も有意であった (ANCOVA、 $P = 0.027$)。C8 群は LCFA 群と比較して増加した ($P < 0.05$)。

筋力と筋肉機能、摂食嚥下機能

表 4 に筋力、筋肉機能、摂食嚥下機能を示す。右握力の変化は群間で有意差があった (ANCOVA、 $P = 0.008$)。C8 群は LCFA 群と比較して増加し ($P < 0.05$)、1.5 か月後に +3.6 kg 増加した ($P < 0.01$)。右および左下肢筋力の変化も有意であった (Kruskal-Wallis、 $P < 0.001$; ANCOVA、 $P = 0.006$)。右下肢筋力は C8 群および C10 群で主に増加し、LCFA 群と比較してそれぞれ $P < 0.001$ および $P < 0.01$ で有意差があった。左下肢力も C8 群および C10 群で増加し、LCFA 群と比較していずれも $P < 0.05$ で有意差があった。1.5 か月後、右下肢筋力は LCFA 群で -1.8 kg 減少 ($P < 0.01$) したが、C8 群で +1.9 kg ($P < 0.05$)、C10 群で +1.0 kg ($P < 0.05$) 増加した。左下肢筋力は LCFA 群で -1.6 kg 減少 ($P < 0.05$) したが、C10 群で +0.4 kg 増加 ($P < 0.05$) した。左下肢持久力の時間の変化も有意であった (Kruskal-Wallis、 $P = 0.003$)。C8 群および C10 群は LCFA 群と比較して増加し (それぞれ $P < 0.001$ および $P < 0.05$)、C8 群では +33 秒増加した ($P < 0.01$)。

認知機能

表 5 に認知機能を示す。MN-スケールの変化は群間で有意差があった (ANCOVA、P = 0.009)。C10 群は LCFA 群と比較して増加し (P < 0.01)、1.5 か月後に +1.7 点増加した。

4. 考察

主な結果

要介護状態の高齢者（平均年齢 88 歳）において、C8 または C10 を豊富に含む MCT を 1.5 か月間補給した結果、LCFA と比較して体脂肪率および体脂肪量が減少し、筋肉量と上腕筋面積 (AMA) が増加、さらに下肢筋力と下肢持久力が改善した。歩行速度、下肢開閉運動、PEF の群間差は小さかった。エネルギー摂取量は安定し、たんぱく質摂取量は全群でわずかに減少したが群間差はなく、食事による交絡は最小限と考えられる。

背景と既存研究との整合性

サルコペニアは Rosenberg によって概念化され[1]、レジスタンス運動やたんぱく質の最適化が困難な場合に少量で効果を発揮する栄養戦略の臨床的必要性がある[2]。要介護状態の高齢者における MCT による筋肉量、筋肉機能の改善は、RCT および統合解析で一貫して示されている[3-7,15]。本研究で認められた体脂肪量の減少と筋肉量、AMA 増加、下肢筋力、下肢持久力の改善は、3 試験の統合解析 (MCT 6 g/日、3 か月) で報告された多面的な効果と一致する[15]。ロイシン・ビタミン D 併用下での握力、歩行速度、下肢開閉運動の改善[3] や認知機能の改善[4,6]も方向性として一致する。最近のレビューでは、MCT による体脂肪量の減少と筋肉機能の改善に関する臨床エビデンスがまとめられ、細胞外シグナル機構の可能性が提案されている[16]。さらに、非認知症高齢者における記憶改善を支持する系統的レビュー[17]や、歩行バランスおよび脳代謝ネットワークへの影響を示す RCT[18]があり、末梢および中枢のメカニズムが示唆される。

統合的メカニズム：エネルギー代謝、ホルモン、転写調節

(1) 筋代謝の質的变化 (脂肪酸酸化へのシフトと食事誘発性熱産生)

MCT は LCT と比較して食後の脂肪酸酸化と熱産生を高め、皮下脂肪量の減少に寄与する [19-21]。本研究での TSF、体脂肪量の減少は、これと一致する。FDG-PET/CT の縦断研究では、MCT 補給が歩行関連筋の糖代謝を抑制し、筋密度を増加させることが示されており [22]、脂質酸化への基質シフトを強く支持する。動物では、MCT が白色・褐色脂肪組織で脂肪分解分子 (β 3-AR、ATGL、HSL) を上方制御し、ノルエピネフリン增加とともに褐色脂肪を活性化し体脂肪量の減少を促進する[23,24]。エネルギー制限下では、MCT 摂取が LCT と比較して骨格筋量の維持に寄与する[25]。

(2) ケトン代謝と NAD⁺/ミトコンドリア機能

急性ケトン反応は C8 で最大であり、C10 より強く、C12 より顕著に高い[26,27]。ケトン体はミトコンドリアのエネルギー伝達を改善し、NAD⁺/NADH 比を高め、筋肉のエネルギー効率を改善する[28–30]。下肢持久力の改善はこれらの適応と一致する。中枢では、MCT 摂取が歩行パフォーマンスに関する脳代謝ネットワーク変化と関連しており[42]、末梢と中枢のケトン利用が示唆される。さらに、ケトン体は筋細胞の酸化ストレスを緩和し、ATP 産生効率を向上させることができることが示唆されており、これが観察される下肢持久力の向上に寄与する可能性がある[31]。

(3) ホルモン経路：アシル化グレリン-GH 軸

MCT はグレリンのアシル化（活性化）に直接利用され、成長ホルモン分泌を促進し、筋タンパク質同化を高める可能性がある[32]。グレリンは筋萎縮モデルで抗萎縮作用を示す[33]。MCT 群での筋肉量と AMA 増加は、この経路を部分的に反映している可能性がある。

(4) 転写調節：PPAR シグナルと脂肪酸酸化能

MCT は、特に C10 は PPAR α/δ のリガンドとして作用する可能性がある[34,35]。ラットでは、MCT を含むケトン食と持久力トレーニングを組み合わせることで、PDK4 の過剰なアップレギュレーションなしにケトン酸化酵素（OXCT）が相乗的に誘導され、脂質酸化表現型が強化される[36]。脂肪酸酸化関連たんぱく質の鎖長依存的な変化が報告されている[37]。さらに、MCFA は GPR40 とケトン生成シグナル伝達を調整し[8]、代謝の柔軟性とインスリン感受性に影響を与える可能性がある。歩行筋におけるグルコース代謝抑制の PET/CT 所見[22]は、PPAR を介した脂質酸化能力の増強と一致している。さらに、PPAR α の活性化は脂質酸化酵素の発現をアップレギュレーションし、より酸化的な筋線維表現型への移行を促進することが示されており、C10 で見られるより広範な持久力と筋肉面積の利点のもっともらしいメカニズムを提供している[27]。

(5) 神経筋・認知・持久力のエビデンス

若年男性では、EPA と MCT 構造脂質の併用が筋持久力を改善し疲労を軽減した[38]。マウスでは慢性的な MCT 摂取が水泳持久力を高め、TCA 回路およびケトン利用酵素活性を増加させた[39]。認知面では、非認知症高齢者における記憶改善を支持する系統的レビュー[17]があり、既報 RCT とも一致する[4,6]。歩行とバランスの改善が脳代謝ネットワーク変化と関連していること[18]は、MCT による機能的利益が末梢代謝適応と中枢ネットワーク再構築の両方を含むことを示唆する。

食事摂取と交絡

エネルギー摂取は安定し、たんぱく質摂取は全群でわずかに減少（約 0.16–0.18 g/kg 体重/

日) したが群間差はなかった。通常、たんぱく質減少は高齢者の筋合成を阻害するが[2]、MCT 群では筋肉量と AMA が増加したため、改善は食事内容の変化によるものではなく、MCT の基質、ホルモン、転写効果を反映していると考えられる。

臨床的意義

下肢筋力 (+1.0～+1.9 kg) と下肢持久力 (+23～+33 秒) の改善は、立ち上がりや歩行に不可欠であり、転倒リスク低減に寄与する[11,12]。歩行速度の群間差が小さいのは、介入期間の短さとサンプルサイズの制限を反映している可能性がある。歩行に関連する筋肉の代謝質改善（糖代謝抑制と筋密度増加）[22]や中枢ネットワーク再構築[18]のエビデンスは、ADL や転倒に対する長期的利益の可能性を支持する。さらに、高齢者の集団における脂質代謝の改善がサルコペニア進行の抑制と関連することが示唆されており、MCT 補給の長期的有用性を裏付ける[26]。他集団では、栄養や運動介入の併用による機能改善が報告されている[3,40]。

C8 と C10 の鎖長特異性

握力は C8 で最も改善し、下肢筋力と下肢持久力は C8 および C10 で改善した。急性ケトーシスは C8 で最大であり[26,27]、窒素節約とエネルギー効率を介して握力に寄与する可能性がある。一方、C10 は PPAR α/δ 調節と酸化型表現型の転写制御を介して、下肢持久力と筋面積に広範な効果を及ぼす可能性がある[34–37]。歩行に関する筋力での糖代謝抑制を示す PET/CT エビデンス[22]は、鎖長依存的な脂質酸化シフトの臨床的表現を示す可能性がある。

強みと限界

本研究の強みとしては、無作為化二重盲検並行群間介入比較試験であり、要介護状態の高齢者に対し、身体組成 (AMA、TSF)、筋力、下肢持久力、認知機能にわたる一貫した改善が認められた。

本研究の限界としては、介入期間が 1.5 か月と短く、サンプルサイズが小さかった。たんぱく質摂取の軽度減少は効果を過小評価した可能性がある。今後は、長期追跡とメカニズムバイオマーカー（ケトン体、アシルグレリン、PPAR ターゲット、交感神経マーカー）の同時評価、さらに筋代謝質評価の FDG-PET/CT[22]、脳ネットワーク解析[18]、系統的認知評価[17]を組み込む必要がある。

5.結論

要介護状態の高齢者において、C8 および C10 を含む MCT を 1.5 か月間摂取した結果、体脂肪量が減少し、筋肉量と AMA が増加、さらに下肢筋力と下肢持久力が改善した。握力は C8 で最も改善し、また MN スケールでは C10 で改善が認められ、鎖長特異性が示唆され

た。RCT、統合解析、メカニズム研究から得られた蓄積されたエビデンスに基づき、MCT はサルコペニアや認知機能の軽減のための有望な栄養戦略である。最適な研究計画を確立し、末梢と中枢の統合メカニズムを解明するため、長期・大規模試験が求められる。

図と表

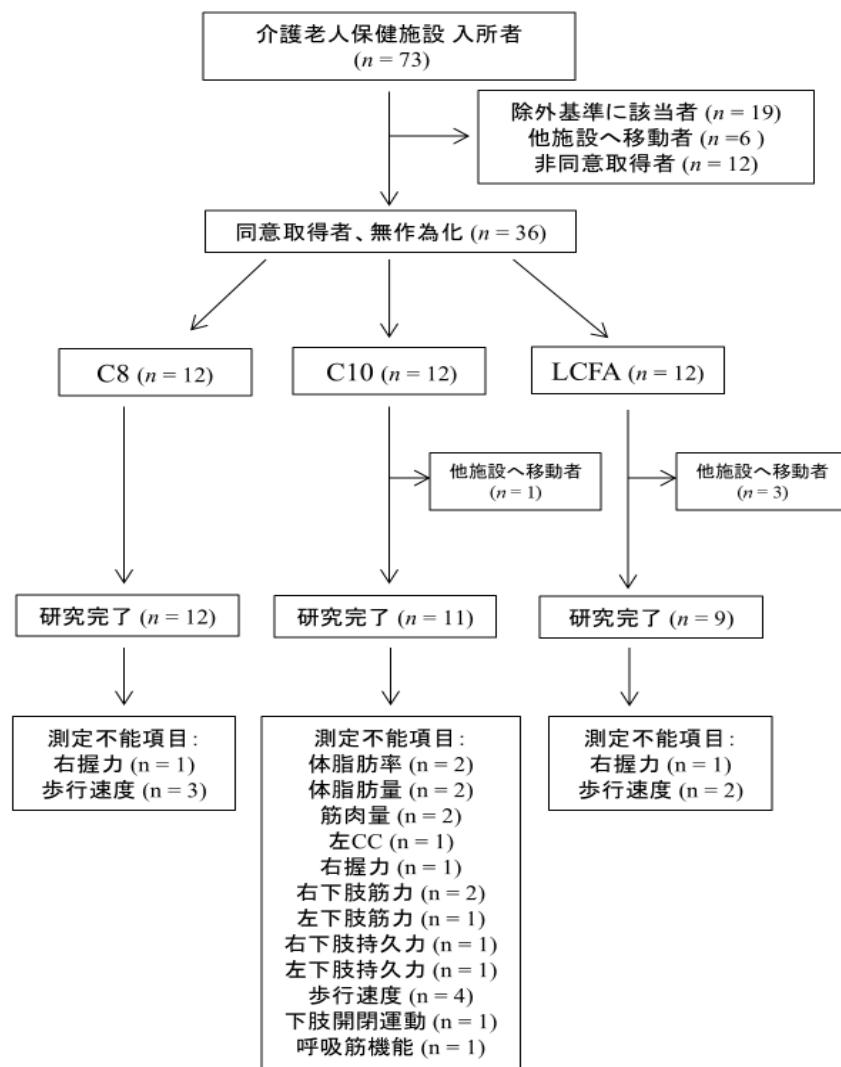


図 1、研究プロファイル

C8 群、C10 群、LCFA 群の 3 群に群分けされ、全参加者 (n = 36) が含まれた。プロトコル適合解析には、研究を完了した全参加者 (n = 32) が含まれた。CC : 下肢周囲長、C8 : 主にオクタン酸を含む MCT 6 g、C10 : 主にデカン酸を含む MCT 6 g、LCFA : 長鎖脂肪酸 6 g。

表 1、MCT(オクタン酸、デカン酸)とLCTの脂肪酸組成

脂肪酸	オクタン酸	デカン酸	長鎖脂肪酸
	% (wt/wt)	% (wt/wt)	% (wt/wt)
6:0	1.0	0	0
8:0	97.8	0.4	0
10:0	0.9	96.1	0
12:0	0.2	0	0
14:0	0	3.0	0
16:0	0	0	4.1
16:1	0	0	0.2
18:0	0	0.5	1.8
18:1 n-9	0	0	63.8
18:2 n-6	0	0	18.6
18:3 n-3	0	0	8.9
20:0	0	0	0.6
20:1 n-9	0	0	1.2
22:0	0	0	0.3
22:1	0	0	0.9
24:0	0	0	0.2
Others	0.1	0	0.2
Total	100	100	100

LCT：長鎖トリグリセリド、MCT：中鎖トリグリセリド

表 2、C8、C10 および LCFA 群（MCT サプリメントを除く）におけるベースライン時および 1.5 か月間の介入期間中の習慣的エネルギーおよび多量栄養素摂取量とその変化¹

測定項目	群	人数	ベースライン	1.5 か月後	調整前の変化 ²	調整後の変化 ³	調整後の変化 ⁴
						(モデル 1)	(モデル 2)
エネルギー, kcal/d	C8	12	1538 ± 53	1545 ± 61	7 ± 42	18 (-19, 55)	1 (-33, 36)
	C10	11	1487 ± 188	1450 ± 236	-37 ± 78	4 (-28, 37)	-31 (-67, 5)
	LCFA	9	1532 ± 67	1552 ± 45	20 ± 33	-33 (-67, 1)	20 (-20, 60)
P 値 ⁵					0.15	0.12	0.16
kJ/d	C8	12	6432 ± 222	6468 ± 256	36 ± 176	82 (-75, 238)	13 (-133, 158)
	C10	11	6218 ± 787	6071 ± 990	-148 ± 329	25 (-110, 161)	-123 (-272, 27)
	LCFA	9	6406 ± 280	6495 ± 187	89 ± 139	-131 (-274, 12)	89 (-79, 256)
P 値					0.16	0.12	0.16
たんぱく質, en%	C8	12	14.0 ± 2.2	12.3 ± 1.5	-1.7 ± 0.9	-2.0 (-2.3, -1.6)	-1.8 (-2.1, -1.4)
	C10	11	14.2 ± 1.7	12.6 ± 1.5	-1.6 ± 0.4	-1.8 (-2.1, -1.5)	-1.6 (-2.0, -1.3)
	LCFA	9	15.1 ± 0.9	12.9 ± 0.8	-2.2 ± 0.8	-1.6 (-2.0, -1.3)	-2.0 (-2.4, -1.6)
P 値					0.17	0.39	0.31
g/d	C8	12	53.8 ± 8.5	47.6 ± 6.7	-6.2 ± 2.3	-7.1 (-9.0, -5.2)	-6.2 (-7.9, -4.5)
	C10	11	52.5 ± 8.6	45.5 ± 9.0	-7.0 ± 2.9	-6.2 (-7.9, -4.6)	-7.2 (-9.0, -5.5)
	LCFA	9	57.6 ± 2.8	50.0 ± 3.4	-7.6 ± 3.4	-7.2 (-8.9, -5.5)	-7.1 (-9.2, -5.1)

樣式 5

				0.54	0.64	0.66
	P 值					
g/(kg BW·d)	C8	12	1.30 ± 0.27	1.13 ± 0.22	-0.17 ± 0.08	-0.18 (-0.22, -0.13)
	C10	11	1.20 ± 0.30	1.03 ± 0.30	-0.17 ± 0.06	-0.16 (-0.20, -0.12)
	LCFA	9	1.21 ± 0.20	1.04 ± 0.17	-0.17 ± 0.09	-0.17 (-0.21, -0.13)
	P 值			0.99	0.89	0.83
炭水化物, en%	C8	12	59.6 ± 9.4	59.7 ± 8.6	0.1 ± 1.6	-0.1 (-2.1, 1.8)
	C10	11	60.3 ± 7.1	62.9 ± 8.5	2.6 ± 4.1	0.0 (-1.6, 1.7)
	LCFA	9	64.1 ± 3.7	63.8 ± 3.2	-0.3 ± 1.6	2.5 (0.8, 4.2)
	P 值			0.16	0.16	0.16
g/d	C8	12	229 ± 36	231 ± 37	2 ± 0	2 (2, 2)
	C10	11	224 ± 37	226 ± 37	2 ± 0	2 (2, 2)
	LCFA	9	245 ± 12	248 ± 12	2 ± 0	2 (2, 2)
	P 值			0.34	0.89	0.88
脂質, en%	C8	12	22.9 ± 3.6	23.5 ± 3.4	1.3 ± 0.2	0.5 (-0.3, 1.3)
	C10	11	23.1 ± 2.7	24.7 ± 3.3	1.2 ± 0.2	0.6 (-0.1, 1.2)
	LCFA	9	24.6 ± 1.4	25.1 ± 1.2	1.4 ± 0.1	1.5 (0.9, 2.2)
	P 值			0.16	0.16	0.16

様式 5

g/d	C8	12	39.1 ± 6.2	40.4 ± 6.4	1.3 ± 0.2	1.3 (1.3, 1.3)	1.3 (1.3, 1.3)
	C10	11	38.1 ± 6.3	39.4 ± 6.5	1.2 ± 0.2	1.3 (1.3, 1.3)	1.3 (1.3, 1.3)
	LCFA	9	41.9 ± 2.1	43.2 ± 2.1	1.4 ± 0.1	1.3 (1.3, 1.3)	1.3 (1.3, 1.3)
	<i>P</i> 値				0.22	0.54	0.67
オクタン酸, mg/d	C8	12	99 ± 16	85 ± 13	-15 ± 2	-15 (-15, -15)	-15 (-15, -15)
	C10	11	97 ± 16	83 ± 14	-14 ± 2	-15 (-15, -15)	-15 (-15, -15)
	LCFA	9	106 ± 5	91 ± 5	-16 ± 1	-15 (-15, -15)	-15 (-15, -15)
	<i>P</i> 値				0.27	0.61	0.60
デカン酸, mg/d	C8	12	212 ± 33	189 ± 30	-24 ± 4	-24 (-24, -24)	-24 (-24, -24)
	C10	11	207 ± 34	184 ± 30	-23 ± 4	-24 (-24, -24)	-24 (-24, -24)
	LCFA	9	227 ± 11	202 ± 10	-25 ± 1	-24 (-24, -24)	-24 (-24, -24)
	<i>P</i> 値				0.32	0.65	0.58

¹ 値は平均値 \pm SD または調整平均値 (95%CI)。

² P 値は、1 因子 ANCOVA で評価した 3 群間の変数の変化の差を表し、³ ベースライン値ごとに調整し（モデル 1）、⁴ 年齢、性別、BMI で追加調整し（モデル 2）、⁵ エネルギー, kcal/d (非調整変化)、エネルギー, kJ/d (非調整変化)、炭水化物, en% (非調整変化、モデル 1-2)、炭水化物, g/d (非調整変化)、脂肪、en% (非調整変化)、脂肪, g/d (非調整変化、モデル 1-2)、オクタン酸, mg/d (非調整変化)、デカン酸, mg/d (非調整変化) を Kruskal-Wallis 検定で検討した； その他は 1 因子 ANCOVA による。

表 3、C8、C10 および LCFA 群におけるベースライン時および介入 1.5 か月後の身体測定値とベースライン時からの変化¹

測定項目	群	人数	ベースライン	1.5 か月後	調整前の変化 ²	調整後の変化 ³ (モデル 1)	調整後の変化 ⁴ (モデル 2)
体重, kg	C8	12	42.2 ± 8.4	43.0 ± 9.1	0.9 ± 1.8	1.0 (0.1, 1.8)	0.7 (-0.1, 1.5)
	C10	11	44.9 ± 6.9	45.4 ± 7.5	0.5 ± 1.1	0.5 (-0.4, 1.3)	0.7 (-0.1, 1.4)
	LCFA	9	48.7 ± 8.2	49.2 ± 8.4	0.5 ± 1.2	0.3 (-0.7, 1.3)	0.4 (-0.4, 1.3)
<i>P</i> 値 ⁵					0.78	0.54	0.89
BMI, kg/m ²	C8	12	18.7 ± 3.1	19.1 ± 3.1	0.3 ± 0.8	0.3 (0.0, 0.7)	0.3 (0.0, 0.7)
	C10	11	19.9 ± 2.5	20.1 ± 2.7	0.2 ± 0.5	0.2 (-0.2, 0.6)	0.3 (-0.1, 0.6)
	LCFA	9	20.9 ± 2.3	21.1 ± 2.2	0.2 ± 0.5	0.2 (-0.2, 0.6)	0.2 (-0.2, 0.6)
<i>P</i> 値					0.79	0.85	0.84
体脂肪率, %	C8	12	27.7 ± 10.5	26.5 ± 10.0*	-1.2 ± 2.0 ^a	-1.5 (-2.8, -0.3) ^a	-1.5 (-2.9, -0.1) ^a
	C10	9	33.1 ± 7.4	31.5 ± 6.3	-1.6 ± 2.2 ^a	-1.2 (-2.6, 0.3) ^a	-1.1 (-2.7, 0.4) ^a
	LCFA	9	29.2 ± 8.9	31.2 ± 6.7	2.0 ± 3.1 ^b	2.0 (0.5, 3.4) ^b	1.9 (0.3, 3.5) ^b
<i>P</i> 値					0.005	0.002	0.008
体脂肪量, kg	C8	12	11.6 ± 4.8	11.2 ± 4.5	-0.4 ± 0.9 ^a	-0.6 (-1.3, 0.0) ^a	-0.6 (-1.2, 0.1) ^a

様式 5

C10	9	15.2 ± 3.7	14.5 ± 3.3	-0.6 ± 0.8^a	$-0.4 (-1.1, 0.4)^a$	$-0.3 (-1.1, 0.4)^a$
LCFA	9	14.1 ± 5.1	15.2 ± 4.1	1.1 ± 1.9^b	$1.2 (0.5, 2.0)^b$	$1.1 (0.3, 1.9)^b$
<i>P</i> 値				0.016	0.002	0.008
筋肉量, kg						
C8	12	16.5 ± 4.3	$17.2 \pm 4.7^*$	0.7 ± 0.8^a	$0.7 (0.2, 1.1)^a$	$0.7 (0.2, 1.2)^a$
C10	9	16.7 ± 2.3	$17.3 \pm 2.6^*$	0.6 ± 0.7^a	$0.6 (0.0, 1.1)^a$	$0.5 (0.0, 1.1)^{ab}$
LCFA	9	18.8 ± 4.2	18.3 ± 3.9	-0.5 ± 0.8^b	$-0.5 (-1.0, 0.1)^b$	$-0.4 (-1.0, 0.2)^b$
<i>P</i> 値				0.006	0.008	0.027
右 AC, cm						
C8	12	22.5 ± 3.1	22.9 ± 3.2	0.4 ± 0.6	$0.4 (0.0, 0.7)$	$0.4 (0.0, 0.8)$
C10	11	22.4 ± 3.1	$22.9 \pm 3.6^*$	0.5 ± 0.7	$0.5 (0.2, 0.9)$	$0.5 (0.1, 0.9)$
LCFA	9	23.3 ± 3.4	23.4 ± 3.3	0.1 ± 0.3	$0.1 (-0.3, 0.5)$	$0.1 (-0.4, 0.5)$
<i>P</i> 値				0.35	0.30	0.31
左 AC, cm						
C8	12	21.8 ± 2.5	$22.7 \pm 2.9^*$	0.9 ± 0.8	$0.9 (0.4, 1.4)$	$0.9 (0.4, 1.4)$
C10	11	22.6 ± 3.5	$23.2 \pm 3.7^*$	0.6 ± 0.9	$0.6 (0.1, 1.1)$	$0.6 (0.1, 1.1)$
LCFA	9	23.5 ± 3.8	23.7 ± 3.6	0.2 ± 0.6	$0.2 (-0.4, 0.7)$	$0.1 (-0.4, 0.7)$
<i>P</i> 値				0.16	0.17	0.14

様式 5

右 TSF, mm	C8	12	10.2 ± 6.2	8.9 ± 4.5	$-1.3 \pm 2.5^{\text{a}}$	$-1.3 (-2.2, -0.4)^{\text{a}}$	$-1.2 (-2.2, -0.2)^{\text{ab}}$
	C10	11	10.6 ± 4.8	$8.7 \pm 4.4^{**}$	$-1.9 \pm 1.4^{\text{a}}$	$-1.9 (-2.8, -0.9)^{\text{a}}$	$-1.9 (-2.9, -0.9)^{\text{a}}$
	LCFA	9	10.6 ± 6.3	11.1 ± 6.5	$0.6 \pm 0.9^{\text{b}}$	$0.6 (-0.5, 1.6)^{\text{b}}$	$0.5 (-0.7, 1.7)^{\text{b}}$
	<i>P</i> 値				0.005	0.005	0.014
左 TSF, mm	C8	12	9.9 ± 4.1	8.7 ± 3.7	$-1.3 \pm 2.7^{\text{ab}}$	$-1.3 (-2.7, 0.1)^{\text{ab}}$	$-1.4 (-2.9, 0.1)^{\text{ab}}$
	C10	11	10.8 ± 5.1	$8.8 \pm 4.6^*$	$-2.0 \pm 1.9^{\text{a}}$	$-2.0 (-3.4, -0.5)^{\text{a}}$	$-1.9 (-3.4, -0.4)^{\text{a}}$
	LCFA	9	10.0 ± 6.4	11.0 ± 7.5	$1.0 \pm 2.2^{\text{b}}$	$1.0 (-0.6, 2.6)^{\text{b}}$	$1.1 (-0.7, 2.8)^{\text{b}}$
	<i>P</i> 値				0.023	0.026	0.041
計算した右	C8	12	29.4 ± 5.9	$31.9 \pm 7.0^{**}$	$2.5 \pm 2.4^{\text{a}}$	$2.5 (1.3, 3.8)^{\text{a}}$	$2.8 (1.5, 4.1)^{\text{a}}$
AMA, cm ²	C10	11	28.8 ± 6.9	$32.4 \pm 9.0^{**}$	$3.7 \pm 2.7^{\text{a}}$	$3.8 (2.5, 5.1)^{\text{a}}$	$3.7 (2.4, 5.0)^{\text{a}}$
	LCFA	9	31.5 ± 6.1	31.4 ± 5.4	$-0.2 \pm 1.0^{\text{b}}$	$-0.4 (-1.9, 1.1)^{\text{b}}$	$-0.6 (-2.1, 0.9)^{\text{b}}$
	<i>P</i> 値				<0.001	<0.001	<0.001
計算した左	C8	12	27.8 ± 5.8	$31.8 \pm 7.9^{**}$	$4.0 \pm 3.4^{\text{a}}$	$4.1 (2.2, 6.0)^{\text{a}}$	$4.2 (2.3, 6.2)^{\text{a}}$
AMA, cm ²	C10	11	29.6 ± 8.5	$33.5 \pm 9.4^*$	$3.9 \pm 3.5^{\text{a}}$	$3.9 (1.9, 5.9)^{\text{a}}$	$3.9 (1.9, 5.8)^{\text{a}}$
	LCFA	9	33.0 ± 6.7	32.5 ± 5.8	$-0.5 \pm 2.2^{\text{b}}$	$-0.6 (-2.9, 1.7)^{\text{b}}$	$-0.7 (-3.0, 1.5)^{\text{b}}$
	<i>P</i> 値				0.005	0.006	0.005

様式 5

右 CC, cm	C8	12	27.5 ± 2.7	27.8 ± 2.9	0.3 ± 1.0	0.2 (-0.4, 0.8)	0.2 (-0.4, 0.9)
	C10	11	28.6 ± 3.7	29.0 ± 3.8	0.3 ± 0.9	0.3 (-0.3, 0.9)	0.3 (-0.3, 1.0)
	LCFA	9	31.2 ± 3.1	30.8 ± 2.6	-0.4 ± 1.0	-0.3 (-1.0, 0.4)	-0.3 (-1.0, 0.4)
	<i>P</i> 値				0.15	0.36	0.38
左 CC, cm	C8	12	27.9 ± 2.7	27.9 ± 2.6	0.0 ± 0.7	0.0 (-0.4, 0.4)	-0.1 (-0.5, 0.4)
	C10	10	29.7 ± 2.8	29.9 ± 2.9	0.2 ± 0.8	0.2 (-0.3, 0.6)	0.2 (-0.2, 0.7)
	LCFA	9	30.9 ± 3.5	30.8 ± 3.5	0.0 ± 0.5	0.0 (-0.5, 0.5)	0.0 (-0.5, 0.5)
	<i>P</i> 値				0.81	0.82	0.61

¹値は平均値 \pm SD または調整平均値 (95%CI)。共通の上付き文字がない列の変化の平均値は異なる、P, 0.05. *ポンフェローニ補正検定によるベースラインとの差、*P, 0.05、**P, 0.01、***P, 0.001。Wilcoxon 符号順位検定によるベースラインとの差、*P < 0.05、**P < 0.01、***P < 0.001。

²P 値は、1 因子 ANCOVA で評価した 3 群間の変数の変化の差を表し、³ベースライン値ごとに調整し（モデル 1）、⁴年齢、性別、BMI で追加調整し（モデル 2）、⁵右 TSF（非調整変化）、計算右 AMA（非調整変化）に対する影響のみを Kruskal-Wallis 検定で検討し、その他は 1 因子 ANCOVA で検討した。

AC：上腕周囲長、AMA：上腕筋面積、BMI：体格指数、CC：下腿周囲長、TSF：上腕三頭筋皮下脂肪厚

表 4、C8 群、C10 群、LCFA 群におけるベースライン時および介入 1.5 か月後の筋力と筋肉機能、摂食嚥下機能のベースラインからの変化¹

測定項目	群	人数	ベースライン	1.5 か月後	調整前の変化 ²	調整後の変化 ³	調整後の変化 ⁴
						(モデル 1)	(モデル 2)
右握力, kg	C8	11	8.3 ± 3.2	12.0 ± 2.9**	3.6 ± 2.7 ^a	3.6 (2.2, 5.0) ^a	3.6 (2.1, 5.0) ^a
	C10	10	9.1 ± 4.0	10.0 ± 4.3	0.9 ± 1.6 ^b	0.9 (-0.6, 2.3) ^b	0.9 (-0.5, 2.4) ^{ab}
	LCFA	8	11.6 ± 5.4	11.4 ± 6.4	-0.2 ± 2.1 ^b	-0.2 (-1.8, 1.5) ^b	-0.2 (-1.9, 1.6) ^b
<i>P</i> 値 ⁵					0.002	0.004	0.008
左握力, kg	C8	12	8.4 ± 4.0	10.2 ± 3.5*	1.7 ± 2.5	1.3 (-0.4, 3.1)	1.3 (-0.6, 3.2)
	C10	11	9.0 ± 4.8	10.0 ± 4.5	1.0 ± 3.9	0.8 (-1.0, 2.6)	0.8 (-1.1, 2.7)
	LCFA	9	12.5 ± 5.9	12.3 ± 5.7	-0.3 ± 3.0	0.5 (-1.6, 2.6)	0.5 (-1.7, 2.8)
<i>P</i> 値					0.38	0.81	0.87
右下肢筋力, kg	C8	12	7.7 ± 3.7	9.7 ± 4.1*	1.9 ± 2.5 ^a	1.8 (0.6, 3.0) ^a	1.9 (0.8, 3.1) ^a
	C10	9	9.9 ± 4.1	11.0 ± 4.8*	1.2 ± 1.4 ^a	1.2 (-0.1, 2.6) ^a	1.0 (-0.2, 2.3) ^a
	LCFA	9	11.4 ± 3.7	9.5 ± 2.9**	-1.9 ± 1.6 ^b	-1.7 (-3.1, -0.3) ^b	-1.8 (-3.1, -0.5) ^b
<i>P</i> 値					<0.001	<0.001	<0.001

様式 5

左下肢筋力, kg	C8	12	7.5 ± 2.9	8.3 ± 2.3	0.8 ± 1.8^a	0.5 (-0.4, 1.4) ^a	0.6 (-0.3, 1.5) ^a
	C10	10	10.1 ± 6.7	$10.4 \pm 6.8^*$	0.4 ± 0.3^a	0.4 (-0.5, 1.4) ^a	0.4 (-0.5, 1.3) ^a
	LCFA	9	12.3 ± 5.3	$10.4 \pm 4.3^*$	-1.9 ± 2.0^b	-1.6 (-2.6, -0.5) ^b	-1.6 (-2.7, -0.6) ^b
	<i>P</i> 値				<0.001	0.009	0.006
右下肢持久力 ,秒	C8	12	39 ± 47	$58 \pm 52^{**}$	19 ± 25	18 (-3, 39)	23 (1, 44)
	C10	10	50 ± 47	$85 \pm 57^*$	34 ± 40	35 (12, 58)	32 (10, 55)
	LCFA	9	56 ± 45	54 ± 50	-2 ± 41	-1 (-26, 23)	-5 (-30, 20)
	<i>P</i> 値 ⁵				0.10	0.11	0.08
左下肢持久力 ,秒	C8	12	37 ± 44	$68 \pm 54^{**}$	31 ± 32^a	30 (11, 49) ^a	33 (13, 52) ^a
	C10	10	52 ± 47	76 ± 55	24 ± 32^a	24 (4, 45) ^a	23 (3, 43) ^a
	LCFA	9	69 ± 43	51 ± 44	-18 ± 28^b	-16 (-38, 6) ^b	-18 (-41, 4) ^b
	<i>P</i> 値				0.003	0.007	0.003
歩行速度 ,m/s	C8	9	0.444 ± 0.345	0.403 ± 0.382	-0.041 ± 0.199	0.043 (-0.157, 0.071)	-0.09 (-0.21, 0.03)
	C10	7	0.421 ± 0.159	0.480 ± 0.237	0.059 ± 0.143	0.056 (-0.075, 0.186)	0.07 (-0.05, 0.20)
	LCFA	7	0.568 ± 0.253	0.491 ± 0.235	-0.077 ± 0.108	-0.071 (-0.203, 0.060)	0.03 (-0.16, 0.11)
	<i>P</i> 値				0.28	0.34	0.16

様式 5

下肢開閉運動 , 回/10 秒	C8 C10 LCFA	12 10 9	2.79 ± 2.97 2.10 ± 2.74 3.44 ± 3.76	3.17 ± 3.07 $3.35 \pm 3.58^*$ 3.00 ± 2.99	0.38 ± 0.68 1.25 ± 1.60 -0.44 ± 2.87	0.38 (-0.69, 1.45) 1.15 (0.03, 2.33) -0.34 (-1.59, 0.90)	0.26 (-0.67, 1.20) 1.17 (0.16, 2.17) -0.20(-1.27, 0.87)
	<i>P</i> 値				0.15	0.22	0.16
呼吸筋機能 , L/min	C8 C10 LCFA	12 10 9	99 ± 51 116 ± 65 107 ± 66	$134 \pm 61^*$ 148 ± 77 103 ± 52	35 ± 61 32 ± 57 -4 ± 25	33 (4, 63) 34 (2, 67) -4 (-38, 30)	31 (1, 61) 38 (5, 70) -5 (-40, 30)
	<i>P</i> 値				0.20	0.18	0.16
RSST, 回/30 秒	C8 C10 LCFA	12 10 9	1.0 ± 1.2 2.0 ± 1.6 1.8 ± 2.0	1.8 ± 1.4 2.5 ± 1.8 1.7 ± 1.2	0.8 ± 0.9 0.5 ± 0.5 -0.1 ± 0.9	0.6 (0.2, 1.1) 0.5 (0.1, 1.0) -0.1 (-0.6, 0.4)	0.6 (0.1, 1.1) 0.5 (0.1, 1.0) -0.0 (-0.6, 0.5)
	<i>P</i> 値				0.06	0.09	0.19

¹値は平均値 \pm SD または調整平均値 (95%CI)。共通の上付き文字がない列の変化の平均値は異なる、P, 0.05. *ボンフェローニ補正検定によるベースラインとの差、*P, 0.05、**P, 0.01、***P, 0.001。Wilcoxon 符号順位検定によるベースラインとの差、*P < 0.05、**P < 0.01、***P < 0.001。

²P 値は、1 因子 ANCOVA で評価した 3 群間の変数の変化の差を表し、³ベースライン値ごとに調整し（モデル 1）、⁴年齢、性別、BMI で追加調整し（モデル 2）、⁵右下肢筋力（非調整変化量、調整変化量（モデル 1-2））、左下肢筋力（非調整変化量）、左下肢持久力（秒）（調整変化量（モデル 2））に対する影響のみを Kruskal-Wallis 検定で検討し、その他は 1 因子 ANCOVA で検討した。

RSST：唾液反復嚥下テスト

表 5、C8 群、C10 群、LCFA 群におけるベースライン時および介入 1.5 か月後の認知機能およびベースラインからの変化¹

測定項目	群	人数	ベースライン	1.5 か月後	調整前の変化 ²	調整後の変化 ³	調整後の変化 ⁴
						(モデル 1)	(モデル 2)
MMSE, 点	C8	12	12.0 ± 7.9	15.6 ± 8.4	3.5 ± 2.7	3.5 (1.6, 5.5)	3.5 (1.4, 5.6)
	C10	11	8.6 ± 6.8	12.0 ± 8.4	3.4 ± 2.9	3.6 (1.4, 5.7)	3.6 (1.4, 5.9)
	LCFA	9	17.4 ± 7.2	17.0 ± 8.2	-0.4 ± 4.1	-0.7 (-3.1, 1.7)	-0.8 (-3.4, 1.8)
<i>P</i> 値					0.018	0.02	0.033
MN スケール , 点	C8	12	1.3 ± 1.5	2.0 ± 2.1	0.7 ± 1.3 ^{ab}	0.0 (-1.3, 1.4) ^{ab}	-0.3 (-1.7, 1.0) ^{ab}
	C10	11	0.7 ± 1.2	1.4 ± 1.8	0.6 ± 1.2 ^a	1.4 (0.1, 3.0) ^a	1.7 (0.3, 3.1) ^a
	LCFA	9	2.0 ± 1.8	1.6 ± 1.5	-0.4 ± 1.1 ^b	-2.1 (-3.7, -0.5) ^b	-1.8 (-3.4, -0.2) ^b
<i>P</i> 値					0.010	0.008	0.009

¹ 値は平均値 ± SD または調整平均値 (95%CI)。共通の上付き文字がない列の変化の平均値は異なる、*P* < 0.05. *ボンフェローニ補正検定によるベースラインとの差、**P* < 0.05、***P* < 0.01、****P* < 0.001。

²*P* 値は、1 因子 ANCOVA で評価した 3 群間の変数の変化の差を表し、³ ベースライン値ごとに調整し (モデル 1)、⁴ 年齢、性別、BMI で追加調整し (モデル 2)、1 因子 ANCOVA で検討した。

MMSE：ミニメンタルステート検査、NM スケール：N 式老年者用精神状態尺度

引用文献

1. Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr.* 1997;127(5 Suppl):990s–1s. doi: 10.1093/jn/127.5.990S.
2. Rogeri PS, Zanella R, Jr., Martins GL, Garcia MDA, Leite G, Lugaresi R, et al. Strategies to Prevent Sarcopenia in the Aging Process: Role of Protein Intake and Exercise. *Nutrients.* 2021;14(1). doi: 10.3390/nu14010052.
3. Abe S, Ezaki O, Suzuki M. Medium-Chain Triglycerides in Combination with Leucine and Vitamin D Increase Muscle Strength and Function in Frail Elderly Adults in a Randomized Controlled Trial. *J Nutr.* 2016;146(5):1017–26. doi: 10.3945/jn.115.228965.
4. Abe S, Ezaki O, Suzuki M. Medium-Chain Triglycerides in Combination with Leucine and Vitamin D Benefit Cognition in Frail Elderly Adults: A Randomized Controlled Trial. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 2017;63(2):133–40. doi: 10.3177/jnsv.63.133.
5. Abe S, Ezaki O, Suzuki M. Medium-chain triglycerides (8:0 and 10:0) are promising nutrients for sarcopenia: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2019;110(3):652–65. doi: 10.1093/ajcn/nqz138.
6. Abe S, Ezaki O, Suzuki M. Medium-Chain Triglycerides (8:0 and 10:0) Increase Mini-Mental State Examination (MMSE) Score in Frail Elderly Adults in a Randomized Controlled Trial. *J Nutr.* 2020;150(9):2383–90. doi: 10.1093/jn/nxaa186.
7. Abe S, Ezaki O, Suzuki M. Effects of Timing of Medium-Chain Triglycerides (8:0 and 10:0) Supplementation during the Day on Muscle Mass, Function and Cognition in Frail Elderly Adults. *J Frailty Aging.* 2022;11(1):100–8. doi: 10.14283/jfa.2021.33.
8. Pujol JB, Christinat N, Ratinaud Y, Savoia C, Mitchell SE, Dioum EHM. Coordination of GPR40 and Ketogenesis Signaling by Medium Chain Fatty Acids Regulates Beta Cell Function. *Nutrients.* 2018;10(4). doi: 10.3390/nu10040473.
9. Gurney JM, Jelliffe DB. Arm anthropometry in nutritional assessment: nomogram for rapid calculation of muscle circumference and cross-sectional muscle and fat areas. *Am J Clin Nutr.* 1973;26(9):912–5. doi: 10.1093/ajcn/26.9.912.
10. Chumlea WC, Guo SS, Vellas B, Guigoz Y. Techniques of assessing muscle mass and function (sarcopenia) for epidemiological studies of the elderly. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1995;50 Spec No:45–51. doi: 10.1093/gerona/50a.special_issue.45.
11. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ, Lindeman RD. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol.* 1998;147(8):755–63. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a009520.
12. Kobayashi K, Hiiragi Y, Maruyama H. Development of the “10-second Open-Close

- Stepping Test” (OCS-10) and Fundamental Study of Its Measurement Values through a Comparison of Healthy Young People and Community-Dwelling Elderly. *Journal of Physical Therapy Science*. 2012;24(8):747–9. doi: 10.1589/jpts.24.747.
13. Quanjer PH, Lebowitz MD, Gregg I, Miller MR, Pedersen OF. Peak expiratory flow: conclusions and recommendations of a Working Party of the European Respiratory Society. *Eur Respir J Suppl*. 1997;24:2s–8s.
14. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, Schenker MB, Hyatt RE. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. *Cardiovascular Health Study Research Group*. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149(2 Pt 1):430–8. doi: 10.1164/ajrccm.149.2.8306041.
15. Ezaki O, Abe S. Medium-chain triglycerides (8:0 and 10:0) increase muscle mass and function in frail older adults: a combined data analysis of clinical trials. *Front Nutr*. 2023;10:1284497. doi: 10.3389/fnut.2023.1284497.
16. Ezaki O. Possible Extracellular Signals to Ameliorate Sarcopenia in Response to Medium-Chain Triglycerides (8:0 and 10:0) in Frail Older Adults. *Nutrients*. 2024;16(16). doi: 10.3390/nu16162606.
17. Giannos P, Prokopidis K, Lidoriki I, Triantafyllidis KK, Kechagias KS, Celoch K, Candow DG, Ostojic SM, Forbes SC. Medium-chain triglycerides may improve memory in non-demented older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *BMC Geriatr*. 2022;22(1):817. doi: 10.1186/s12877-022-03521-6.
18. Mutoh T, Kunitoki K, Tatewaki Y, Yamamoto S, Thyreau B, Matsudaira I, Kawashima R, Taki Y. Impact of medium-chain triglycerides on gait performance and brain metabolic network in healthy older adults: a double-blind, randomized controlled study. *Geroscience*. 2022;44(3):1325–38. doi: 10.1007/s11357-022-00553-z.
19. Nosaka N, Tsujino S, Kato K. Short-Term Ingestion of Medium-Chain Triglycerides Could Enhance Postprandial Consumption of Ingested Fat in Individuals with a Body Mass Index from 25 to Less than 30: A Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blind Crossover Study. *Nutrients*. 2022;14(5). doi: 10.3390/nu14051119.
20. Hill JO, Peters JC, Yang D, Sharp T, Kaler M, Abumrad NN, Greene HL. Thermogenesis in humans during overfeeding with medium-chain triglycerides. *Metabolism*. 1989;38(7):641–8. doi: 10.1016/0026-0495(89)90101-7.
21. St-Onge MP, Jones PJ. Greater rise in fat oxidation with medium-chain triglyceride consumption relative to long-chain triglyceride is associated with lower initial body weight and greater loss of subcutaneous adipose tissue. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003;27(12):1565–71. doi: 10.1038/sj.ijo.0802467.
22. Mutoh T, Kataoka H, Tatewaki Y, Taki Y. Medium-Chain Triglyceride Dietary Supplements

- Reduce Glucose Metabolism of Gait-Related Skeletal Muscle in Older Adults: A Longitudinal (18)F-FDG PET/CT Analysis. *Nutrients.* 2025;17(10). doi: 10.3390/nu17101707.
23. Liu YH, Zhang Y, Xu Q, Yu XM, Zhang XS, Wang J, Xue C, Yang XY, Zhang RX, Xue CY. Increased norepinephrine by medium-chain triglyceride attributable to lipolysis in white and brown adipose tissue of C57BL/6J mice. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2012;76(6):1213–8. doi: 10.1271/bbb.120079.
24. Zhang Y, Xu Q, Liu YH, Zhang XS, Wang J, Yu XM, Zhang RX, Xue C, Yang XY, Xue CY. Medium-Chain Triglyceride Activated Brown Adipose Tissue and Induced Reduction of Fat Mass in C57BL/6J Mice Fed High-fat Diet. *Biomed Environ Sci.* 2015;28(2):97–104. doi: 10.3967/bes2015.012.
25. Yokota Y, Fukazawa A, Nonaka Y, Karasawa T, Kimura M, Terada S. Effects of Dietary Intake of Medium-chain Triacylglycerols on Energy Restriction-induced Weight Control and Loss of Skeletal Muscle in Rats. *J Oleo Sci.* 2023;72(9):849–58. doi: 10.5650/jos.ess23061.
26. Vandenberghe C, St-Pierre V, Pierotti T, Fortier M, Castellano CA, Cunnane SC. Tricaprylin Alone Increases Plasma Ketone Response More Than Coconut Oil or Other Medium-Chain Triglycerides: An Acute Crossover Study in Healthy Adults. *Curr Dev Nutr.* 2017;1(4):e000257. doi: 10.3945/cdn.116.000257.
27. St-Pierre V, Vandenberghe C, Lowry CM, Fortier M, Castellano CA, Wagner R, Cunnane SC. Plasma Ketone and Medium Chain Fatty Acid Response in Humans Consuming Different Medium Chain Triglycerides During a Metabolic Study Day. *Front Nutr.* 2019;6:46. doi: 10.3389/fnut.2019.00046.
28. Elamin M, Ruskin DN, Masino SA, Sacchetti P. Ketone-Based Metabolic Therapy: Is Increased NAD(+) a Primary Mechanism? *Front Mol Neurosci.* 2017;10:377. doi: 10.3389/fnmol.2017.00377.
29. Veech RL. Ketone ester effects on metabolism and transcription. *J Lipid Res.* 2014;55(10):2004–6. doi: 10.1194/jlr.R046292.
30. Sato K, Kashiwaya Y, Keon CA, Tsuchiya N, King MT, Radda GK, Chance B, Clarke K, Veech RL. Insulin, ketone bodies, and mitochondrial energy transduction. *Faseb j.* 1995;9(8):651–8. doi: 10.1096/fasebj.9.8.7768357.
31. Sonnay S, Chakrabarti A, Thevenet J, Wiederkehr A, Christinat N, Masoodi M. Differential Metabolism of Medium-Chain Fatty Acids in Differentiated Human-Induced Pluripotent Stem Cell-Derived Astrocytes. *Front Physiol.* 2019;10:657. doi: 10.3389/fphys.2019.00657.
32. Nishi Y, Hiejima H, Hosoda H, Kaiya H, Mori K, Fukue Y, Yanase T, Nawata H, Kangawa K, Kojima M. Ingested medium-chain fatty acids are directly utilized for the acyl modification of ghrelin. *Endocrinology.* 2005;146(5):2255–64. doi: 10.1210/en.2004-0695.

33. Koshinaka K, Toshinai K, Mohammad A, Noma K, Oshikawa M, Ueno H, Yamaguchi H, Nakazato M. Therapeutic potential of ghrelin treatment for unloading-induced muscle atrophy in mice. *Biochem Biophys Res Commun.* 2011;412(2):296–301. doi: 10.1016/j.bbrc.2011.07.086.
34. Forman BM, Chen J, Evans RM. Hypolipidemic drugs, polyunsaturated fatty acids, and eicosanoids are ligands for peroxisome proliferator-activated receptors alpha and delta. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1997;94(9):4312–7. doi: 10.1073/pnas.94.9.4312.
35. Malapaka RRV, Khoo S, Zhang J, Choi JH, Zhou XE, Xu Y, et al. Identification and mechanism of 10-carbon fatty acid as modulating ligand of peroxisome proliferator-activated receptors. *J Biol Chem.* 2012;287(1):183–95. doi: 10.1074/jbc.M111.294785.
36. Fukazawa A, Koike A, Karasawa T, Tsutsui M, Kondo S, Terada S. Effects of a Ketogenic Diet Containing Medium-Chain Triglycerides and Endurance Training on Metabolic Enzyme Adaptations in Rat Skeletal Muscle. *Nutrients.* 2020;12(5). doi: 10.3390/nu12051269.
37. Ishizawa R, Masuda K, Sakata S, Nakatani A. Effects of different fatty acid chain lengths on fatty acid oxidation-related protein expression levels in rat skeletal muscles. *J Oleo Sci.* 2015;64(4):415–21. doi: 10.5650/jos.ess14199.
38. Tsuchiya Y, Ueda H, Shimizu T, Yokoi K, Yanagimoto K, Ochi E. Eicosapentaenoic Acid and Medium-Chain Triacylglycerol Structured Lipid Supplementation Improves Muscular Endurance Exercise Performance and Reduces Muscle Fatigue in Young Healthy Male. *J Am Nutr Assoc.* 2025;44(3):190–7. doi: 10.1080/27697061.2024.2413363.
39. Fushiki T, Matsumoto K, Inoue K, Kawada T, Sugimoto E. Swimming endurance capacity of mice is increased by chronic consumption of medium-chain triglycerides. *J Nutr.* 1995;125(3):531–9. doi: 10.1093/jn/125.3.531.
40. Kojima K, Ishikawa H, Watanabe S, Nosaka N, Mutoh T. A Randomized, Double-Blind, Controlled Trial Assessing If Medium-Chain Triglycerides in Combination with Moderate-Intensity Exercise Increase Muscle Strength in Healthy Middle-Aged and Older Adults. *Nutrients.* 2023;15(14). doi: 10.3390/nu15143275.