

厚生科学研究費補助金

(21世紀型医療開拓推進研究事業)

生活習慣病予防のための日本人のタンパク質必要量
に関する基礎的研究

平成13年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 岸 恭一

(徳島大学医学部栄養学科)

研究課題番号：(H13-21世紀(生活)-5)

平成14年4月

生活習慣病予防のための日本人のタンパク質必要量に関する基礎的研究

研究課題番号：(H13-21世紀(生活)-5)

研究実施期間：平成13年4月1日～平成14年3月31日

目 次

1. はじめに	
主任研究者 岸 恭一 (徳島大学医学部栄養生理学講座)	1
2. 青年被験者におけるタンパク質必要量に関する研究	
主任研究者 岸 恭一	
2-1. 窒素出納値、血液生化学値および血清アミノ酸プロファイルを指標としたタンパク質必要量に関する研究	3
2-2. 免疫能を指標としたタンパク質必要量に関する研究	29
3. 高齢者のタンパク質必要量に関する研究	
分担研究者 山本 茂 (徳島大学医学部実践栄養学講座)	
3-1. タンパク質および他の栄養素摂取状況と栄養状態	35
3-2. タンパク質投与量と血清アルブミン値などから見た必要量	71
4. 成人のタンパク質必要量に及ぼすエネルギー制限と肥満度の影響	
分担研究者 池本慎二 (城西大学薬学部栄養生理学)	90
5. 成人のタンパク質必要量に及ぼす生活活動強度低下の影響	
分担研究者 藤田美明 (川崎医療福祉大学医療技術学部高齢者栄養学)	96

厚生科学研究費補助金 (21世紀型医療開拓推進研究事業) 研究報告書
生活習慣病予防のための日本人のタンパク質必要量に関する基礎的研究

研究課題番号：(H13-21世紀(生活)-5)

研究実施期間：平成13年4月1日～平成14年3月31日

1. はじめに……………主任研究者 岸 恭一 徳島大学医学部栄養学科教授

従来、タンパク質必要量は、日本のみならず世界的にも窒素出納法により算定されてきた。しかし出納法は正に傾きやすいという技術的問題を有しており、タンパク質必要量を過小に見積もりやすい。幅広いタンパク質摂取量の範囲において生体は窒素平衡を維持することができるので、窒素出納法により算定されたタンパク質必要量は最低必要量を表すに過ぎないと考えられる。栄養素欠乏症よりも、健康の維持増進、生活習慣病の予防が緊急の課題となっている現在においては、タンパク質代謝を動的に解析し、生体の機能を表す指標を取り入れた新しいタンパク質所要量を策定する必要があるため、今回の研究を行った。結果の概要は以下のとおりである。

1) タンパク質摂取レベルを0.3、0.6、0.8および1.0と変えたときの窒素出納、各種血液生化学成分値、生体の防御能あるいはアレルギーなどの免疫過敏反応、血清アミノ酸プロファイルからみた生体内アミノ酸の代謝動態などの関係

これらの項目は本研究の中心課題であるが、研究内容が大きいため初年度には結論を出すことはできない。結果を要約すると、以下ようになる。成人男子を被検者とした窒素出納の結果は、従来と同じで、タンパク質摂取量約0.7 g/kg体重あたりで出納が維持された。そこで免疫機能を指標としたタンパク質必要量の基礎的検討を行った。その結果、T細胞レセプターを介した刺激およびPMA/Ionocycin刺激に対し、タンパク質0.3 g/kg/dayを摂取させた群は1.0 g/kg/day摂取群に比べ高い応答が認められた。また、タンパク質摂取レベルが0.3-1.0 g/kg/dayの間レベルでは、末梢血のヘルパーT細胞、細胞障害性T細胞、B細胞およびNK細胞の割合に影響を与えなかった。タンパク質摂取レベルと免疫能に関する結論を導くためには、次年度以後のさらなる検討が必要である。ストレス、血清アミノ酸プロファイル、血液生化学検査の結果などは、まだ結論できるような結果は得られていない。

2) 高齢者のタンパク質必要量

特別養護老人ホーム入所の高齢者①84名について平均約3ヶ月間、毎日の栄養調査、月毎の血液生化学検査、体重、行動など、②11名について、基本食、あるいは基本食に1日10gあるいは20gのタンパク質を付加した食事実験を、それぞれの食事で1-2ヶ月間行い、全期間の食事調査と血清アルブミンや尿素の変化を観察、③高齢者35名に基本食、あるいは基本食にタンパク質およびビタミン、ミネラル、食物繊維の付加を各期間1-2ヶ月行い全期間の食事調査と血清アルブミン値ほかの生化学検査を行った。その結果、①タンパク質・エネルギー低栄養の低体重高齢者のタンパク質所要量は基準体重者の所要量(男65g、女55g)+5g程度が適当であること、②体重あたりでは所要量の1.13g/kgは低過ぎ1.4-1.8g/kg程度が適切であること、③エネルギーの摂取量がタンパク質栄養に影響すること、④ビタミン、ミネラル、食物繊維などの投与で血清アルブミン値が改善されること、などが示された。

3) エネルギー摂取レベルとタンパク質必要量

タンパク質代謝は、エネルギー代謝と密接に関係していることから、肥満者や「やせ」のように標準体重から大きく外れた者のタンパク質必要量を算定する際には、安静時代謝、体組成等を測定し、消費エネルギー量と摂取エネルギー量とのバランスを考慮する必要がある。そこで、本年度は、「やせ」を対象として、肥満度の分布、消費エネルギーレベルの検討を行った。BMI<18.5の者であっても、体脂肪は17-25%と個人差が大きく、安静時代謝量も絶対値で、645-1067kcal/dayとかなり異なっていた。それ故、体重kg当たりの安静時代謝量は15.7-24.8kcal/kg/dayとなり、かなりの幅があることが分かった。このことから、標準体重から外れた個人においては、エネルギー平衡維持レベルも大きく異なるものと考えられる。次年度以降、より詳細なエネルギー平衡維持レベルの検討と、そのエネルギー摂取レベルでのタンパク質必要量の検討を行う予定である。

4) 成人肢体不自由者のタンパク質必要量

身体障害者療護施設に入所している男性重度肢体不自由者(平均年齢46.8±10.7歳)について、そのタンパク質栄養状態、タンパク質代謝、および窒素平衡維持量を調べた。1日総エネルギー消費量に占める身体活動の割合は、約15%と著しい低値を示した。窒素平衡維持に必要な日常混合タンパク質量は、1.19g/kg BWと試算された。タンパク質の見かけの消化吸収率は、78-8%の低値を示した。

2. 青年被験者におけるタンパク質必要量に関する研究

2-1. 窒素出納値、血液生化学値および血清アミノ酸プロファイルを指標としたタンパク質必要量に関する研究

厚生科学研究費補助金 (H 1 3 - 2 1 世紀 (生活) 5)

主任研究者	岸 恭一	(徳島大学医学部栄養学科 教授)
協力研究者	近藤真紀	(四国大学生生活科学部 教授)
協力研究者	辻 博子	(四国大学生生活科学部 助手)
協力研究者	山本 茂	(徳島大学医学部栄養学科 教授)
協力研究者	國井大輔	(徳島大学医学部栄養学科 助手)
協力研究者	酒井 徹	(徳島大学医学部栄養学科 助手)
協力研究者	六反一仁	(徳島大学医学部栄養学科 助教授)

研究要旨 大学生のボランティアを被験者とし、0.3、0.6、0.8、および1.0 g/kg/dayの4レベルのタンパク質食を20日間摂取させた。タンパク質源としては、米、小麦、鶏卵、牛乳、大豆の比率を一定とした混合タンパク質食とした。各タンパク質レベルにおける被験者数は、4あるいは5名であった。採血は実験期間中3回実施し、併せて安静代謝量を測定した。試験食6-10日目および16-20日目の尿と糞を全量採集し窒素量を分析した。血清中の酵素、ホルモン、タンパク質、コレステロール、アミノ酸プロファイルなどを測定した。混合タンパク質食(規定食)の摂取により-4.78(0.3 g群)~-2.04%(1.0 g群)の体重減少がみられたが、安静時代謝量、尿中クレアチニン排泄量には各レベル間の有意な差は見られなかった。窒素摂取量と窒素出納量の間には有意な回帰式 $y=0.268x-41.34$ ($n=36$, $r=0.575$, $p<0.001$) が得られ、窒素出納維持に必要な日常混合タンパク質の摂取量は、0.96 g/kgと算定された。また、得られた回帰式から算定される理論上の内因性窒素排泄量は-41.3 mgN/kgと算定された。各種血液生化学成分値、生体の防御能あるいはアレルギーなどの免疫過敏反応、血清アミノ酸プロファイルからみた生体内アミノ酸の代謝動態などの関係についての研究からは、まだ結論が得られておらず、2年度の研究成果から結論が得られるであろう。

A. 研究目的

従来、タンパク質所要量は欠乏症を起こさないような十分な量として策定されてきた。

しかし、国民の多くが生活習慣病をもつ現在、栄養素の必要量は単に欠乏症を起こさない摂取量として策定するだけでは不十分であ

り、サプリメントの普及に備えたタンパク質過剰摂取レベルに対する配慮や、生活習慣病を予防し、積極的に健康増進を図れるような必要量を策定することが望まれる。タンパク質の所要量は、これまで主に窒素出納法で求められてきた⁽¹⁾。この方法ではタンパク質の最低必要量を推定することはできるが、健康上望ましい量を決定することはできない。また、平均値に個人差の安全率をかけて算定された所要量では、半数の人々にとっては必要量以上の値となるが、第六次改定日本人の栄養所要量においては過剰障害が現れるタンパク質の上限摂取量は策定されていない⁽²⁾。

本実験ではこれらの問題に取り組むため、窒素出納値の測定と同時に血清アミノ酸プロファイルを用いて生体内タンパク質代謝を把握した。そしてさらに体重変化、安静時代謝量、その他の血液生化学値などを測定し、日本人のタンパク質必要量を健康増進の面から多角的、総合的に決定することを目的として研究を行った。

(倫理面への配慮：資料1)

徳島大学の倫理委員会の承認を得て、ヘルシンキ宣言の趣旨を尊重し、倫理的配慮を十分に行って実施した。研究の目的、内容を十分に対象者に説明し、本人の完全な自由意志に基づき調査に協力してもらった。研究の意義、内容、具体的な調査項目を本人あるいは家族に説明し、疑問点に対する質問に答え納得して頂き、本人あるいは家族の同意を得た。またプライバシーの保護に配慮し、個人への不利益がないようにした。また、この研究では血液検査を行ったが、採血は医師および看護婦が行い、医師によって被験者が採血不可

能と判断された場合は、その被験者を研究対象から外した。その他の測定項目では侵襲や苦痛を伴うものはない。

B. 研究方法

1. 対象およびタンパク質摂取量

徳島県内の健康な男子大学生9名を被験者として行った。実験開始時に体重測定を行い、タンパク質摂取量(窒素量)を調整した。被験者は毎日決められた時間に体重測定を行い、体重あたりの摂取熱量レベルを一定にした混合タンパク質食(規定食)を与えた。規定食は0.3、0.6、0.8、1.0 g protein/kg/dayの4つのタンパク質レベルに分け(窒素量はそれぞれ、48、96、128、160 mg nitrogen/kg/day)、体重あたりの熱量レベルを一定にした規定食をすべて摂取させた。

2. 規定食摂取試験

被験者の食事実験期間は、1タンパク質レベル毎に24日間とし、初めの4日間は調整食期間、その後の20日間を本実験食(規定食)期間とした(Table 1)。

調整食期間である4日間は、個人の食習慣、食生活によるバラツキを是正するために実施し、被験者全員の体調を整えることを目的として調整食を与えた(Table 2a、2b)。調整食は、各個人の栄養所要量に基づき、エネルギー、タンパク質、その他栄養素のバランスのとれた食事とした。調整食はAとBの2種類を用意して交互に与えた。与えた調整食Aのエネルギー比率はP比、F比、C比それぞれ11.0、28.5、60.5%、同様に調整食Bでは、11.2、25.7、63.1%に設定した。

その後の実験食期間では、各個人毎にタン

パク質量をコントロールした規定食を与えた (Table 3a, 3b)。今回の実験では、摂取タンパク質量を 0.3 g/kg/day、0.6 g/kg/day、0.8 g/kg/day、1.0 g/kg/day の 4 レベルに設定した。規定食に用いるタンパク質源としては、地域による成分変動が少ないことを条件に、精白米、食パン、ツナフレーク、木綿豆腐、若鶏ささみ、鶏卵卵白の 6 種類を選定した。また、タンパク質の種類による吸収率の差異を考慮し、使用比率は全てのタンパク質レベルで一定にして摂取させた (Table 4)。

摂取エネルギー量の過不足は、毎朝空腹時に計測する被験者の体重より判断し個人毎に調整した。過不足分はエネルギー補助食品として飴寒天、高熱量食、紅茶用粉飴を調整し (Table 5)、被験者の体重が実験開始時から終了時まで一定となるようにした。

規定食のみでは不足するビタミン、ミネラル類については、総合ビタミン剤、ミネラル剤を与えて補った。また、食物繊維摂取の目的で、1 人 1 日 5 g の粉寒天を用い、飴寒天にして摂取させた。

規定食は決められた量を 1 日 3 回決められた時間に摂取させた。水分摂取は品目を水および茶に限ったが、飲水量等の制限は行わなかった。

3. 安静時代謝量

早朝空腹臥位安静状態における 5 分間の呼吸をダグラスバッグで採集し、酸素消費量および炭酸ガス排出量をレスピーナ 1H26 型

(NECメディカルシステムズ) で測定し、基礎代謝量を算出した。

4. 血液生化学検査

実験期間中に 3 回の採血を行い、総タンバ

ク質、アルブミン定量、プレアルブミン、グルコース (血糖)、トリグリセライド、総コレステロール、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (AST)、アラニンアミノトランスフェラーゼ (ALT)、トランスフェリン、レチノール結合タンパク質について測定した。また、血漿遊離アミノ酸 (Asp, Thr, Ser, Glu, Gly, Ala, Cys, Val, Met, Ile, Leu, Tyr, Phe, Lys, NH₃, His, Arg, Pro) について分析した。

5. 末梢血単核球のストレスタンパク質分析

本研究では末梢血のリンパ球における熱ショックタンパク質 (HSP) の誘導とタンパク質栄養との関連について検討し、タンパク質所要量を評価しようと試みた。定常状態における HSP70 のレベルを食事タンパク質の過不足によるストレスの有無を判定する指標とし、熱ショックによる誘導の程度から適切な食事タンパク質レベルを決定することを目的とした。

被検者の末梢血から密度勾配法 (ナイコデンツ溶液、第一化学、東京) により単核球 (リンパ球、単球) 画分を分離した。RPMI1640 で洗浄後、分離した単核球を同液に浮遊させ、熱ショック (43°C、30 分) を負荷した。再び RPMI1640 中で 37°C、1 時間 30 分インキュベーションした。熱ショック負荷前の細胞と熱ショック負荷後の細胞より、150 mM NaCl, 1% NP-40, 0.5% デオキシコール酸, 0.1% SDS, 1 mM EDTA を含む 50 mM Tris バッファー (pH 7.4) で細胞タンパク質を抽出した。1 レーン当たり 30 mg タンパク質を 10% SDS-PAGE で分離し、PVDF 膜に転写した。抗 HSP70 抗体 (StressGen 社、Victoria, Canada) を用いてウェスタンブロット法により HSP70 を測定し

た。同時にリコンビナント HSP70 (StressGen 社) を 50 及び 100 ng を外部標準として HSP70 量を測定した。値は細胞タンパク質 1 mg 中の値で示し、誘導された HSP70 のレベルを熱ショック負荷前のレベルと比較した。

6. 窒素出納試験

規定食摂取試験中、摂食開始後5日目および15日目から連続した5日間について、窒素出納試験を実施した。摂取窒素量はタンパク質摂取量を窒素換算係数(6.25)で除して求めた。尿および糞便の採取は被験者各自で行い、分析まで -20°C で保存した。糞便は出納試験開始日と終了日翌日にカルミン色素を投与し、5日間分の糞便を採取した。糞便は採取した全量をミキサーで十分にミキシングし、その一部をサンプルとした。尿および糞便中の窒素量は、自動マイクロ-Kjeldahl法(ビュッヒ社製B-316型の蒸留装置)で測定した。尿中クレアチニン(Cr)排泄量はJaffe反応を用いたFolin法で行い、Ubest V530iRM(日本分光)にて比色定量した。

C. 研究結果および考察

1. 対象およびタンパク質摂取量

対象者の平均体重は、 67.6 ± 8.4 kg ($53.50 \sim 84.16$ kg)であった。1日平均タンパク質摂取量は、0.3 g 群で 19.97 ± 3.01 g protein (P) (3.20 ± 0.48 g nitrogen (N))、0.6 g 群では、 42.07 ± 2.54 g P (6.73 ± 0.41 g N)、0.8 g 群では、 54.57 ± 8.87 g P (8.73 ± 1.42 g N)、1.0 g 群では、 65.45 ± 8.26 g P (10.47 ± 1.32 g N)であった (Table 6)。

2. 規定食摂取試験

対象者の20日間の規定食摂取試験における経時的な平均体重の変化は、0.3 g 群で -4.78% 、0.6 g 群で -2.50% 、0.8 g 群で -2.26% 、1.0 g 群で -2.04% の体重減少がみられた (Fig. 1)。

3. 安静時代謝量

対象者の平均安静時代謝量は、0.3 g 群で 1.025 ± 0.240 kcal/min、0.6 g 群で 0.989 ± 0.104 kcal/min、0.8 g 群で 1.012 ± 0.128 kcal/min、1.0 g 群で 1.088 ± 0.128 kcal/min であり、各群間に有意な差はみられなかった (Table 7)。

4. 血液生化学検査

測定された血液生化学値は、いずれも標準値の範囲内にあり、摂取タンパク質量による変化、および経時的な変化は見られなかった (Table 8, Fig. 2)。血漿遊離アミノ酸濃度についても、必須アミノ酸、非必須アミノ酸とも、タンパク質摂取レベルに伴う明らかな影響は見られなかった。(Table 9, Fig. 3)

5. 熱ショックによる単核球の HSP70 誘導

生活習慣病をはじめとするさまざまな疾患の発症要因を考えた場合、ストレスは栄養と並んでもっとも重要な環境因子のひとつである。最近のめざましい分子生物学の発達により、細胞レベルでストレス応答を制御する遺伝子が数多く見いだされ、熱ショックタンパク質(HSP)に代表されるような生体にストレス耐性を導く遺伝子産物もその一つである。からだのストレス反応と栄養素との関係を調べた研究は少ないが、我々は、タンパク質栄養状態が生体のストレス応答と密接に結びついていることを見いだした⁽³⁾。そこ

で、適切な食事タンパク質を評価する新しい方法として、生体のストレス応答を用いた評価方法について検討した。

HSP70 の測定結果を Fig. 4 と 5 に示す。分析値には個人差変動が大きく、結論をだせる段階には至っていないが、これまでに得られた所見について述べる。実験食期前の HSP70 の 9 例平均は約 30 $\mu\text{g}/\text{mg protein}$ であり、熱ショック負荷により 1.5 倍となった (Fig. 4)。低タンパク質食の 0.3 g/kg/day と標準食の 1.0 g/kg/day を比較すると、熱ショック負荷前の値は低タンパク質食を投与しても約 50 $\mu\text{g}/\text{mg protein}$ と標準食と差は見られなかった。熱ショックをかけると、いずれのタンパク質レベルにおいても誘導がかかるどころ逆に HSP70 は低値を示し、その低下は標準食の方が大きい傾向にあった。熱ショックにより HSP70 が低下した理由は明らかではないが、単球に何らかのストレスがかかり HSP が誘導されているところに熱が作用して細胞が疲弊し、HSP が低下してしまったのかも知れない。生体内でストレスが作用したのか、採血後血液処理の過程で作用したのかについては今後検討を要する。

1 回目の実験ではタンパク質摂取レベルを 0.6 と 0.8 g/kg に変えて行った。熱ショック負荷前値は、標準食期と比べ 0.8 g/kg では 2 倍以上高値を示し、0.6 g/kg よりも高い傾向が見られた (Fig. 5-1)。熱ショックを負荷した時の HSP70 の誘導率は、標準食期の 280% に対して、0.6 g/kg では 234%、0.8 g/kg では 150% と、0.6 g/kg の方が高値を示す傾向が見られた (Fig. 5-2)。今回は個人差変動が大で有意差は検出できなかったが、今後サンプル処理法に検討を加えるとともに例数を増して、タンパク質摂取レベルと HSP70 誘導

の関係について明らかにしたい。

6. 窒素出納試験

全対象者 36 例について、窒素摂取量と窒素出納量の関係を見ると、両者の間に有意な回帰式 $y = 0.268x - 41.34$ ($n=36$, $r=0.575$, $p < 0.001$) が得られ、その窒素出納維持に必要な日常混合タンパク質の摂取量は、0.96 g/kg と算定された。この値は、現行所要量における成人の平均窒素出納維持量 (混合タンパク質として 0.78 g/kg) とほぼ一致していた⁽⁴⁾。また、得られた回帰式から算定される理論上の内因性窒素排泄量は -41.3 mgN/kg と算定された。この値は、健常成人男性における同様の理論値である 31~38 mgN/kg とほぼ一致していた (Table 10, Fig. 6)。

対象者の尿中 Cr 排泄量は 0.3 g 群では、 26.82 ± 4.02 mg/kg、0.6 g 群で 26.50 ± 3.81 mg/kg、0.8 g 群で 29.95 ± 5.17 mg/kg、1.0 g 群で 26.64 ± 3.50 mg/kg となり、各群間に有意な差は見られなかった (Fig. 7)。

参考文献

(1) Scrimshaw NS, Hussein MA, Murray E, Rand WM, Young VR. Protein requirements of man: variations in obligatory urinary and fecal nitrogen losses in young men. J Nutr. 1972 Dec;102(12):1595-604.

(2) 健康・栄養情報研究会：第六次改定・日本人の栄養所要量：第一出版 (2002)

(3) 平川哲也, 六反一仁, 手嶋茂忠, 二川健, 木戸康博, 岸 恭一: ストレスたん白質

の誘導におよぼす大豆たん白質の影響. 大豆たん白質研究会会誌(1995)16, 4-8.

(4) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修：第四次改訂日本人の栄養所要量：第一出版(1988)

Table 1: 実験スケジュール

実験日	実験前日	I														II												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
調整食		A	B	A	B																							
実験食						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
尿採取(24時間)											○	○	○	○	○							○	○	○	○			
カルミン摂取(朝食時)											○					○						○					○	
糞採取(5日間すべて)											●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
身体計測		○																										
体重測定(各自、朝食前)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
採血(朝食前)						○									○												○	
安静時代謝(朝食前)						○									○												○	

(●)はカルミン色素が糞中にでてから採取する
(○)はカルミン色素が糞中にでるまで採取する

Table 2a: 調整食 A の組成

調整食A	献立名	食品名	重量 (g)	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	カルシウム (mg)	食塩 (g)	
朝食	ハムトースト	食パン・市販品	100.0	264	9.3	4.4	46.7	29.0	1.3	
		ワトガイマ-ガリン	15.0	114	0.1	12.2	0.2	2.1	0.2	
		豚・ハム・ボンレス	15.0	18	2.8	0.6	0.3	1.2	0.4	
	フルーツヨーグルト	ヨーグルト・全脂無糖	15.0	9	0.5	0.5	0.7	18.0	0.0	
		温州みかん・缶詰・果肉	20.0	13	0.1	0.0	3.1	1.6	0.0	
		パイナップル・缶詰	20.0	17	0.1	0.0	4.1	1.4	0.0	
		もも・缶詰・果肉	20.0	17	0.1	0.0	4.1	0.6	0.0	
	紅茶	紅茶・浸出液	200.0	2	0.2	0.0	0.2	2.0	0.0	
		車糖・上白糖	6.0	23	0.0	0.0	6.0	0.1	0.0	
	昼食	ごはん	めし・精白米（水稲）	264.0	444	6.6	0.8	97.9	7.9	0.0
チキンソテーえのき添え 若鶏・むね、皮つき-生			60.0	115	11.7	7.0	0.0	2.4	0.1	
えのきたけ-生			30.0	7	0.8	0.1	2.3	0.0	0.0	
調合油			12.0	111	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	
食塩			0.1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
こいくちしょうゆ			3.0	2	0.2	0.0	0.3	0.9	0.4	
付け合せ野菜			トマト-生	70.0	13	0.5	0.1	3.3	4.9	0.0
		レタス-生	40.0	5	0.2	0.0	1.1	7.6	0.0	
		きゅうり-生	40.0	6	0.4	0.0	1.2	10.4	0.0	
		ジャガイモのホイル焼き ジャがいも-生	50.0	38	0.8	0.1	8.8	1.5	0.0	
		有塩バター	12.0	89	0.1	9.7	0.0	1.8	0.2	
味噌汁		即席みそ・ペーストタイプ	21.0	28	1.7	0.8	3.4	9.9	2.0	
夕食		ごはん	めし・精白米（水稲）	264.0	444	6.6	0.8	97.9	7.9	0.0
			ハンバーグ	豚・ひき肉-生	60.0	133	11.2	9.1	0.0	3.6
			たまねぎ・りんご-生	30.0	11	0.3	0.0	2.6	6.3	0.0
			パン粉-乾燥	20.0	75	2.9	1.4	12.7	6.6	0.2
			鶏卵・全卵-生	10.0	15	1.2	1.0	0.0	5.1	0.0
		食塩	0.5	0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	
		トマト加工品・ケチャップ	18.0	21	0.3	0.0	4.9	3.1	0.6	
	付け合せ野菜	にんじん・根、皮むき-生	30.0	11	0.2	0.0	2.7	8.1	0.0	
		たまねぎ・りんご-生	30.0	11	0.3	0.0	2.6	6.3	0.0	
		食塩	0.5	0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	
		調合油	10.0	92	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	
	味噌汁	即席みそ・ペーストタイプ	21.0	28	1.7	0.8	3.4	9.9	2.0	
	果物	バナナ-生	100.0	86	1.1	0.2	22.5	6.0	0.0	
合計			1607.1	2258	62.1	71.6	333.1	166.3	8.8	

Table 2b : 調整食 B の組成

調整食 B	献立名	食品名	重量 (g)	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	カルシウム (mg)	食塩 (g)
朝食	トースト	食パン・市販品	100.0	264.0	9.3	4.4	46.7	29.0	1.3
		ウチワマ・ガリン	8.0	60.6	0.0	6.5	0.1	1.1	0.1
	モヤシ卵炒め	鶏卵・全卵-生	50.0	75.5	6.2	5.2	0.2	25.5	0.2
		こしょう・白、粉	0.5	1.9	0.1	0.0	0.4	1.2	0.0
		ブラックマッペもやし-生	60.0	9.0	1.2	0.0	1.6	9.0	0.0
		食塩	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0
		とうもろこしでん粉	40.0	141.6	0.0	0.3	34.5	1.2	0.0
			調合油	4.0	36.8	0.0	4.0	0.0	0.0
昼食	ごはん	めし・精白米(水稲)	264.0	443.5	6.6	0.8	97.9	7.9	0.0
	鯖の塩焼き	さば・まさば-生	60.0	121.2	12.4	7.3	0.2	5.4	0.2
		食塩	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5
	大根おろし	大根・根、皮むき-生	30.0	5.4	0.1	0.0	1.2	6.9	0.0
	田楽	板こんにゃく(精粉こんにゃく)	50.0	2.5	0.1	0.0	1.2	21.5	0.0
		米みそ・淡色辛みそ	0.5	1.0	0.1	0.0	0.1	0.5	0.1
		車糖・上白糖	0.6	2.3	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
		みりん・本みりん	4.0	9.6	0.0	0.0	1.7	0.1	0.0
	味噌汁	即席みそ・ペーストタイプ	21.0	27.5	1.7	0.8	3.4	9.9	2.0
	夕食	チキンライス	めし・精白米(水稲)	286.0	480.5	7.2	0.9	106.1	8.6
えんどう・塩豆			5.0	18.2	1.2	0.1	3.1	65.0	0.1
若鶏・むね、皮つき-生			60.0	114.6	11.7	7.0	0.0	2.4	0.1
たまねぎ・りんご-生			50.0	18.5	0.5	0.1	4.4	10.5	0.0
調合油			10.0	92.1	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0
トマト加工品・ケチャップ			18.0	21.4	0.3	0.0	4.9	3.1	0.6
食塩			1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0
ポテトサラダ		じゃがいも-生	70.0	53.2	1.1	0.1	12.3	2.1	0.0
		きゅうり-生	20.0	2.8	0.2	0.0	0.6	5.2	0.0
		にんじん・根、皮むき-生	20.0	7.4	0.1	0.0	1.8	5.4	0.0
		レタス-生	30.0	3.6	0.2	0.0	0.8	5.7	0.0
		マヨネーズ・全卵型	19.0	133.6	0.3	14.3	0.9	1.7	0.3
			食塩	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0
果物		りんご-生	30.0	16.2	0.1	0.0	4.4	0.9	0.0
合計			1314.1	2164.6	60.5	61.7	329.1	230.5	8.5

Table 3: 調整食の栄養素摂取量と充足率

	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	カルシウム (mg)	食塩 (g)
所要量 (成人一般)	2000	65	50	300	600	10
調整A食 摂取量	2258.5	62.1	71.6	333.1	166.3	8.8
充足率(%)	112.9	95.5	143.1	111.0	27.7	87.7
調整B食 摂取量	2164.6	60.5	61.7	329.1	230.5	8.5
充足率(%)	108.2	93.1	123.5	109.7	38.4	84.9

Table 4a: 規定基準食の組成

献立名	食品名	重量 (g)	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	カルシウム (mg)	食塩 (g)	
朝食	ツナサンド風 食パン・市販品	40	105.6	3.7	1.8	18.7	12	0.5	
		まぐろ・缶詰水煮ルーク・ライト	40	28.4	6.4	0.3	0.1	2	0.2
		食塩	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.1
		こしょう・白、粉	0.1	0.4	0.0	0.0	0.1	0	0.0
	塩ささみ	若鶏・ささ身-生	26.7	28.0	6.1	0.2	0.0	1	0.0
		調合油	3	27.6	0.0	3.0	0.0	0	0.0
		食塩	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.1
	こしょう・白、粉	0.04	0.2	0.0	0.0	0.0	0	0.0	
昼食	炒飯風	めし・精白米 (水稻)	88	147.8	2.2	0.3	32.6	3	0.0
		木綿豆腐	60	43.2	4.0	2.5	1.0	72	0.0
		まぐろ・缶詰水煮ルーク・ライト	40	28.4	6.4	0.3	0.1	2	0.2
		若鶏・ささ身-生	26.7	28.0	6.1	0.2	0.0	1	0.0
		鶏卵・卵白-生	24	11.3	2.5	0.0	0.1	1	0.1
		調合油	5	46.1	0.0	5.0	0.0	0	0.0
		こいくちしょうゆ	1.4	1.0	0.1	0.0	0.1	0	0.2
		食塩	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.2
		こしょう・白、粉	0.1	0.4	0.0	0.0	0.1	0	0.0
			合計	408.5	802.5	59.0	21.8	86.8	174
夕食	炒飯風	めし・精白米 (水稻)	88	147.8	2.2	0.3	32.6	3	0.0
		木綿豆腐	60	43.2	4.0	2.5	1.0	72	0.0
		まぐろ・缶詰水煮ルーク・ライト	40	28.4	6.4	0.3	0.1	2	0.2
		若鶏・ささ身-生	26.7	28.0	6.1	0.2	0.0	1	0.0
		鶏卵・卵白-生	24	11.3	2.5	0.0	0.1	1	0.1
		調合油	5	46.1	0.0	5.0	0.0	0	0.0
		こいくちしょうゆ	1.4	1.0	0.1	0.0	0.1	0	0.2
		食塩	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.2
		こしょう・白、粉	0.1	0.4	0.0	0.0	0.1	0	0.0
			合計	408.5	802.5	59.0	21.8	86.8	174

Table 4b : 規定基準食の栄養素摂取量と充足率

	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	カルシウム (mg)	食塩 (g)
所要量 (成人一般)	2000	65.0	50.0	300.0	600.0	10.0
摂取量	803	59.0	21.8	86.8	173.9	2.4
充足率(%)	40	90.7	43.7	28.9	29.0	24.4

Table 5 : 規定基準食の使用食材 (タンパク質源) と配合率

	重量 (g)	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	配合比率 重量比 (%)	配合比率 タンパク質比 (%)
めし・精白米 (水稻)	176	296	4.4	30.1	7.5
食パン・市販品	40	106	3.7	6.8	6.3
まぐろ・缶詰水煮ﾌﾙｰｸ・ﾗｲﾄ	120	85	19.2	20.5	32.7
木綿豆腐	120	86	7.9	20.5	13.5
若鶏・ささ身-生	80	84	18.4	13.7	31.3
鶏卵・卵白-生	48	23	5.0	8.2	8.6
合計	584	680	58.7	100.0	100.0

Table 6: エネルギー調整用献立と配合表

献立名	食品名	重量 (g)	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	カルシウム (mg)	食塩 (g)
飴寒天	粉あめ	50	190.5	0.0	0.0	48.5	0.0	0.0
	てんぐさ・角寒天	5	7.7	0.1	0.0	3.7	33.0	0.0
	食塩	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0
	水	500						
	飴寒天合計	556	198.2	0.1	0.0	52.2	33.2	1.0
高熱量食	とうもろこしでん粉	100	354	0.1	0.7	86.3	3.0	0.0
	ショートニング	50	460.5	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0
	水	50						
	高熱量食合計	200	814.5	0.1	50.7	86.3	3.0	0.0
紅茶用粉飴	粉あめ	50	190.5	0.0	0.0	48.5	0.0	0.0

Table 7: 被験者毎のタンパク質摂取量

タンパク質摂取レベル g/kg/day	被験者	体重 kg	タンパク質摂取量 g/day	窒素摂取量 g/day
0.3	T. O	62.80	18.8	3.0
	R. K	53.50	16.1	2.6
	K. F	72.25	21.7	3.5
	D. E	64.30	19.3	3.1
	D. N	80.00	24.0	3.8
0.6	Y. A	73.46	44.1	7.1
	T. A	64.66	38.8	6.2
	M. O	68.86	41.3	6.6
	M. T	73.48	44.1	7.1
0.8	T. O	64.86	51.9	8.3
	R. K	53.68	42.9	6.9
	K. F	71.76	57.4	9.2
	D. E	66.62	53.3	8.5
	D. N	84.16	67.3	10.8
1.0	Y. A	74.60	74.6	11.9
	T. A	63.00	63.0	10.1
	J. K	55.30	55.3	8.8
	M. T	68.90	68.9	11.0

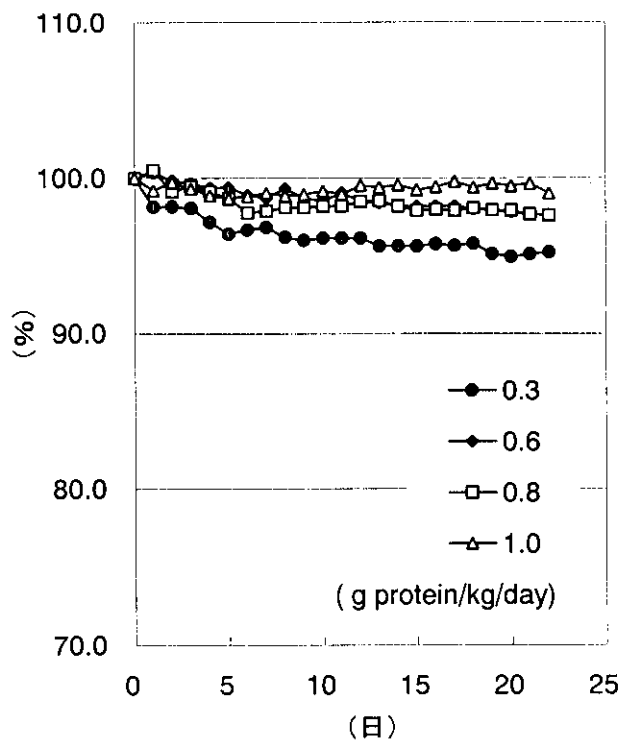


Fig. 1: 被験者の体重変化

Table 8: 安静時代謝量の変化

タンパク質摂取レベル g/kg/day	被験者	0日	10日	20日	平均	標準偏差
0.3	T.O	1.016	0.889	1.023	0.976	0.075
	R.K	0.605	0.906	0.630	0.714	0.167
	K.F	1.520	1.055	1.542	1.372	0.275
	D.E	0.762	0.969	1.152	0.961	0.195
	D.N	0.915	1.150	1.235	1.100	0.166
0.6	Y.A	0.766	1.126	0.756	0.883	0.211
	T.A	0.815	1.046	1.320	1.060	0.253
	M.O	0.841	0.826	1.089	0.919	0.148
	M.T	1.116	1.089	1.079	1.095	0.019
0.8	T.O	0.904	1.024	1.149	1.026	0.123
	R.K	0.866	0.853	0.940	0.886	0.047
	K.F	1.058	1.107	1.359	1.175	0.162
	D.E	0.891	0.743	1.015	0.883	0.136
	D.N	0.961	1.276	1.040	1.092	0.164
1.0	Y.A	0.959	1.012	0.964	0.978	0.029
	T.A	1.456	1.264	1.016	1.245	0.221
	J.K	0.677	1.347	0.942	0.989	0.337
	M.T	0.831	1.314	1.273	1.139	0.268

(kcal / min)

Table 9: 血液生化学検査値の変化

(平均±標準偏差)

		タンパク質摂取レベル (g/kg/day)			
		0.3	0.6	0.8	1.0
総タンパク質 (g/dl)	0	7.7 ± 0.4	8.2 ± 0.3	7.9 ± 0.4	8.0 ± 0.7
	10	8.1 ± 0.5	7.9 ± 0.4	7.7 ± 0.4	8.0 ± 0.4
	20	8.0 ± 0.5	8.0 ± 0.6	8.1 ± 0.2	8.3 ± 0.4
アルブミン (mg/dl)	0	4662.0 ± 164.7	4752.5 ± 45.0	4706.0 ± 274.1	4575.0 ± 190.7
	10	4552.0 ± 236.7	4795.0 ± 195.4	4586.0 ± 182.6	4377.5 ± 202.7
	20	4816.0 ± 147.7	4735.0 ± 238.7	4742.0 ± 137.2	4787.5 ± 126.9
プレアルブミン (mg/dl)	0	27.7 ± 5.7	26.5 ± 9.2	29.1 ± 5.5	24.5 ± 4.8
	10	25.2 ± 6.3	24.0 ± 7.8	28.8 ± 5.4	23.9 ± 5.5
	20	29.4 ± 4.9	27.8 ± 2.9	27.5 ± 9.5	25.0 ± 7.0
グルコース (mg/dl)	0	83.2 ± 6.4	92.0 ± 5.4	93.4 ± 7.5	87.8 ± 2.1
	10	92.0 ± 2.2	89.5 ± 7.2	88.0 ± 7.5	86.3 ± 3.3
	20	87.8 ± 3.4	91.5 ± 4.2	87.0 ± 5.1	85.3 ± 4.1
トリグリセリド (mg/dl)	0	86.2 ± 62.3	65.3 ± 7.4	89.2 ± 49.0	72.3 ± 12.5
	10	102.6 ± 52.9	90.0 ± 26.7	114.0 ± 39.0	126.3 ± 47.7
	20	95.4 ± 59.0	115.8 ± 65.5	72.6 ± 15.7	70.8 ± 30.5
総コレステロール (mg/dl)	0	154.6 ± 20.1	167.0 ± 30.1	170.2 ± 18.3	157.0 ± 28.1
	10	137.0 ± 22.3	138.5 ± 26.6	137.0 ± 18.6	144.3 ± 25.8
	20	141.4 ± 26.7	147.3 ± 35.9	151.4 ± 24.7	164.0 ± 28.7
アスパラギン酸 アミノトランス フェラーゼ*	0	19.2 ± 3.3	19.7 ± 38.2	23.4 ± 6.6	22.3 ± 5.9
	10	26.8 ± 7.1	22.7 ± 8.3	27.3 ± 70.7	33.7 ± 13.5
	20	26.0 ± 6.2	21.3 ± 15.2	24.2 ± 4.1	30.3 ± 13.3
アラニン アミノトランス フェラーゼ**	0	13.6 ± 2.1	12.7 ± 51.9	16.2 ± 9.1	18.3 ± 11.7
	10	19.8 ± 3.3	12.0 ± 22.8	18.3 ± 21.6	32.3 ± 22.4
	20	18.4 ± 4.2	10.7 ± 11.8	13.8 ± 1.8	30.0 ± 29.9

* AST: Aspartate aminotransferase ** ALT: Alanin aminotransferase

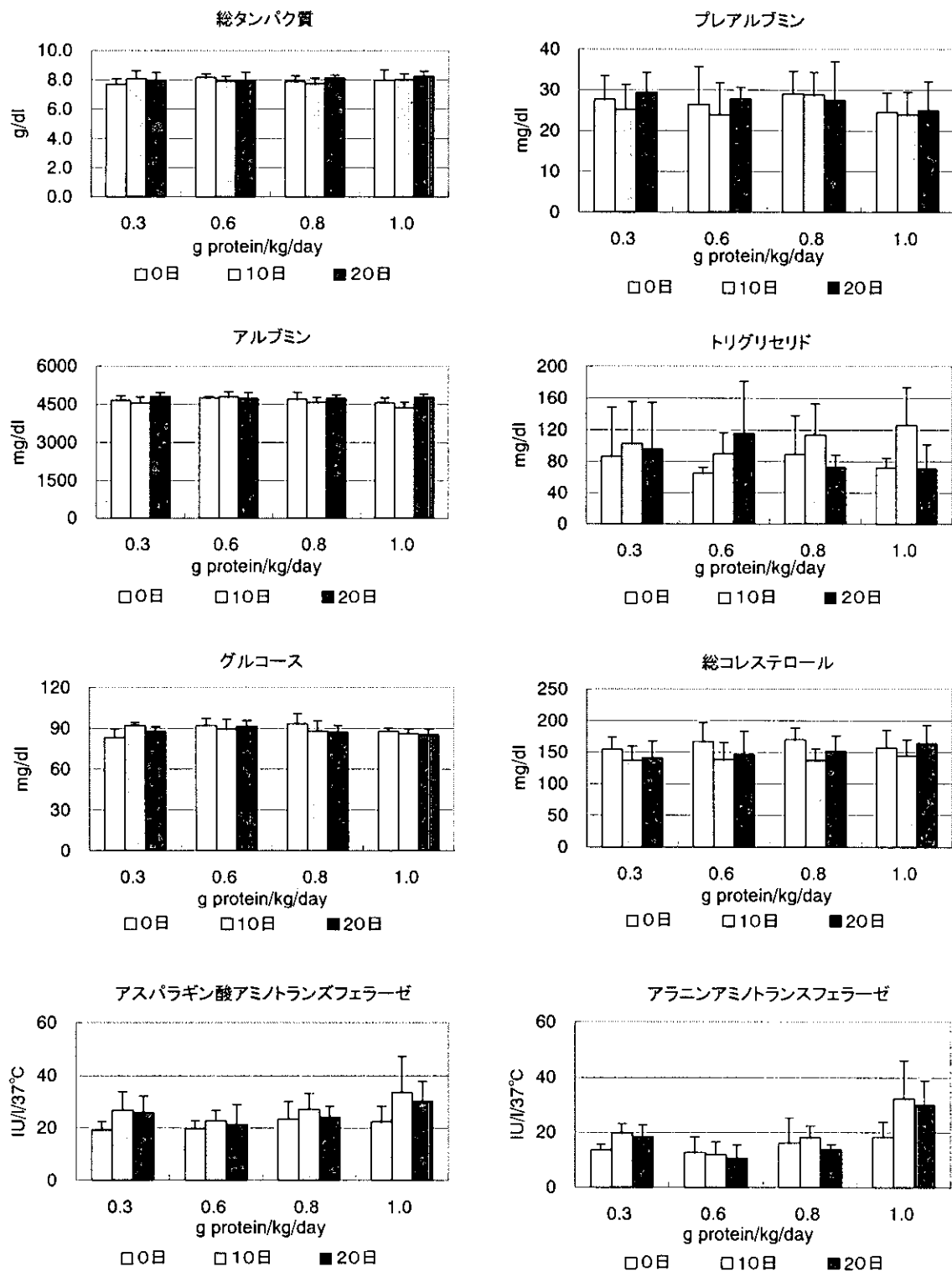


Fig. 2: 血液生化学検査値の変化

Table 10: 血清アミノ酸組成の変化

アミノ酸	日	タンパク質摂取レベル (g/kg/day)			
		(nmol)			
		0.3	0.6	0.8	1.0
Thr	0	2.464 ± 0.265	2.712 ± 0.173	2.931 ± 0.098	2.427 ± 0.163
	10	2.837 ± 0.357	2.862 ± 0.192	2.948 ± 0.248	2.627 ± 0.184
	20	2.709 ± 0.361	3.511 ± 0.153	3.424 ± 0.070	2.404 ± 0.182
Ser	0	0.516 ± 0.054	0.554 ± 0.108	0.633 ± 0.057	0.490 ± 0.112
	10	0.507 ± 0.084	0.570 ± 0.043	0.620 ± 0.105	0.428 ± 0.069
	20	0.479 ± 0.077	0.660 ± 0.084	0.688 ± 0.114	0.429 ± 0.067
Glu	0	0.313 ± 0.031	0.294 ± 0.042	0.324 ± 0.053	0.302 ± 0.027
	10	0.260 ± 0.014	0.358 ± 0.039	0.365 ± 0.015	0.286 ± 0.039
	20	0.224 ± 0.014	0.369 ± 0.019	0.385 ± 0.027	0.232 ± 0.020
Gly	0	0.858 ± 0.117	0.891 ± 0.131	0.995 ± 0.086	0.852 ± 0.098
	10	1.003 ± 0.160	1.082 ± 0.127	1.143 ± 0.091	0.855 ± 0.089
	20	0.914 ± 0.175	1.155 ± 0.114	1.163 ± 0.123	0.751 ± 0.155
Ala	0	1.234 ± 0.356	1.276 ± 0.206	1.321 ± 0.219	1.278 ± 0.078
	10	1.856 ± 0.714	1.870 ± 0.238	2.246 ± 0.391	1.604 ± 0.231
	20	1.936 ± 0.608	1.995 ± 0.520	2.019 ± 0.517	1.335 ± 0.221
Cys	0	0.259 ± 0.016	0.322 ± 0.035	0.318 ± 0.029	0.249 ± 0.014
	10	0.260 ± 0.008	0.328 ± 0.036	0.331 ± 0.031	0.252 ± 0.021
	20	0.243 ± 0.023	0.381 ± 0.032	0.366 ± 0.027	0.234 ± 0.023
Val	0	0.933 ± 0.137	1.012 ± 0.146	1.113 ± 0.065	0.848 ± 0.074
	10	0.800 ± 0.055	1.025 ± 0.086	1.139 ± 0.110	0.920 ± 0.175
	20	0.747 ± 0.056	1.229 ± 0.063	1.209 ± 0.101	0.781 ± 0.163
Met	0	0.176 ± 0.023	0.199 ± 0.009	0.214 ± 0.012	0.177 ± 0.016
	10	0.194 ± 0.020	0.215 ± 0.017	0.237 ± 0.017	0.180 ± 0.018
	20	0.173 ± 0.005	0.242 ± 0.010	0.246 ± 0.019	0.165 ± 0.026
Ile	0	0.534 ± 0.094	0.614 ± 0.144	0.702 ± 0.043	0.479 ± 0.048
	10	0.501 ± 0.065	0.612 ± 0.097	0.687 ± 0.079	0.525 ± 0.081
	20	0.459 ± 0.052	0.764 ± 0.030	0.725 ± 0.088	0.441 ± 0.061
Leu	0	0.640 ± 0.125	0.496 ± 0.040	0.582 ± 0.097	0.082 ± 0.047
	10	0.657 ± 0.111	0.528 ± 0.098	0.581 ± 0.085	0.080 ± 0.013
	20	0.665 ± 0.155	0.442 ± 0.074	0.597 ± 0.171	0.058 ± 0.024
Tyr	0	0.250 ± 0.021	0.254 ± 0.039	0.297 ± 0.013	0.252 ± 0.029
	10	0.243 ± 0.018	0.292 ± 0.032	0.310 ± 0.040	0.244 ± 0.019
	20	0.207 ± 0.022	0.326 ± 0.028	0.319 ± 0.039	0.219 ± 0.040
Phe	0	0.309 ± 0.031	0.322 ± 0.046	0.372 ± 0.022	0.316 ± 0.022
	10	0.305 ± 0.034	0.335 ± 0.050	0.363 ± 0.039	0.308 ± 0.029
	20	0.284 ± 0.015	0.404 ± 0.028	0.405 ± 0.036	0.298 ± 0.046
Lys	0	0.721 ± 0.110	0.863 ± 0.138	0.919 ± 0.118	0.705 ± 0.056
	10	0.814 ± 0.128	0.999 ± 0.098	1.046 ± 0.189	0.748 ± 0.109
	20	0.780 ± 0.104	1.175 ± 0.103	1.108 ± 0.056	0.677 ± 0.101
NH ₃	0	0.460 ± 0.130	0.544 ± 0.068	0.554 ± 0.091	0.446 ± 0.117
	10	0.457 ± 0.073	0.795 ± 0.106	0.825 ± 0.125	0.438 ± 0.095
	20	0.278 ± 0.029	0.786 ± 0.192	0.765 ± 0.095	0.301 ± 0.073
His	0	0.326 ± 0.041	0.370 ± 0.058	0.411 ± 0.019	0.317 ± 0.038
	10	0.327 ± 0.032	0.402 ± 0.045	0.443 ± 0.053	0.313 ± 0.026
	20	0.320 ± 0.033	0.464 ± 0.037	0.474 ± 0.047	0.303 ± 0.035
Arg	0	0.279 ± 0.075	0.371 ± 0.084	0.427 ± 0.054	0.254 ± 0.032
	10	0.339 ± 0.055	0.383 ± 0.058	0.446 ± 0.062	0.296 ± 0.049
	20	0.333 ± 0.036	0.453 ± 0.061	0.495 ± 0.068	0.266 ± 0.018
Pro	0	0.464 ± 0.204	0.539 ± 0.156	0.579 ± 0.149	0.511 ± 0.098
	10	0.408 ± 0.135	0.520 ± 0.122	0.596 ± 0.165	0.443 ± 0.112
	20	0.435 ± 0.125	0.614 ± 0.175	0.571 ± 0.206	0.446 ± 0.109