

國學院大學學術情報リポジトリ

〔研究ノート〕 市民ランナーのマラソンに向けたペース戦略および栄養管理に関する測定・調査

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-03-29 キーワード (Ja): グリコーゲンローディング, 血中乳酸濃度, 乳酸性作業閾値, 心拍数, 遅発性筋肉痛 キーワード (En): 作成者: 千野, 謙太郎 , 小林, 唯 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.57529/0002001530

〔研究ノート〕

市民ランナーのマラソンに向けた ペース戦略および栄養管理に関する測定・調査

千野 謙太郎 小林 唯

【要旨】

マラソンでの完走を目指す市民ランナーを対象に著者らが実施したBreakthrough Running Projectたまプラーザでは、最適なペースを事前に設定し、そのペースをスタートからフィニッシュまで維持するペース戦略やグリコーゲンローディングを中心とした栄養管理を推奨した。本研究ノートでは、市民ランナーに推奨したそのようなペース戦略や栄養管理を確認するため、1名の市民ランナーを対象に、血中乳酸濃度に基づくペースの設定、乳酸性作業閾値に相当するペースでマラソンを走った際の心拍数、血中乳酸濃度の変化の測定、さらに、グリコーゲンローディングにおける栄養摂取状況の調査およびグリコーゲンローディングによる身体組成の変化の測定を行った。また、マラソン前後の血漿クレアチンキナーゼ活性値を測定し、その変化からマラソンによる筋損傷の程度を評価した。

【キーワード】

グリコーゲンローディング 血中乳酸濃度 乳酸性作業閾値 心拍数 遅発性筋肉痛

背景

市民ランナーとは、趣味や健康維持、自己への挑戦を目的にランニングに取り組み、マラソン大会などのランニングイベントに参加する一般のランナーを指す。著者らは、横浜マラソンでの完走を目指す市民ランナーに対し、彼らのトレーニングをサポートするBreakthrough Running Projectたまプラーザを実施した（千野ら 2024a）。競技レベル（完走時間）に関わらず、マラソンにおける最適なペース戦略は、スタートからフィニッシュまで一定のペース（走速度）を維持する「イーブン型」とであるとされている（嶋津ら 2019）。また、市民ランナーにとっての最適なペースは、運動強度が乳酸性作業閾値に相当する走速度であるとされている（八田 2004, 2007）。乳酸性作業閾値に相当する運動強度は、一般的に最大酸素摂取量の50～70%に相当し、その際の心拍数はおおよそ100～140bpmとなる（八田 2004, 2007）。また、乳酸性作業閾値に相当する運動強度は、主観的には「少しきつい」と感じる一方で、アドレナリン分泌の影響によって「快調」とも感じられる運動強度である（八田 2004, 2007）。そこで、Breakthrough Running Projectたまプラーザでは、日頃のランニングや体力測定で収集した走速度、心拍数および主観的運動強度に基づき、それぞれの会員に最適なペースを設定し、そのペースをスタートからフィ

ニッシュまで維持するペース戦略を提案した。全ての会員が適切なペースを維持する「イーブン型」のペース戦略を採用した結果、全員がマラソンを完走した。また、Breakthrough Running Projectたまプラーザでは、体内により多くのグリコーゲンを蓄積するためのグリコーゲンローディングを推奨し、その具体的な方法を提示した。全ての会員がグリコーゲンローディングを実施していたことから、グリコーゲンローディングもマラソン完走に寄与したと考えられる。Breakthrough Running Projectたまプラーザの結果から、完走を目標にマラソンを走る市民ランナーに対して、適切なペースの設定、イーブン型のペース戦略、グリコーゲンローディングを推奨することができるだろう。しかし、Breakthrough Running Projectたまプラーザでは、最適なペースの設定を血中乳酸濃度ではなく、走速度、心拍数および主観的運動強度に基づいて行った。また、最適なペースを維持してマラソンを走った際の血中乳酸濃度や心拍数の変化については、測定による確認を行わなかった。グリコーゲンローディングに関しては、具体的な方法を提示したものの、食品の選択は会員自身に委ね、実際に摂取された食品の調査を行わなかった。また、グリコーゲンローディングによる体重、体脂肪率、除脂肪体重といった身体組成の変化についても、測定による確認を行わなかった。そこで本研究ノートでは、市民ランナーである筆頭著者が被験者となり、血中乳酸濃度に基づくペースの設定、乳酸性作業閾値に相当するペースでマラソンを走った際の心拍数および血中乳酸濃度の変化の測定、グリコーゲンローディングにおける栄養摂取状況の調査およびグリコーゲンローディングに伴う身体組成の変化の測定を行った。それらの測定および調査から得られる結果は、完走を目標にマラソン大会に参加する市民ランナーに対する適切なペースの設定、イーブン型のペース戦略およびマラソン前のグリコーゲンローディングの推奨をより確固たるものにすることが期待される。

血中乳酸濃度に基づくペースの設定

トレーニング現場で活用される血中乳酸濃度の指標として、乳酸性作業閾値（Lactate Threshold: LT）と血中乳酸蓄積開始点（Onset of Blood Lactate Accumulation: OBLA）が挙げられる。LTとは、運動強度を漸増的に高めた際に、血中乳酸濃度の急激な増加が観察される運動強度のことである。LT時の血中乳酸濃度は2.0～3.0mmol/L程度である（八田 2004, 2007）ことから、血中乳酸濃度が2.0mmol/Lとなる運動強度は「血中乳酸濃度が安静時よりも高いが、急激な増加は観察されない運動強度」として慣例的に用いられている（星川 2020）。そのような運動強度は、厳密には「LT直前だがLT未満の運動強度」であるが、本研究ノートでは便宜上「LT強度」と呼ぶ。一方、OBLAとは血中乳酸濃度が4.0mmol/Lとなる運動強度のことであり、マラソンの競技選手のペースはOBLAに近いとされている（八田 2004, 2007）。一般の市民ランナーがOBLAに近いペースでマラソンを完走することは困難であり、LT強度に相当するペースを設定することが推奨されている（八田 2004, 2007）。そこで、市民ランナー1名（46歳男性、フルマラソンの自己ベストタイム：3時間56分27秒）を対象に乳酸カーブテストを行い、その結果に

基づいてLT強度に相当するレースペース（マラソンを走る際に目標とする走速度）を設定した。

被験者にトレッドミル（T.K.K.1245, 竹井機器社製）上でランニングを行わせ、走速度を段階的に増加させて運動強度を漸増的に高め、運動強度の増加に伴う血中乳酸濃度および心拍数の変化を測定する乳酸カーブテストを実施した。最初のステージの走速度を7.0分/km（8.6km/h）とし、その後は走速度を0.5分/kmずつ増加させ、4.0分/km（15.0km/h）を最終ステージの走速度とした。最初のステージの走行時間を10分、その後のステージの走行時間を3分とし、ステージ間に2分の休憩を設けた。各ステージ直後の心拍数をランニングウォッチ（ForeAthlete 235J, GARMIN社製）に搭載された光学式心拍計によって測定し、その後、簡易血中乳酸測定器（Lactate Pro2, ARKRAY社製）を用いて血中乳酸濃度の測定を行った。なお、血中乳酸濃度の測定は、手指の指尖からの採血を含め、同測定に習熟した被験者（筆頭著者）自身によって実施された。そのような乳酸カーブテストをマラソン当日（10月29日）の1ヶ月前（9月22日）、2週間前（10月12日）、直前（10月23日）の3回行った（図1）。血中乳酸濃度が2.0mmol/LとなるLT強度の走速度は、マラソン1ヶ月前が5分00秒/km、2週間前が5分12秒/km、直前が5分18秒/kmであった。また、血中乳酸濃度が2.0mmol/Lとなる時の心拍数は、マラソン1ヶ月前が142bpm、2週間前が137bpm、直前が123bpmであった。血中乳酸濃度が4.0mmol/LとなるOBLAの走速度は、マラソン1ヶ月前が4分17秒/km、2週間前が4分15秒/km、直前が4分18秒/kmであった。また、OBLAにおける心拍数は、マラソン1ヶ月前が159bpm、2週間前が155bpm、直前が151bpmであった。それらの結果から、この被験者にとってLT強度（あるいはLT未満の強度）に相当する6分00秒/kmをマラソンのレースペースとして設定した。

LT強度のペースでマラソンを走った際の心拍数および血中乳酸濃度の変化

市民ランナー1名（46歳男性、フルマラソンの自己ベストタイム：3時間56分27秒）が、LT強度に相当するペースで横浜マラソン2023を走った際の心拍数および血中乳酸濃度を測定した（図2）。心拍数はランニングウォッチ（ForeAthlete 235J, GARMIN社製）に搭載された光学式心拍計を用いて測定し、1kmごとの平均心拍数を求めた。血中乳酸濃度は、測定に習熟した被験者（筆頭著者）自身が簡易血中乳酸測定器（Lactate Pro2, ARKRAY社製）を用いて、40kmまでの5kmごとおよび42.195kmのフィニッシュ直後に測定した。なお、40kmまでのペースはLT強度（6分00秒/km）としたが、40km以降は可能な限り速いペースで走った。

40kmまでのペースは5分53秒/km $\pm$ 11秒/kmであり、ほぼ設定通りのペース（6分00秒/km）であった。25kmまでの心拍数は120 $\pm$ 4bpmであり、乳酸カーブテストから求めた血中乳酸濃度が2.0mmol/Lとなる時の心拍数（123bpm）と同様の値であった。一方、26km以降は心拍数が徐々に増加する傾向が見られた。マラソンのような長時間にわたる運動では、最適なペースを維持して走行していたとしても、運動に伴う熱産生による深部体温の上昇および脱水の影響で、一回拍出量の減少と心拍数の増加（Cardiovascular drift）が生じる（嶋津ら2019）。よって、

26km以降に見られた心拍数の漸増は、Cardiovascular driftによるものであったと考えられる。主観的運動強度は26km以降に漸増した心拍数に対応しており、30km付近からLT強度でのランニングが「ややきつい」と感じるようになった。

可能な限り速く走った41kmおよび42kmのペースは、それぞれ4分30秒/km、4分22秒/kmであった。41kmおよび42kmの心拍数はそれぞれ160bpm、166bpmであり、乳酸カーブテストから求めたOBLAにおける心拍数（151bpm）よりも高い値を示した。Gellishら（2007）が推奨する最大心拍数の予測式 $[=206.9 - (0.67 \times \text{年齢})]$ に基づく、46歳の最大心拍数は176bpmとなる。よって、41kmおよび42kmの心拍数は最大心拍数のそれぞれ94.3%、95.4%に相当し、可能な限り速いペースで走った40km以降は、この市民ランナーにとって高い強度の運動であったと考えられる。

血中乳酸濃度は30kmまで2.0mmol/L未満（ 1.6 ± 0.2 mmol/L）であったが、35kmで2.0mmol/Lとなり、40kmでは2.2mmol/Lとなった。そのような結果から、40kmまでの運動強度は、「血中乳酸濃度が安静時よりも高いが、急激な増加は観察されない運動強度」であるLT強度に相当していたと考えられる。血中乳酸濃度は、運動によって筋で作られた乳酸が血液に出てくる量（産生量）と乳酸が血液から出て筋で利用される量（利用量、除去量）の差で決まる（八田 2004, 2007）。LTとは運動強度を漸増的に高めていった際に血中乳酸濃度が急激に増加する運動強度であることから、LTより高い運動強度では乳酸の産生量が乳酸の利用量を上回る。そのような状況となるのは、運動の主なエネルギー源が脂肪から糖に変わるためである。乳酸は糖が分解されてエネルギーを得る過程で生じるが、脂肪を分解する過程では生じない。つまり、LTより高い運動強度では、運動の主なエネルギー源が糖となり、乳酸の産生量が乳酸の利用量を上回ることになる。糖はグルコース（ブドウ糖）が集まったグリコーゲンとして筋や肝臓に貯蔵されているが、その貯蔵量は多くない。グリコーゲンの貯蔵量は筋に約1500kcal、肝臓に約500kcalであり、脂肪の貯蔵量（約200000kcal）に比べて少ない（八田 2004, 2007）。マラソンで「30kmの壁」と呼ばれる30km以降のペースの低下は、グリコーゲンの枯渇が一因となっている（八田 2004, 2007）。そこで、少しでも多くのグリコーゲンを体内に蓄積した状態でマラソン当日を迎えるため、マラソン前に計画的に高糖質食を摂取し、運動のエネルギー源であるグリコーゲンを体内に蓄積するグリコーゲンローディングが行われる。また、貯蔵量の少ない糖をできるだけ使わず、貯蔵量の多い脂肪を主なエネルギー源として走ることがマラソンの完走率を高めるため、市民ランナーにはLT強度に相当するペースを維持して走ることが推奨されている。

40kmからフィニッシュまで可能な限り速いペースで走った結果、42.195km完走直後の血中乳酸濃度は5.1mmol/Lとなり、40km以降の運動強度はOBLAを超えるものであったと考えられる。乳酸は糖が分解されてエネルギーを得る過程で生じる物質であることから、グリコーゲンが枯渇すると乳酸が産生されなくなる。40km地点での血中乳酸濃度（2.2mmol/L）がその後の高強度のランニングによって5.1mmol/Lまで増加したということは、本研究の被験者は40km地点

でグリコーゲンが枯渇しておらず、グリコーゲンをエネルギー源としてその後の高強度のランニングを行っていたと考えられる。40km地点でグリコーゲンが枯渇していなかった要因として、グリコーゲンローディングによって体内のグリコーゲンの貯蔵量を増やしていたこと、糖ではなく脂肪が主なエネルギー源となるLT強度のペースを維持して走ったこと、さらにレース中にエネルギーゼリーやスポーツドリンクによって糖質を補給していたこと（後述）が挙げられる。

図3は横浜マラソン2023（10月29日）に加え、マラソン約1ヶ月前（9月24日）に行ったハーフマラソン（21.0975km）の練習走およびマラソン約2週間前（10月14日）に行った30kmの練習走における5kmごとのペース、心拍数、血中乳酸濃度を示したものである。練習走におけるペースもLT強度に相当する6分00秒/kmに設定したが、実際のペースはハーフマラソンの練習走が5分53秒/km $\pm$ 5秒/km、30kmの練習走が5分51秒/km $\pm$ 5秒/kmであった。ハーフマラソンおよび30kmの練習走の心拍数（それぞれ127 $\pm$ 6 bpm, 119 $\pm$ 1 bpm）はマラソンの25kmまでの心拍数（120 $\pm$ 4 bpm）と類似した値を示し、マラソンの26km以降に見られたような心拍数の漸増（Cardiovascular drift）は見られなかった。ハーフマラソンの練習走の血中乳酸濃度は2.1 $\pm$ 0.3 mmol/Lであり、20km地点での測定値（2.5 mmol/L）のみ2.0 mmol/Lを超える値であった。一方、30kmの練習走の血中乳酸濃度は1.6 $\pm$ 0.2 mmol/Lであり、2.0 mmol/Lを超える値は見られなかった。ハーフマラソンおよび30kmの練習走は、マラソンの本番に向けたトレーニング期間中に行われた。また、それらの練習走は公道で行われたため、信号待ちの際には停止して休憩を取った。そのように、ハーフマラソンおよび30kmの練習走はマラソン本番とは異なる条件下で実施されたが、LT強度に相当するペースを維持して長距離を走行した練習走の心拍数や血中乳酸濃度はマラソン（レース）と同様の値を示すことが確認された。

グリコーゲンローディングにおける栄養摂取状況の調査

グリコーゲンローディングとは、持久系スポーツのレース・競技前に計画的に高糖質食を摂取し、運動のエネルギー源であるグリコーゲンを体内に蓄積し、パフォーマンス向上を狙う方法である（山内 2023）。初期型のグリコーゲンローディングでは、運動によって筋グリコーゲン量を減少させ、その運動後3日間は高脂肪食を摂取して筋グリコーゲンが枯渇した状態を維持し、その後3日間高糖質食を摂取することで筋グリコーゲンを運動前よりも高い水準に回復・増加（グリコーゲン超回復）させる（寺田 2017）。しかし、運動後に3日間摂取する高脂肪食によって下痢などの症状が出るが多かったため、高脂肪食の代わりに普通食を摂取する改良型のグリコーゲンローディングが考案され、初期型のグリコーゲンローディングと同程度のグリコーゲン超回復が起こることが明らかになっている（寺田 2017）。著者らは、完走を目標にマラソンに参加する市民ランナーに向けて、改良型のグリコーゲンローディングとして摂取するマラソン前3日間の食事、マラソン前日の夕食、マラソン当日の朝食、マラソンスタート前およびマラソン中の栄養補給に関する提案を行った（千野ら 2024a）。それらを修正し、下記のようにまとめた。

① マラソン前3日間の食事

- ・ 糖質エネルギー比（摂取エネルギー全体に占める糖質由来のエネルギーの割合）が70%程度の高糖質食を摂取する。なお、糖質由来のエネルギーは、糖質が1gあたり4kcalのエネルギー量を持つものとして、摂取した糖質の重量（g）に4kcal/gを乗じて算出する（寺田 2017）。
- ・ 主食を増やし、主菜の調理法や部位に注意して脂質由来のエネルギー量を減らすことで、普通食（糖質エネルギー比50～60%）と総エネルギー量が変わらない高糖質食とし、体重の増加を防ぐ。
- ・ 体重1kg当たり10～12gの糖質を1日で摂取する。体重60kgの場合、600～720gの糖質を1日で摂取することになる。茶碗1杯（150g）の白米の糖質は51.9gであることから、白米のみで600～720gの糖質を摂取する場合、1日で茶碗12～14杯の白米を食べる必要がある。
- ・ 糖質をエネルギーに変える際に必要なビタミンB1が豊富な食品（豚もも肉など）の摂取量を増やす。
- ・ 骨格筋の構成成分は70～80%を占める水分を除くとたんぱく質である（寺田 2017）ことから、骨格筋量を維持するため、体重1kg当たり2.0gのたんぱく質を1日で摂取する（トーマスら 2017）。
- ・ 脂質エネルギー比（摂取エネルギー全体に占める脂質由来のエネルギーの割合）が20%を下回らないようにする。なお、脂質由来のエネルギーは、脂質が1gあたり9kcalのエネルギー量を持つとし、摂取した脂質の重量（g）に9kcal/gを乗じて求める（寺田 2017）。
- ・ 抗ストレスや免疫力を高めるビタミンやミネラルが豊富な食品を積極的にとる。
- ・ 食物繊維が豊富な食品と水分、発酵食品をしっかり摂取し、腸の調子（便通）を整える。

② マラソン前日の夕食

- ・ 主食が多く、脂質を多く含む主菜が少ない高糖質食にする。
- ・ ビタミンやミネラルが豊富な食事にする。
- ・ マラソン当日にガスの発生や腹痛を起こさないようにするため、食物繊維の摂取を控える。
- ・ 食中毒のリスクがある生もの（刺身など）を食べない。
- ・ スタミナ料理や刺激物を多く含むもの（にんにくや唐辛子を多く含む料理、カフェインを多く含むエナジードリンクなど）を摂取しない。

③ マラソン当日の朝食

- ・ スタート3時間前までに消化の良い高糖質食（少なくとも体重1kg当たり1.5～2.0gの糖質）を摂取する（トーマスら 2017）。
- ・ 主食、主菜、副菜、果物を揃えた食事が望ましい。
- ・ スタート3時間前までに十分な食事がとれなかった場合、スタート2時間前までに消化が

良く、高糖質な軽食（海苔なしのおにぎり、もち、うどん、バターを塗っていない食パン、ロールパン、あんぱん、だんご、カステラなど）をとる。

④ マラソンスタート前およびマラソン中の栄養補給

- ・ スタート1時間前に糖質を摂取したい場合、吸収の早い糖質（バナナ、果実100%ジュース、エネルギーゼリーなど）を少量とる。
- ・ 糖質の多量摂取によってインスリンが過剰に分泌された状態で運動を開始すると、血糖値が一時的に下がってしまう（インスリンショック、運動誘発性低血糖）（寺田 2017）。そのような事態を防ぐため、スタート直前（30～45分前）の糖質摂取量は40gまでに抑える。
- ・ マラソンの前半は1時間当たり30～60g、マラソンの後半は1時間当たり60～90gの糖質（トーマスら 2017）をエネルギーゼリーやスポーツドリンクによって補給する。

上述の① マラソン前3日間の食事、② マラソン前日の夕食および③ マラソン当日の朝食に基づいて、市民ランナー1名（46歳男性、フルマラソンの自己ベストタイム：3時間56分27秒）がマラソン3日前からマラソン当日の朝食までグリコーゲンローディングを実施した（表1）。なお、グリコーゲンローディング期間中の食事計画は被験者自身が立案し、日本スポーツ栄養学会公認スポーツ栄養士がその計画を確認の上、助言を行い、その助言に基づいて被験者自身が最終的な食事計画を決定した。各食事の糖質エネルギー比はおおよそ70%であり、高糖質食となっていた（表2）。本研究の被験者（体重およそ60kg）の1日当たりの糖質摂取推奨量は600～720gであったが、マラソン前の3日間における1日当たりの糖質摂取量はその推奨量の範囲内であった。また、マラソン当日の朝食では少なくとも体重1kg当たり1.5～2.0gの糖質を摂取することが推奨されていたが、本研究の被験者は体重1kg当たり3.5g（=209g / 60kg）の糖質を摂取していた。それらの結果から、本研究の被験者が実施したグリコーゲンローディングは、糖質摂取の推奨量を満たしていたと言える。

グリコーゲンローディング期間中の1日当たりの摂取エネルギー量は、約4000kcalであった（表2）。マラソン終了後に本研究の被験者の1日あたりの摂取エネルギーを調査したところ、2020kcalであり、一般的な成人の1日あたりの摂取エネルギーである1800～2800kcal（田口ら 2007）の範囲内であった。しかし、本研究の被験者は、マラソン前の1か月間（9月22日～10月21日）に245.6kmのランニングを行っていたことから、一般的な成人ではなく、スポーツ選手に推奨される2500～4500kcal（田口ら 2007）のエネルギーを摂取する必要があったと考えられる。また、除脂肪体重×28.5から基礎代謝量を算出し、基礎代謝量×持久系種目の通常練習期の身体活動レベル（=2.50）から1日の消費エネルギーを推定する方法（田口ら 2007）に基づくと、除脂肪体重が56.1kgであった本研究の被験者がランニングを行った際の1日の消費エネルギーは3997kcalと推定される。よって、本研究の被験者の日頃の摂取エネルギーは、練習期のランナーに必要な摂取エネルギーを満たしていなかったと考えられる。また、本研究におけるグリコーゲンローディング期間中の食事計画は、被験者の日頃の摂取エネルギー量を考慮せず、栄養素に基

づいて決定されたが、約4000kcalという摂取カロリーは結果的に練習期のランナーに必要とされる摂取エネルギー量を満たしていたと考えられる。本研究の被験者は主に白米から糖質を摂取していたが、朝食ではあんぱんを主な糖質の摂取源としていた（表1）。あんぱんは白米に比べて多くの脂質を含むが、糖質の含有量が高いため、糖質エネルギー比70%を満たすグリコーゲンローディングに適した食品である。また、うぐいすパンやいちごジャムパンなどの菓子パンに加え、醤油だれやあんこの串団子、醤油煎餅、カステラなども糖質エネルギー比70%を満たし、グリコーゲンローディングに適した食品である。一方、クリームパンやチョコレートパン、おかき（揚げ餅）、バームクーヘンなどは糖質を多く含むが、脂質も多く含むため、糖質エネルギー比が70%を下回り、グリコーゲンローディングには適さない食品である。甘味嗜好が強い市民ランナーがグリコーゲンローディングを行う際には、脂質が少なく糖質が豊富な菓子パンや和菓子、またはカステラのような洋菓子を高糖質食に活用することができる。

脂質は体重を増加させ、パフォーマンスを低下させるという認識が一般的であるため、多くの市民ランナーが脂質摂取を控える傾向にあると考えられる。しかし、脂質摂取の制限によって食事の多様性が減ってしまうと、脂溶性ビタミン（ビタミンA, D, E, K）や必須脂肪酸（特にn-3系脂肪酸）など様々な栄養素の摂取量が減少しがちになる（トーマスら 2017）。本研究の被験者は、脂質を体重増加およびパフォーマンス低下を引き起こす「悪者」として捉え、脂質の重要性については十分に認識していなかった。そのため、脂肪ゼロのヨーグルトを選択するなど、脂質摂取をできるだけ控えていた（表1）。また、今回実施したグリコーゲンローディングでは、食品のカロリーや栄養成分の調査をより正確にするため、できるだけカロリーや栄養成分が表示されている加工食品を摂取するよう心がけた。そのため、豚肉は未調理のものではなく、加工食品のロースハムを選択した。ロースハムは調理せずに摂取できるため、未調理のロース肉のように調理に伴う油脂の摂取がなかった。その結果、脂質エネルギー比が20%を下回る食事計画となってしまう、トレーニングを行う際の適切な栄養バランスを欠くこととなった。そこで、食事にツナフレークを追加し、缶に含まれる油を捨てずに摂取することとした（表2）。脂質は「悪者」のイメージが強いが、脂質摂取の制限による脂溶性ビタミンや必須脂肪酸などの摂取量の減少を防ぐため、グリコーゲンローディング期間に限らず、日頃の食事から脂質エネルギー比が20%を下回らないよう注意する必要がある。

骨格筋量を維持するため、体重1kg当たり2.0gのたんぱく質を摂取することが推奨されており（トーマスら 2017）、本研究の被験者（体重およそ60kg）は1日当たり120gのたんぱく質を摂取する必要があった。マラソンの3日前、2日前、前日の1日当たりのたんぱく質摂取量はそれぞれ123g, 124g, 132gであり、いずれも推奨量を満たしていた（表2）。さらに、たんぱく質1gあたりのエネルギー量を4kcal（寺田 2017）としてたんぱく質由来のエネルギーを算出し、摂取エネルギー全体に占めるたんぱく質由来のエネルギーの割合（たんぱく質エネルギー比）を求めたところ、マラソンの3日前が12.6%、2日前が12.4%、前日が13.6%であった。「日本人の

食事摂取基準（2025年版）」に示されたたんぱく質エネルギー比の目標量は13～20%であることから、マラソン前3日間のたんぱく質エネルギー比は目標量の下限に近い値であった。グリコーゲンローディング期間の食事は糖質エネルギー比が高いため、本研究の被験者のように、たんぱく質の摂取量が推奨量を満たしていても、たんぱく質エネルギー比が目標量の下限に近くなることがある。本研究の被験者のたんぱく質摂取源は、主に白米、豆腐、ツナフレック、あんぱん、ヨーグルトであった（表1）。また、たんぱく質の摂取量を増やすため、納豆やロースハムを食べていた。たんぱく質摂取量がマラソンの3日前、2日前よりもマラソン前日において多かった要因として、マラソン前日の夕食にちくわといわしの味噌煮を加えたことが挙げられる。それらの食品からそれぞれ10gおよび13gのたんぱく質を摂取した結果、1日当たりのたんぱく質摂取量は他の2日間と比較してマラソン前日に多くなった。

アルコールはチアミントランスポーターの発現を抑制し、チアミン（ビタミンB1）の吸収を減少させる。ビタミンB1は糖質をエネルギーに変える際に必要な栄養素であるため、アルコールの摂取によってビタミンB1の吸収率が低下すると、グリコーゲンローディングによって蓄えられたグリコーゲンを十分に活用できなくなる。本研究の被験者は、毎日晚酌を行う習慣があり、定期的にアルコールを摂取していた。しかし、アルコールがグリコーゲンローディングに及ぼす悪影響を考慮し、グリコーゲンローディング期間中はアルコール飲料をノンアルコール飲料に置き換え、アルコールの摂取を控えることとした（表1）。

グリコーゲンローディングに伴う身体組成の変化

グリコーゲンローディング前後の体重、除脂肪体重、体脂肪率を図4に示した。体重および体脂肪率の測定には体組成計（インナースキャンデュアルRD-800、タニタ社製）を用い、起床後に排尿・排便を済ませてから薄着で測定を行った。除脂肪体重は、 $\text{体重} \times (1 - \text{体脂肪率} / 100)$ という計算式から算出した。骨格筋や肝臓にグリコーゲンが1g貯蔵されると、グリコーゲンと同時に2.6～2.7g程度の水分が貯蔵されるため、グリコーゲンローディングを行うと体重が増加する（寺田 2017）。本研究の被験者の体重はグリコーゲンローディングを開始した翌朝から増加し（60.1kg → 61.3kg）、グリコーゲンローディング2日目の翌朝にさらに増加した（61.4kg）。しかし、グリコーゲンローディング3日目の翌朝（マラソン当日の朝）には、体重が60.6kgまで減少していた。除脂肪体重はグリコーゲンローディング開始から徐々に増加していたが、マラソン当日の朝には減少していた（56.7kg → 55.2kg）。除脂肪体重とは脂肪以外の組織（筋、骨、脳・神経、内臓）の重さであり、その約50%が筋量に相当することから、筋量の指標として用いられる（北川 2014）。つまり、本研究の被験者は、筋量が減少した状態でマラソン当日を迎えていたことになる。一方、体脂肪率はグリコーゲンローディングを開始した翌朝に増加、グリコーゲンローディング2日目の翌朝に減少し、グリコーゲンローディング3日目の翌朝（マラソン当日の朝）に増加していた。本研究の被験者は、疲労回復・コンディショニングの目的で、マラソ

ン前夜に温水を用いた半身浴を比較的長時間行っていた。体水分量はグリコーゲンローディング2日目の翌朝（39.0 kg, 体重比63.5%）に比べてマラソン当日の朝（36.9 kg, 体重比61.0%）の方が低値を示した。また、グリコーゲンローディング実施前10日間における体水分量は 39.0 ± 0.8 kg（体重比 $64.5 \pm 0.9\%$ ）であり、マラソン当日の朝の水分量はその平均値－2標準偏差を下回っていた。グリコーゲンローディング実施前10日間の体水分量が正規分布に従うと仮定した場合、全データの約95%が平均値 $\pm$ 2標準偏差の範囲内に含まれる。したがって、マラソン当日の朝の体水分量は明らかに減少しており、その要因の一つとして半身浴に伴う発汗が軽度の脱水を引き起こした可能性が考えられた。体組成計は、「水分や電解質を多く含む筋や血液などでは電気が流れやすく、水分や電解質をほとんど含まない脂肪組織では流れにくい」という原理を利用して身体組成を推定するものである（西牧と山本 2020）。よって、体内の水分が通常よりも少ない脱水状態で体組成計による身体組成の推定を行うと、実際よりも筋量が少なく見積もられてしまう（InBody Japan, online）。つまり、脱水状態で行われた体組成計による身体組成の推定では、筋量の指標である除脂肪体重が過小評価され、体脂肪率が過大評価される。したがって、グリコーゲンローディング3日目の翌朝（マラソン当日の朝）は、前夜の半身浴による発汗の影響で体重が減少し、体組成計による正確な身体組成の推定が行われていなかった可能性がある。

マラソンによって引き起こされる遅発性筋肉痛、筋損傷

多くの市民マラソン大会は日曜日に開催されることから、市民ランナーが懸念するのは、マラソンの翌日以降、しばらくの間ひどい筋肉痛を抱えたまま仕事をしなければならないことである。運動後数時間から1日くらい経過してから発症する筋肉痛は遅発性筋肉痛（Delayed Onset Muscle Soreness: DOMS）と呼ばれ、伸張性収縮を伴う運動による筋（筋周膜や筋内膜あるいは筋外膜）の損傷に起因するものである（野坂 2017）。クレアチンキナーゼ活性値は、血液中の筋損傷の指標である。クレアチンキナーゼ活性値は筋損傷を引き起こす運動直後や1日後にはほとんど変化しないが、運動4～5日後にピークに達した後、10日後くらいまでに運動前の値に戻る（野坂 2002）。そこで、市民ランナー1名（46歳男性、フルマラソンの自己ベストタイム：3時間56分27秒）を対象に、マラソン前後の血漿クレアチンキナーゼ活性値を乾式臨床化学分析装置（スポットケム EZ SP-4430, ARKRAY社製）を用いて測定し、マラソンによって引き起こされる筋損傷を評価した（図5）。なお、血漿クレアチンキナーゼ活性値の測定は、手指の指尖からの採血を含め、同測定に習熟した被験者（筆頭著者）自身が実施した。血漿クレアチンキナーゼ活性値は、マラソン6日前からマラソン当日にかけて減少する傾向が見られた。その要因として、マラソン6日前からは疲労回復・コンディショニング期間として、乳酸カーブテスト以外のランニングを行わなかったことが考えられる。マラソン6日前からマラソン当日までの血漿クレアチンキナーゼ活性値（ 277 ± 30 IU/L）を基準とすると、マラソン翌日および2日後の血漿クレアチンキナーゼ活性値は基準値の平均値＋2標準偏差を超えていた。基準としたマラソン前の

血漿クレアチンキナーゼ活性値が正規分布に従う場合、全データの約95%が平均値 $\pm$ 2標準偏差の範囲内に含まれる。よって、マラソン翌日および2日後の血漿クレアチンキナーゼ活性値は極端に大きな外れ値とみなすことができ、マラソンによる筋損傷はマラソン翌日に生じ、マラソン2日後にピークに達した後、マラソン3日後にはマラソン前の値に戻ったと考えられる。そのようにマラソン後の筋損傷が軽度なもので、長期間持続しなかった要因として、LT強度のペースを維持してマラソンを走ったこと、長期間に渡ってマラソンに向けたトレーニングを行っていたことが挙げられる。上述した通り、被験者は40kmまで6分00秒/kmというLT強度に相当するペースを維持して走った。可能な限り速く走った41~42kmのペースが4分22秒/kmであったことから、6分00秒/kmというLT強度のペースは被験者にとってそれほど高い運動強度ではなかったと考えられる。遅発性筋肉痛は不慣れな運動や長い時間を経過してから同様の運動を実施した後に生じるが、同じ運動を定期的に継続することで遅発性筋肉痛が軽減する「繰り返しの効果」が見られる（野坂 2017）。被験者は2018年からマラソンに向けたトレーニングを継続的に行っており、横浜マラソン2023に参加する前に第27回2019おきなわマラソン（2019年2月17日開催）、第35回NAHAマラソン（2019年12月1日開催）、第36回NAHAマラソン（2022年12月4日開催）に参加していた。よって、長期間に渡るマラソンに向けたトレーニングによる繰り返しの効果のおかげで、マラソン後の筋損傷や遅発性筋肉痛が軽度なもので済み、長期間持続しなかったものと考えられる。以上のことから、マラソンによる筋損傷や遅発性筋肉痛の重症化を防ぐためには、LT強度の適切なペースでマラソンを走ること、長期間に渡ってマラソンに向けたトレーニングを行うことが重要であると言える。千野ら（2024a）は初マラソンで完走を目指す市民ランナーを対象に、3ヶ月間で徐々に運動強度を上げてマラソンの完走を目指すトレーニングプログラムを紹介している。また、千野ら（2024b）では、そのようなトレーニングプログラムの提供を受けた市民ランナーが実際に行ったランニングの距離や回数、時間が報告されている。それらを参考にし、マラソンに向けたトレーニングを計画的に継続して実施することで、マラソンを完走できるだけでなく、マラソンによる筋損傷や遅発性筋肉痛の重症化を防ぐことができるだろう。

なお、遅発性筋肉痛の程度と筋損傷の度合いは、必ずしも密接な関係にないことに注意する必要がある（野坂 2017）。血液中の筋損傷指標であるクレアチンキナーゼ活性値は、通常、筋損傷を引き起こす運動の直後や1日後にはほとんど変化しないが、運動4~5日後にピークに達し、その後10日程度で運動前の値に戻る（野坂 2002）。一方、遅発性筋肉痛は、通常、運動の1~2日後にピークとなり、5日程度で回復する（野坂 2017）。遅発性筋肉痛とクレアチンキナーゼ活性値は異なる時間経過をたどり、遅発性筋肉痛の程度とクレアチンキナーゼ活性値が相関しないという報告もある（野坂 2017）ことから、遅発性筋肉痛の程度と筋損傷の度合いは完全に一致するものではない。

まとめ

乳酸カーブテストにおける血中乳酸濃度に基づいてLTレベルのペースを設定し、そのペースを維持してマラソンを走行することで、LTレベルに相当する血中乳酸濃度でマラソンを完走できることが示唆された。グリコーゲンローディングによるグリコーゲンの貯蔵に伴う体重の増加が確認されたが、グリコーゲンローディング3日目の翌朝（マラソン当日の朝）には体重の減少が見られた。また、マラソンに向けた長期的なトレーニングを行い、LTレベルのペースを維持して走行することで、マラソン後の筋損傷（遅発性筋肉痛）を軽度なものにすることが示唆された。それらの結果から、マラソン完走を目標とする市民ランナーには、本研究で実施したような適切なペースの設定、イーブン型のペース戦略、およびマラソン前のグリコーゲンローディングが推奨される。

【参考文献】

- InBody Japan. 測定前の準備：測定前の注意事項. <https://www.inbody.co.jp/inbody-test-procedures/>, (参照日2024年10月14日)
- 北川薫（2002）身体組成．運動とスポーツの生理学 改訂3版．市村出版：東京，57-64.
- Gellish RL, Goslin BR, Olson RE, McDonald A, Russi GD, Moudgil VK (2007) Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. Med Sci Sports Exerc, 39: 822-9.
- 嶋津航, 高山史徳, 丹治史弥, 鍋倉 賢治（2019）フルマラソンレースにおける Cardiovascular drift とパフォーマンスとの関係．体育学研究, 64: 237-47.
- 田口素子編著, 辰田和佳子, 長坂聡子著（2007）これだけは知っておきたいスポーツ栄養の基本．戦う身体をつくるアスリートの食事と栄養．ナツメ社：東京，17-32.
- 千野謙太郎, 倉岡弁慶, 大城英稔, 林貢一郎, 小林唯, 伊藤英之, 富田一誠（2024a）マラソン完走を目指す市民ランナーを対象とした競技サポート・ブレイクスルーランニングプロジェクトたまプラーザの取り組み一．國學院大學人間開発学研究, 15: 81-97.
- 千野謙太郎, 高本雅之, 倉岡弁慶, 林貢一郎, 富田一誠（2024b）メニューの提供を受けた市民ランナーが実施したマラソントレーニング．國學院大學人間開発学研究, 15: 99-111.
- 寺田新（2017）糖質—パフォーマンスと健康のための三大栄養素摂取法（その1）．スポーツ栄養学 科学の基礎から「なぜ？」にこたえる．東京大学出版会：東京，73-108.
- トーマス, アードマン, バーク：鈴木いずみほか訳（2017）栄養とアスレティックパフォーマンス．New Diet Therapy, 33（1）別冊．＜Thomas DT, Erdman KA, Burke LM（2016）Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. J Acad Nutr Diet, 116: 501-28.＞
- 西牧未央, 山本真帆（2020）身体組成．松林武生編, フィットネスチェックハンドブック．大修館書店：東京，76-80.

市民ランナーのマラソンに向けたペース戦略および栄養管理に関する測定・調査（千野・小林）

- 「日本人の食事摂取基準（2025年版）」策定検討会（2024）たんぱく質. 「日本人の食事摂取基準（2025年版）」策定検討会報告書. 86-103. <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/001316585.pdf>,（参照日2025年1月7日）.
- 野坂和則（2002）筋肉痛のメカニズム. 筋の科学事典 - 構造・機能・運動 -, 朝倉書店：東京, 445-71.
- 野坂和則（2017）遅発性筋肉痛はなぜ起こる？もっとなっとく使えるスポーツサイエンス. 講談社：東京, 27-9.
- 八田秀雄（2004）LTからみる持久的運動とトレーニング・栄養と運動について考えてみる, エネルギー代謝を活かしたスポーツトレーニング. 講談社サイエンティフィク：東京, 52-68, 92-111.
- 八田秀雄（2007）糖の貯蔵量はどのくらい？どんなときに乳酸はでしやすいのですか？血中乳酸濃度はどう決まる？LTとは何？LTの強度はどのくらい？マラソンでの血中乳酸濃度はどのくらいですか？マラソンやサッカーの後半は疲れもピークに見えます. 乳酸産生量もピークですか？乳酸～「運動」「疲労」「健康」との関係は？講談社サイエンティフィク：東京, 36-7, 52-3, 62-3, 98-9, 100-1, 108-9, 110-1.
- 星川雅子（2020）乳酸カーブ. 松林武生編, フィットネスチェックハンドブック. 大修館書店：東京, 128-31.
- 山内武（2023）持久力を向上させる代表的なトレーニング法. 日本トレーニング指導者協会編著, トレーニング指導者テキスト〔実践編〕3訂版. 大修館書店：東京, 234-40.

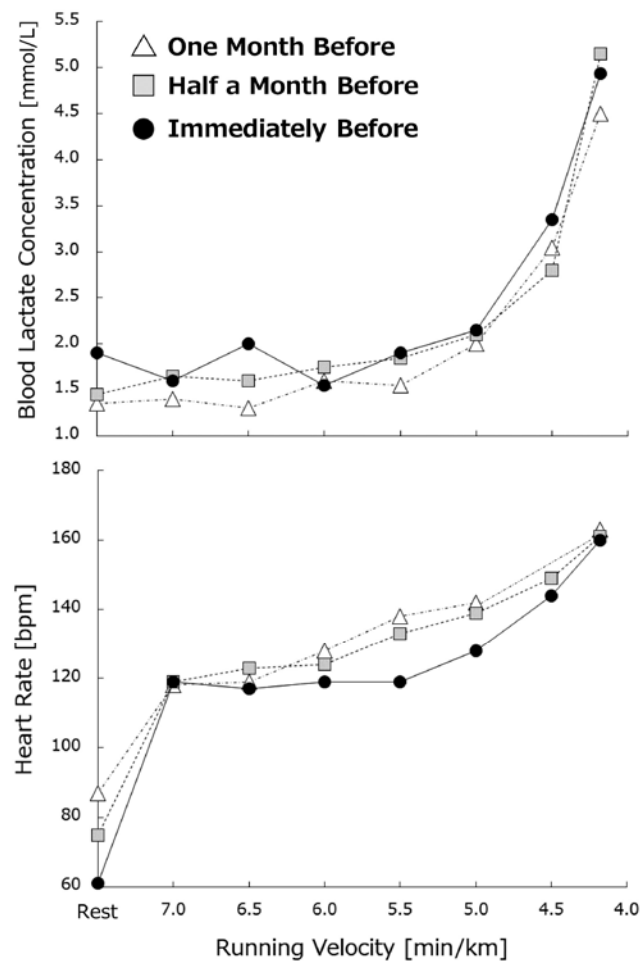


Fig. 1. Relationships between running velocity and blood lactate concentration, and between running velocity and heart rate during lactate curve test (N = 1). For a male recreational runner, the lactate curve test was conducted one month before, half a month before, and immediately before the marathon. The running velocity corresponding to a blood lactate concentration of 2.0 mmol/L was 5:00 /km one month before, 5:12 /km half a month before, and 5:18 /km immediately before the marathon. The heart rate at a blood lactate concentration of 2.0 mmol/L was 142 bpm one month before, 137 bpm half a month before, and 123 bpm immediately before the marathon. The running velocity at a blood lactate concentration of 4.0 mmol/L (i.e., the onset of blood lactate accumulation: OBLA) was 4:17 /km one month before, 4:15 /km half a month before, and 4:18 /km immediately before the marathon. Additionally, the heart rate at the OBLA was 159 bpm one month before, 155 bpm half a month before, and 151 bpm immediately before the marathon.

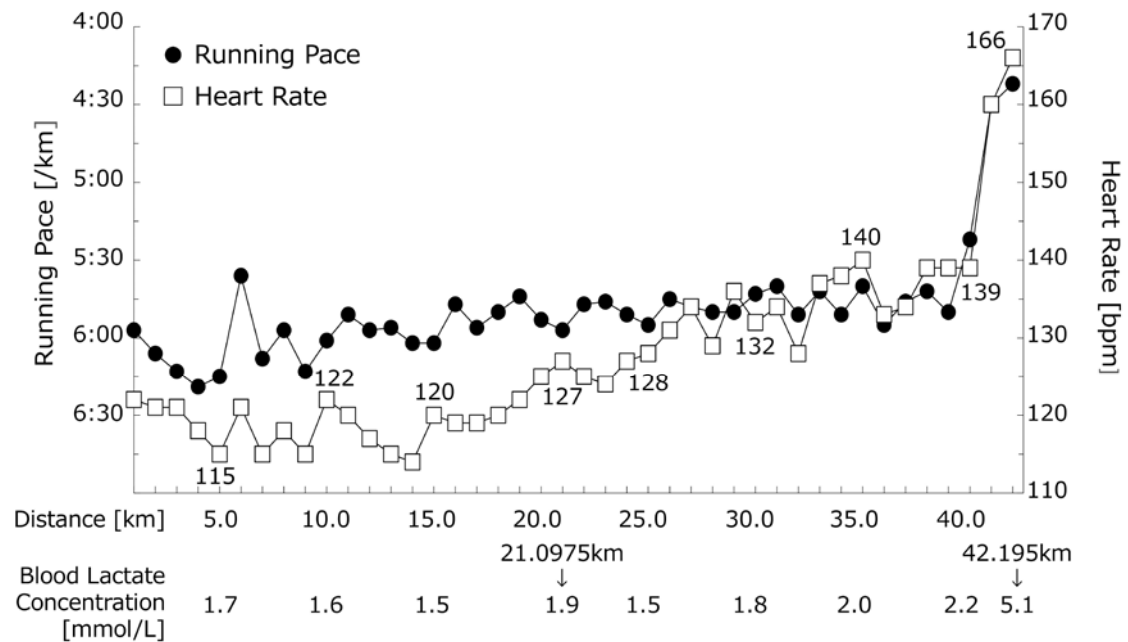


Fig. 2. Change in running pace, heart rate and blood lactate concentration during the marathon (N = 1). A 46-year-old male recreational runner ran a marathon with a target pace of 6:00 /km, corresponding to the intensity of the lactate threshold, until 40km. The actual pace was $5:53 \pm 0:11$ /km. After 40 km, the runner ran at the fastest possible pace, with actual paces of 4:30 /km and 4:22 /km at 41 km and 42 km, respectively. Heart rate until 25 km was 120 ± 4 bpm, and gradually increased after 25km. Heart rate at 41 km and 42 km were 160 bpm and 166 bpm, respectively. Blood lactate concentration until 30 km (1.6 ± 0.2 mmol/L) was less than 2.0 mmol/L and that immediately after the finish was 5.1 mmol/L.

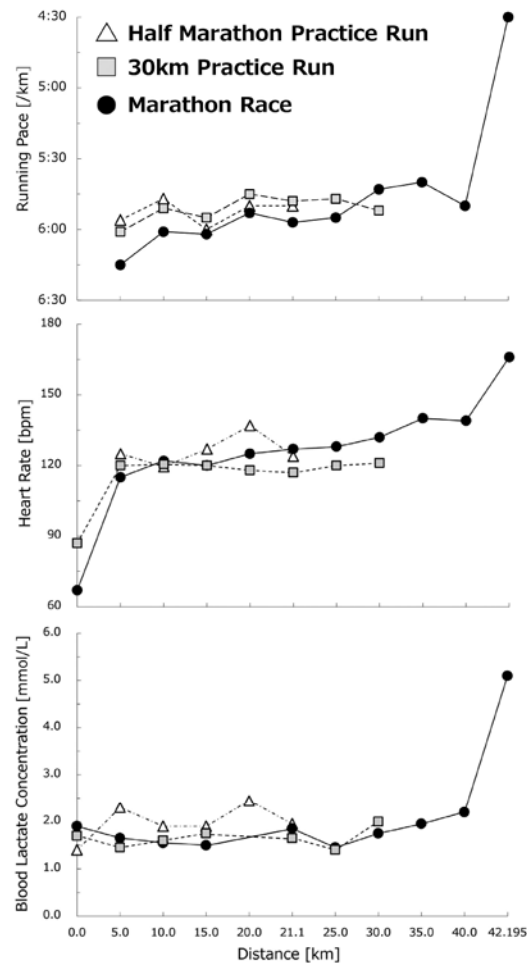


Fig. 3. Changes in running pace, heart rate, and blood lactate concentration during the half marathon practice run, 30 km practice run, and marathon race (N = 1). The half marathon practice run was conducted approximately one month before the marathon, and the 30 km practice run was conducted approximately two weeks before the marathon, both on public roads. The target pace for both practice runs was set at 6:00 /km, with actual paces of $5:53 \pm 0:05$ /km during the half marathon practice run and $5:51 \pm 0:05$ /km during the 30 km practice run. The average heart rate for every 5 km during the half marathon practice run was 127 ± 6 bpm, while the 30 km practice run recorded an average heart rate of 119 ± 1 bpm. Blood lactate concentrations for every 5 km during the half marathon and 30 km practice runs were 2.1 ± 0.3 mmol/L and 1.6 ± 0.2 mmol/L, respectively. Changes in heart rate and blood lactate concentration were similar among the half marathon practice run, 30 km practice run, and marathon race.

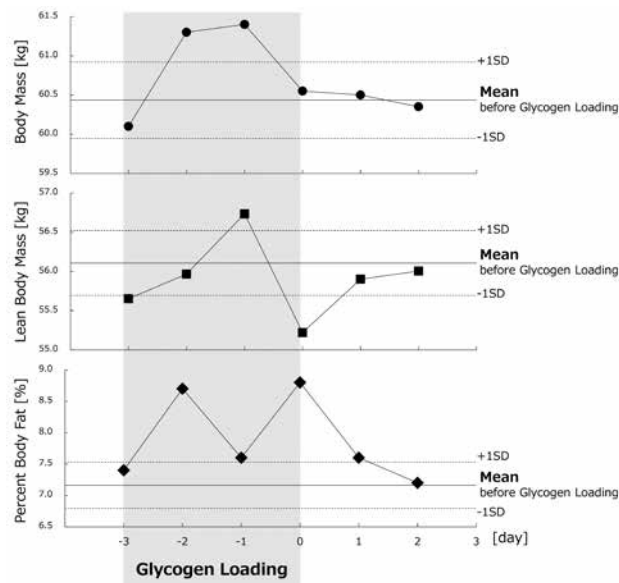


Fig. 4. Changes in body mass, lean body mass, and percent body fat before and after glycogen loading (N = 1). The percent body fat of a male recreational runner was estimated using bioelectrical impedance analysis, and lean body mass was calculated based on body mass and percent body fat. Glycogen loading was performed for 3 days before the marathon. The mean $\pm$ standard deviations (SD) for the ten days prior to glycogen loading are shown as solid and dotted lines.

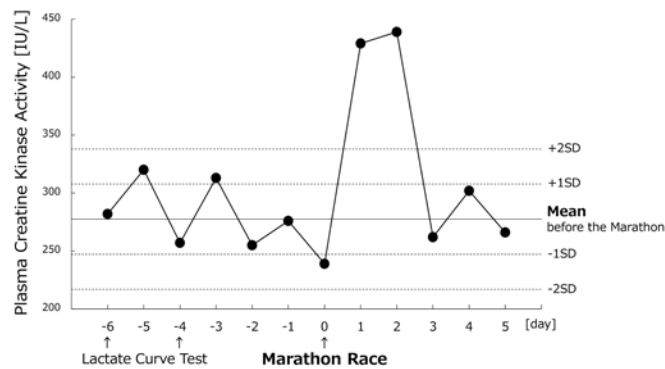


Fig. 5. Change in plasma creatine kinase activity before and after the marathon race (N = 1). Plasma creatine kinase activity of a male recreational runner was measured from six days before the marathon race to five days after it. During the six days before the marathon, which was a recovery and conditioning period, plasma creatine kinase activity gradually decreased. Plasma creatine kinase activity at 1 and 2 days after the marathon exceeded the mean plus 2 standard deviations (SD) of the six days before the marathon.

Table 1. Meal menu during glycogen loading (N = 1)

3 Days Before

Meals	Foods	Quantity	Calories [kcal]	Carbohydrate [g]	Fat [g]	Protein [g]
	Red bean paste bun	2	478	105	8	16
	Fat-free yogurt (375 g)	1	158	22	0	14
	Green smoothie (333 ml)	1	133	27	0	1
Breakfast	Black coffee	1	0	0	0	0
	Multivitamin supplement	2	1	0	0	0
	Non-glutinous rice (300 g)	2	852	182	2	14
	Shijimi clam miso soup (19 g)	2	66	7	2	4
	Tuna flakes (70 g)	1	206	0	17	13
Lunch	Seasoned erodi mushrooms (120 g)	1	58	9	0	2
	Multivitamin supplement	2	1	0	0	0
	Non-glutinous rice (300 g)	3	1278	274	3	21
	Shijimi clam miso soup (19 g)	1	33	3	1	2
	Natto (50.5 g)	1	98	3	5	8
Dinner	Kinchi (300 g)	1	177	21	1	7
	Silver tofu (300 g)	1	168	7	9	15
	Green smoothie (333 ml)	1	133	27	0	1
	Pork loin ham (40 g)	1	49	2	2	7
	Non-alcoholic beer (350 ml)	1	0	0	0	0
	Multivitamin supplement	1	1	0	0	0

2 Days Before

Meals	Foods	Quantity	Calories [kcal]	Carbohydrate [g]	Fat [g]	Protein [g]
	Smooth red bean paste bun	2	590	108	7	17
	Fat-free yogurt (375 g)	1	158	22	0	14
	Green smoothie (333 ml)	1	133	27	0	1
Breakfast	Black coffee	1	0	0	0	0
	Multivitamin supplement	2	1	0	0	0
	Non-glutinous rice (300 g)	2	852	182	2	14
	Shijimi clam miso soup (19 g)	2	66	7	2	4
	Tuna flakes (70 g)	1	206	0	17	13
Lunch	Seasoned erodi mushrooms (120 g)	1	58	9	0	2
	Multivitamin supplement	2	1	0	0	0
	Non-glutinous rice (300 g)	3	1278	274	3	21
	Shijimi clam miso soup (19 g)	1	33	3	1	2
	Natto (50.5 g)	1	98	3	5	8
Dinner	Kinchi (300 g)	1	177	21	1	7
	Silver tofu (300 g)	1	168	7	9	15
	Green smoothie (333 ml)	1	133	27	0	1
	Pork loin ham (40 g)	1	49	2	2	7
	Non-alcoholic beer (350 ml)	1	0	0	0	0
	Multivitamin supplement	1	1	0	0	0

1 Day Before

Meals	Foods	Quantity	Calories [kcal]	Carbohydrate [g]	Fat [g]	Protein [g]
	Smooth red bean paste bun	2	590	108	7	17
	Fat-free yogurt (375 g)	1	158	22	0	14
	Green smoothie (333 ml)	1	133	27	0	1
Breakfast	Black coffee	1	0	0	0	0
	Multivitamin supplement	2	1	0	0	0
	Non-glutinous rice (300 g)	2	852	182	2	14
	Shijimi clam miso soup (19 g)	2	66	7	2	4
	Tuna flakes (70 g)	1	206	0	17	13
Lunch	Seasoned erodi mushrooms (120 g)	1	58	9	0	2
	Multivitamin supplement	2	1	0	0	0
	Non-glutinous rice (300 g)	3	1278	274	3	21
	Shijimi clam miso soup (19 g)	1	33	3	1	2
	Sardines simmered in miso	1	113	6	6	10
Dinner	Grilled fair oae/Chikuwa (1 piece: 22 g)	5	170	19	5	13
	Silver tofu (300 g)	1	168	7	9	15
	Pork loin ham (40 g)	1	49	2	2	7
	Non-alcoholic beer (350 ml)	1	0	0	0	0
	Multivitamin supplement	1	1	0	0	0

On Marathon Day

Meals	Foods	Quantity	Calories [kcal]	Carbohydrate [g]	Fat [g]	Protein [g]
	Smooth red bean paste bun	2	590	108	7	17
	Non-glutinous rice (300 g)	1	426	91	1	7
	Shijimi clam miso soup (19 g)	1	33	3	1	2
Breakfast	Sardines simmered in miso	1	113	6		

The actual meal menu for a male recreational runner during the 3-day glycogen loading period prior to the marathon is shown. The primary dietary sources of carbohydrate, fat, and protein are shown in bold and shading.

Table 2. Total caloric intake, carbohydrate, fat, and protein intake during glycogen loading period (N = 1)

3 Days Before	Calorie Intake [kcal]	Carbohydrate		Fat		Protein	
		Weight [g]	Energy Ratio [%]	Weight [g]	Energy Ratio [%]	Weight [g]	Body Weight Ratio [g/kg]
Breakfast	770	154	80.0	8	9.6	31	0.5
Lunch	1183	198	67.1	21	16.2	33	0.5
Dinner	1937	336	69.4	20	9.2	59	1.0
Total	3889	689	70.8	49	11.4	123	2.0

2 Days Before	Calorie Intake [kcal]	Carbohydrate		Fat		Protein	
		Weight [g]	Energy Ratio [%]	Weight [g]	Energy Ratio [%]	Weight [g]	Body Weight Ratio [g/kg]
Breakfast	882	157	71.3	7	6.8	32	0.5
Lunch	1183	198	67.1	21	16.2	33	0.5
Dinner	1937	336	69.4	20	9.2	59	1.0
Total	4001	692	69.2	48	10.7	124	2.0

1 Day Before	Calorie Intake [kcal]	Carbohydrate		Fat		Protein	
		Weight [g]	Energy Ratio [%]	Weight [g]	Energy Ratio [%]	Weight [g]	Body Weight Ratio [g/kg]
Breakfast	882	157	71.3	7	6.8	32	0.5
Lunch	1183	198	67.1	21	16.2	33	0.5
Dinner	1812	310	68.4	25	12.2	67	1.1
Total	3876	666	68.7	53	12.2	132	2.1

On Marathon Day	Calorie Intake [kcal]	Carbohydrate		Fat		Protein	
		Weight [g]	Energy Ratio [%]	Weight [g]	Energy Ratio [%]	Weight [g]	Body Weight Ratio [g/kg]
Breakfast	1162	209	71.9	14	10.8	36	0.6

A male recreational runner performed glycogen loading for 3 days prior to the marathon. Caloric intake from carbohydrate and fat was calculated by multiplying the weight by 4 kcal/g and 9 kcal/g, respectively, and the energy ratio of caloric intake from carbohydrates and fat to total caloric intake was calculated. The ratio of protein intake to body mass was calculated.

（ちのけんたろう 國學院大學人間開発学部健康体育学科准教授，
一般社団法人スポーツおきなわパフォーマンスサイエンティスト）
（こばやしゆい 國學院大學人間開発学部健康体育学科准教授）