

初心者を対象としたサイクリング運動処方的事例 ～初めての走行で40km/2時間走行は可能か～

中 村 好 男*

Exercise Prescription for Beginner's Cycling : A Case Report

Yoshio Nakamura*

1. 緒言

自転車競技には様々な種目があるが、トラック競技の中で長距離種目の一つとして、ポイントレースがある。94年7月に広島で行われた第63回全日本アマチュア自転車競技選手権大会においても、このポイントレースが行われた。本年度は21名が参加し、1周400mのコースを計100周すなわち40kmの距離を約50分で走行した。著者は、日本アマチュア自転車競技連盟選手強化本部科学部会のメンバーとして、この競技会を視察していたのであるが、レース終了後、同行したメンバーの一人(スポーツ科学科教授)が、「我々が40kmを走ったらどのくらいの時間がかかるであろうか」と、問題提起を行った。私が、「2時間あれば走れるでしょう」と返事をしたところ、別のメンバーが、「それは無理であろう」と異論をとらえた。

問題を整理するために、私が「40kmを2時間(平均時速20km/時)で走行できる」と考えるにいたった経緯(理由)を述べておこう。

第一に、私は以前、無酸素性作業閾値(AT)についての研究を進める過程で、「ATでトライアスロンを行う」という実験に参加したことがあった(山本と中村, 1989)。この実験の被験者はいずれもサイクリングの初心者で、自転車を入手した

のがレースの3週間前という状態であったのだが、3kmの水泳の後に自転車で136kmを走破し、直ちに42.195kmのランニングを行った。実際には、レース中に筋肉痛が生じたため、ATを基準として事前に設定した予定タイムをかなりオーバーしていたのであるが、それでも、結果として136kmを274~392分(時速に換算すると20.8~29.8km/時)で完走しており、今回私が問題とした20km/時を上回っていた。

第二に、自転車競技選手に対して科学的支援を行っている中で、「ロードレーサーによる自転車走行時の負荷の大半を占める空気抵抗は、走行速度に対して指数関数的に増大していくため、20km/時ではほとんど抵抗を感じない程度である」という知見を得ていた。また、先のトライアスロンレースの際に、私自身が実験用のロードレーサーに数分間試乗し、30km/時程度の速度が意外と楽なものであることを経験していたのであった(注:ただし、ほんの数分の試乗であり、それを2時間遂行可能かどうかについては、自信はなかった)。

もちろん、私の意見に異を唱えた者も同じ科学部会の研究メンバーであり、私から説明するまでもなく上記のことは了解していた。ただし彼の場合、自分自身でロードレーサーを購入して乗り回

*スポーツ科学科

*Department of Sports Sciences

表1. 漸増運動負荷試験によって測定したVTと

	被験者A	被験者B
\dot{V}_{O_2} (l/min)	1.23	1.99
peak \dot{V}_{O_2} (l/min)	2.80	3.70

していたこともあり、私の経験したことのない様々な事例に通じていた。彼は、自身の経験に基づいて、「腎部の痛みなどの予期せぬ事態が必ず生じるため、初心者が2時間も自転車漕ぐのは困難だ」と主張したのであった。

別に、論争をすることが目的ではなかったし、その論拠の多くは科学的証拠に基づくものでもない。この話はそれ以上進展しなかったが、この問題はしばらく私の頭の中に残ることとなった。そして、「予測される結果に異論があるのであれば、実験をして確かめてみれば良いではないか」と考えるにいたった。

ちょうど、同月末に私の担当する演習Iのクラスの合宿授業が予定されており、「スポーツに関わる問題を運動生理学的観点から解決するための手法を学ぶ」という授業目的にも合致することから、

表2. 各被験者の目標強度での運動時の \dot{V}_{O_2} と心拍数

	被験者A	被験者B
目標強度	負荷@VT	\dot{V}_{O_2} @VT
負荷(W)	95	134
\dot{V}_{O_2} (l/min)	1.60	2.01
心拍数(bpm)	135	167

急遽この実験を教材として利用することとした。ただし、40kmを2時間で走行できるかどうかということだけでは個人の体力特性が考慮されない。まず、「時速20kmの自転車走行の生理学的運動強度はどのくらいか」という問題を解決した上で、「個々人のATがその強度を上回っているならば、時速20kmでの2時間の実走行が可能といえるかどうか」ということを検証しようとした。これは、「初心者が40kmのサイクリングを行う場合、ATレベルを基準として設定された目標タイムで走破することが可能かどうか」という、運動処方における一般的問題に拡張することができるであろう。

2. 走行速度と負荷強度

ところで、20km/hの自転車走行時の負荷強度とはどれくらいのものであろうか。そして、それは私にとって、はたして2時間継続可能な程度の運動強度なのであろうか。

自転車(ロードレーサー)走行時の負荷抵抗には、空気抵抗(R_{air})、摩擦抵抗(R_{rot})、重力抵抗(R_g)がある。これらは、自転車の機構・形状、乗車姿勢などの影響も受けるが、主として走行速度、車重、走路勾配が関与する。そこで、Kyle(1986)の報告したデータの内の平均的な値に基づいてその関係式を記述すると以下ようになる(単位N)。

$$R_{air} = 0.51 \times V^{1.64} \quad (1)$$

$$R_{rot} = 1.9 \quad (2)$$

ただし、 V : 空気との相対速度(m/s)

したがって、全抵抗(R_{tot} ; N)および仕事率(P ;

表3. 走行当日の体重、体インピーダンス、血糖の変化

項目	被験者	早朝(空腹時)	走行直前	走行直後
体重(kg)	A	67.0	68.5	67.0
	B	67.5	69.0	67.5
体インピーダンス	A	452	402	366
	B	395	366	395
血糖(mg/dl)	A	67	68	82
	B	70	98	103

W) は

$$R_{tot} = 0.51 \times V^{1.64} + m \cdot g \cdot \sin\theta + 1.9 \quad (3)$$

$$P = V \times R_{tot} \quad (4)$$

ただし、 m : 被験者と自転車の合計質量(kg),
 g : 重力加速度(9.8m/s²)
 θ : 走路の勾配(rad)

となる。(3), (4)式から平地を20km/hで走行する場合の負荷強度を求めると57Wとなった。したがって、もし走行者のATが57Wを上回っていれば、40kmを2時間で走行することは可能であろうと推測される。ところが、実際の道路には登り下りがあるため、勾配の影響も考える必要がある。図1は、(3), (4)式にもとづいて-6, -3, 0, 3, 6%の各々の走路勾配における走行速度とその駆動に要する仕事率の関係を示したものである($m=80$ kgとした)が、3%の登り勾配を20km/hで走行するためには197Wのパワーを発揮しなければならないし、逆に3%の下り勾配では全くこがなくても35.5km/hの速度で走行可能となる。

実際には、登りと下りを同じ速度で走行するこ

とはありえない。走行者にとっては、生理的強度あるいは物理的負荷強度を一定に保ちながら走行の方がよりよい成果が得られることであろう。そこで、100Wという一定負荷での走行を行うとしたら、3%の登り勾配では12.3km/h, 3%の下りでは43.2km/hの速度となる。したがって、20kmにわたる3%勾配の道路を往復すると、登りでは98分、下りでは28分となり、計2時間6分ということになる。±3%という勾配は、一般道路の中では特別に意識されるような強い傾斜ではないことを考えると、どうやら100Wという負荷強度が40km/2時間走行の鍵となるといえるだろう。

3. 準備

1) 被験者の選定

被験者は私自身が行った(被験者A)。また、私が担当している演習を履修している学生に対して、上記の事項ならびに以下の測定概要を説明した上で被験者を募った。希望者が2名であったため、ジャンケンによって1名の被験者を決した(被験者B)。被験者自身の希望意思が明白なため、同意書は取らなかった。

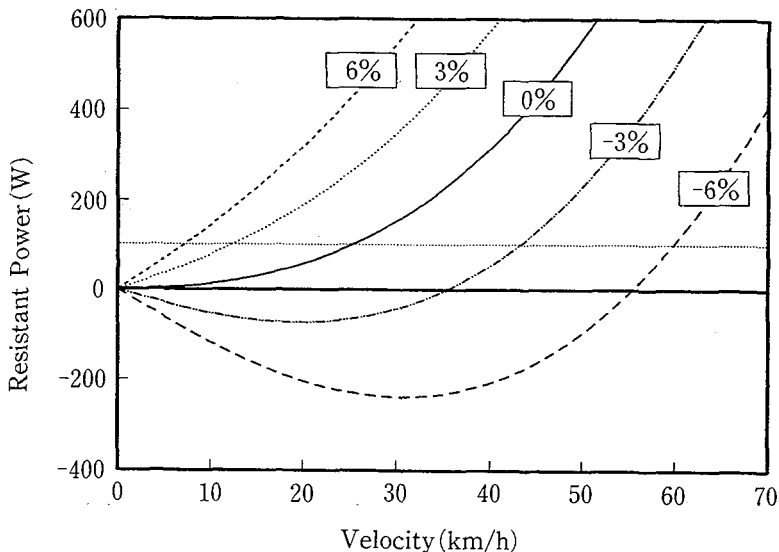


図1. 自転車走行時の機械的仕事率。Kyle(1986)の示した抵抗値に基づいて、種々の勾配(-6, -3, 0, 3, 6%)の走路を所定の速度で走行するために必要とされるパワーを推定した。図中の細点線は、100Wのラインを表わす。

2) 運動負荷試験

被験者は、実験の前に、自転車エルゴメーターを用いた運動負荷試験を2回行った。

第一の試験では、換気閾値(以下、VT)ならびにピーク酸素摂取量(\dot{V}_{O_2})を測定した。負荷は20W/minのランプ負荷であり、疲労困憊に至るまで行った。運動中には呼気ガスを連続採取し、自動呼吸代謝計測装置(ミナト医科学, RM-300)によって換気量、酸素摂取量(\dot{V}_{O_2})、二酸化炭素排出量、呼気酸素分圧、呼気二酸化炭素分圧を10秒毎に計測した。また、胸部双極誘導法によって心電図を監視し、そのRR間隔から10秒毎の心拍数(HR)を計測した。

10秒毎のデータに3点移動平均を施し、その時系列のグラフを総合的に判定してVTの負荷強度ならびにその時点での \dot{V}_{O_2} を求めた。また、疲労困憊時の \dot{V}_{O_2} (30秒間値)の最大値を \dot{V}_{O_2} とした。それらの結果は、表1に示した。

第二の試験では、実走行中の目標強度での一定負荷運動を20分間(被験者B)あるいは30分間(被験者A)行った。目標強度は、被験者AではVT時のエルゴメーター負荷(負荷@VT)、被験者BではVT時での \dot{V}_{O_2} が達成される強度(\dot{V}_{O_2}

@VT)とした。一般に、負荷@VTで運動する際の \dot{V}_{O_2} は、 \dot{V}_{O_2} @VTを上回る。したがって、この両者は異なるものであるが、VTでの運動処方に関して負荷@VTと \dot{V}_{O_2} @VTのどちらを基準とすべきかということについては一般的な見解が得られていない。また、被験者Aの95WというVT値での負荷強度は、先に述べたように40kmを2時間で走行するためのぎりぎりのレベルである。そこで、被験者Bについては安全のために \dot{V}_{O_2} @VTという低い基準を用い、被験者Aについては2時間で走破するという当初の問題提起を考慮に入れて負荷@VTという高い基準を用いた。もちろん、この負荷@VTという運動強度が疲労の招来をもたらすものであれば、被験者Aはその強度での自転車走行を2時間継続することができないであろう。

ここでは、第一の負荷試験と同様の計測機器を用いて、 \dot{V}_{O_2} ならびにHRの1分毎の平均値を計測した。その結果(運動時10~20分間の平均値)を表2に示す。被験者Aについては、計30分間の運動を行っているが、20~30分間の \dot{V}_{O_2} の平均値は1.62l/min、HRの平均値は141bpmとなった。Whippら(1987)は、 \dot{V}_{O_2} が継続的な上昇(ドリフト)を示すような運動では血中乳酸の蓄積が起ると報告しているが、被験者Aでは \dot{V}_{O_2} のドリフ

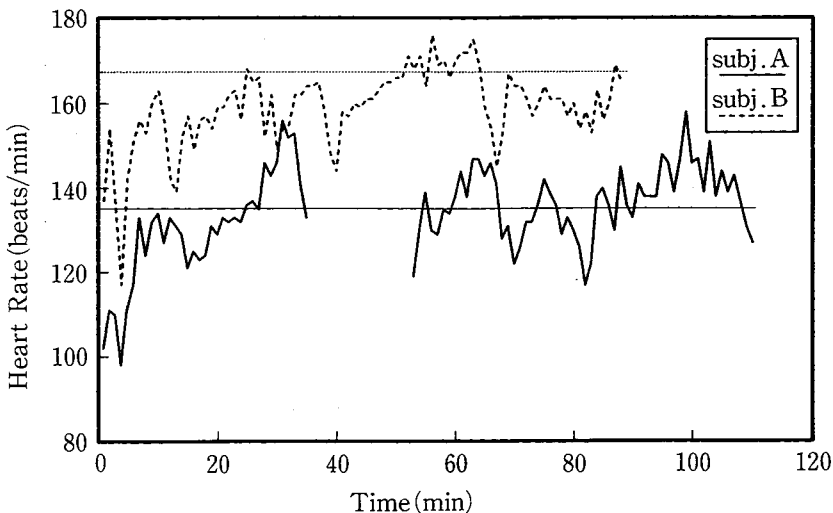


図2. 実験走行中の心拍数。被験者Aについては、測定器の不調により途中のデータが欠落している。横線は、表2に示した各被験者の目標強度に相当する心拍数を表わしている。

トは僅少であるもののHRにはドリフトが生じており、疲労の招来をもたらすぎりぎりのレベルであることが確認された。

3) コースの設定

走行コースは、長野県軽井沢町の早稲田大学追分セミナーハウスを基点として、安全に無理なく走行できることを目指して選定された。当初は、国道18号線を上田方面に下って20kmを往復するコースを考えたが、5%以上の坂道が随所にあることと交通量が多いことから単なる1往復のコースは断念し、セミナーハウスから浅間サンラインに出てそこを3往復してセミナーハウスに戻るといったコースに落ち着いた。

浅間サンラインの往復コースは、距離が6.4kmであり、途中1箇所500m程にわたって6%程度の坂が続く他は、勾配は3%以下であった。また、交通量がそれほど多くはなく、交差点が2箇所（内、信号は1箇所）であり、自転車走行中にペースを乱されることはほとんどなかった。追分セミナーハウスを基点としたため、実際の走行距離は42kmとなった。

4) 所要時間の見積り

被験者Aの目標強度は95W、被験者Bでは134Wであるから、(3)、(4)式に基づいて走行速度を計算すると、コースが平坦であった場合には各々24.7km/h、28.5km/hとなり、全所要時間は各々102分、88分と見積られる。ただし、6%の坂道を500m×3回往復するだけで、平坦な場合に比べて8.1、4.5分の増となることが計算されるし、その他の起伏の影響も考慮する必要もあるだろう。そこで、被験者Aでは115~120分、被験者Bでは95~100分を予測所要時間とした。

5) 補給計画

事前の測定結果から、走行中の \dot{V}_{O_2} は、被験者Aでは1.6l/分、被験者Bでは2.0l/分と予測されている。したがって、1lの O_2 が5kcalに相当すると仮定すると、本コースの走破に要するエネルギー消費量は各々960kcal ($1.6 \times 5 \times 120$)、1000kcal ($2.0 \times 5 \times 100$)と見積もることができる。

このエネルギー需要を見越して、被験者には1日前から食事内容を記録するとともに、糖分を中心として摂取栄養量を意識的に増やすように指示した。走行の24時間前からの摂取エネルギー量は、被験者Aでは4200kcal、被験者Bでは4650kcalであった。また、当日の暑熱環境にも配慮して、被験者には当日朝から水分摂取を心がけるように指示した。

ただし、本実験のようなVTレベル程度の運動では、その消費エネルギーの半分は脂肪で賄われると想定される。したがって、糖によるエネルギー需要は高々500kcal程度となり、運動中の消費エネルギーは、体内に通常蓄積されたグリコーゲンで賄えると予想される。しかし、暑熱環境下での水分需要も考慮して、自転車に飲料ボトルを装着したほか、コースの折り返し地点に補給所を設けた。また、1台の伴走車（前半は被験者B、後半は被験者Aに伴走）を用意して走行中も被験者の意思で適時補給できるように配慮した。

6) 測定

実験当日の朝に血圧および安静心電図(12誘導)の測定を行い、異常のないことを確認した上で、実験を行った。また、走行前後に、体重、体インピーダンス、血糖を測定した。

7) 装具、その他

被験者は、自転車レース用のヘルメット、ジャージ、レースパンツ、グローブを装着した。靴は通常のアップシューズを用い、ペダルにはトークリップで固定した。

自転車のハンドルには速度計が装着され、常時走行速度が表示されている他に、被験者が表示を選択することによって走行開始後の所要時間、走行距離などをみることができるようになっていた。

走行中には、被験者に心拍数計を装着し、1分毎の平均心拍数を記録できるようにした。また、前腕に装着した表示装置によって、被験者が走行中の心拍数を確認できるようにした。

また、被験者Aには経験者の運転による自転車、被験者Bにはオートバイによる先導を行い、交差点通過を含めた交通上の安全対策を施した。

3. 実験結果

1) 環境, 気象条件

当日の天候は晴れ。微風。温(湿)度は、午前6時に23℃(75%), 走行直前(13時30分)には28℃(70%), 直後(15時30分)には29℃(64%)であった。

2) 所要時間

両被験者とも、無事に完走することができた。途中補給所などで休憩することもあったが、休憩を含めた所要時間は、被験者Aでは110分、被験者Bでは88分であった。平均時速は各々22.9、28.6 km/hであり、両被験者とも、事前に見積もった予定時間よりも早くゴールしていた。

3) 走行中の心拍数

走行中の心拍数を、図2に示した。被験者Aについては心拍計の不調のため、途中のデータが欠如している。両被験者とも、折り返し地点で休憩が挟まるため心拍数は低下した。走行中には、両者とも目標の心拍数を上回らないように意識して走行していたが、被験者Aでは随所でその値を上回っている。また、被験者Bでも60分の時点で目標よりも高値を示した。これは、全て登り坂を通過したときであり、特に先述した6%の登り坂を通過するときには高値となってしまふことが多かった。この坂を登る方向がちょうど風向きと逆になったことから、できるだけゆっくりとした速度で走行したにも関わらず、目標の心拍数を維持することが困難であったためである。この坂を登る際の最低速度は、被験者Aでは8km/h、被験者Bでは10km/hになった。

4) 補給内容

走行中の補給は、被験者の自由意思によって行われた。用意した補給物は、水、スポーツ飲料、バナナ、チョコレート、補助食品(エネルギーイン、カロリーメイトなど)であった。途中で摂取した水分は1~1.5lであり、摂取エネルギー(全て糖分)は被験者Aでは315kcal、被験者Bでは743kcalであった。走行24時間前から糖質摂取を意識

していたこともあり、走行中のエネルギー補給量は推定消費量よりも少なかった。水分については、事前に多日に摂取していたにもかかわらず、走行中にもかなり摂取していた。走行中の暑熱環境によるものであろう。ただし、この摂取水分量は、走行中の発汗量(後述)には及ばなかった。

5) 測定結果

体重、体インピーダンス、血糖の測定結果を表3に示した。

体重については、当日午前中の栄養・水分補充および昼食を反映して、走行直前(13:00)の値は早朝空腹時よりも1.5kg高かったが、走行後には両被験者とも早朝空腹時の値に戻っていた。この間の摂取栄養・水分量およびエネルギー消費量を考えあわせると、走行中にはおおむね2.5l程度の発汗があったことが推定された。

体インピーダンスについては、被験者Bでは走行直前に比べて直後で増加していたが、両被験者ともに走行直後の値は早朝空腹時の値を上回ることにはなかった。先に述べたように、走行中の水分摂取量は発汗量を下回っていた(おおよそ半分程度であった)が、体インピーダンスの結果からみると、脱水の兆候はなかったといえるだろう。

血糖値についてみると、早朝空腹時に比べて走行直前、直後と、値が大きくなっていった。走行直前の値には、12時過ぎに摂取した昼食の影響が大きい。直後の値が前値を上回っているのは、走行中の栄養補給の成果であろう。ただし、被験者Aはゴール間近にチョコレート片を補給しており、このような走行のエネルギー源としては無意味な補給が、直後の血糖値を増大させた理由かも知れない。しかし、いずれにしても、運動中に低血糖を招来することは防げたといえる。

6) 被験者の内省報告

走行中には被験者に様々な感想が抱かれた。補給に関しては、両被験者ともなるべくこまめに摂取することを心がけていた。被験者Bについては、「満腹感を感じたり水っ腹にならない程度にできるだけ摂取した」ようである。しかし、被験者Aでは、補給所ではできるだけ摂取したものの、

途中はあまり飲む気にはならず、固形物は全く取る気にならなかった。また、補給に関しての技術的な面からいえば、折り返し点で立ち止まって補給する場合を除いては、走行中に片手運転をしながら摂取しなければならない。被験者Bはこの点に苦労したようである。特に、「長い坂の途中で飲みたくなかったことがあり、足に力が入らずスピードがかなり低下した」と述べている。被験者Aでは、走行途中に飲む気にはならなかったわけであるが、自転車に装着した飲料ボトルから走行中に飲むことが困難であったこともその一因であろう。

運動中の目標心拍数の維持については、下り坂では最高70km/hを超えてしまうこともあり、目標値にまで高めることができないことがあった。また、逆に登り坂ではやむを得ず目標値を超えてしまうことがあった。

身体の不調については、両被験者とも臀部の痛み(坐骨結節部痛)を被った。被験者Aは、走行後30分を過ぎたあたりから感じはじめ、時々痛みが緩むものの最後はかなり痛く感じた。被験者Bでは、「少々困った」と訴える程度であった。ただし、降車後30分程度で痛みは消失した。また、被験者Aでは走行中に腰痛を感じたが、こちらも降車後は消失した。この他には、筋肉痛などの痛みを訴えることはなかった。

両被験者とも、先導や伴走車があったために安全面や補給を気遣う必要がなく、走ることに集中できて快適に走行できたと感じた。

4. 論議

本研究で取り組んだ問題は、「初心者が40kmを2時間で走ることは可能か?」ということであった。これは科学の問題というよりもスポーツ現場の問題であり、エネルギー論を中心とした生理学的問題以外にも装具やコース環境の問題あるいは安全面での問題が含まれる。

運動生理学的能量論のうち運動強度(仕事率)についていえば、VTレベルの運動であれば長時間にわたって疲労を招来しないで継続できると考えられており、自転車走行に必要な力学的仕事率が走行者のVTを下回っていれば2時間の継続は可能である。本実験では実際の負荷抵抗を

調べているわけではないが、Kyleの報告資料に基づけば、平均時速20km/hでの走行に要する仕事率は、平坦路では57W、多少の勾配が含まれていれば100W程度であろうと推定された。本実験の被験者Aは、VTでの仕事率が95Wであり40kmを2時間で走行するにはぎりぎりのレベルであることが予見できた。そこで、コースをなるべく平坦になるように配慮し、予定所要時間が115~120分となるように設定したのであった。

ところが、実際には両被験者とも、見積りよりも10分程度早く完走することができた。これは、コースの起伏の見積りが過小であったか、Kyleの資料から算定した(3)、(4)式が負荷を過大評価しているかのいずれかであろう。ここでは、「70km/hの速度が出た」という被験者(B)の報告が重要になる。というのは、事前に見積もった6%の下り坂では、(3)、(4)式に従えば100Wで駆動しても高々60km/hの速度にしかならないからである。この坂の勾配を過少に見積もったのであったとしたら、登りではもっと余計に時間がかかることになってしまい、予定よりも早く完走できたという結果と矛盾してしまう。おそらく、Kyleの資料を下に算定した(3)、(4)式のうち、空気抵抗の部分の(1)式が、本実験で用いた自転車の抵抗を、僅かではあるが過大に評価してしまったのでであろう。ただ、その程度の仔細なずれがあるとはいえ、本実験の結果は、(a)実走行中の負荷強度を概ね予測できたということ、(b)VTの負荷強度(負荷@VT)に相当する速度であれば2時間程度の走行が可能であるということを実証するものであったといえるであろう。

本実験で行った42kmの自転車走行に必要なエネルギーは高々1000kcalであった。この程度であれば、特に走行中に栄養補給を行わなくても、体内のグリコーゲンおよび脂肪で供給できるだろう。したがって、本実験結果は、2時間の自転車走行中のエネルギー需給に関して適切な補給の必要性を実証するものではない。ただし、「飲料および食糧を自由に摂取させたところ、摂取エネルギー量についても水分量についても必要量および発汗量を下回っている」という結果には注目すべきであろう。たとえば、被験者Aの場合、総エネルギー

需要のうち半分を体脂肪が供給できたと仮定しても、糖による必要量480kcalに対して315kcalしか補給しておらず、このまま続けていけば体内の「備蓄」を食いつぶしていくことになる。ただし、被験者Aの場合も2時間で高々200kcalの不足であるから、おそらく2000kcal程度のグリコーゲンの蓄積があったことを考えると、もう2時間続けたからといって低血糖を引き起こす可能性は少ないであろう。ただし、その可能性がないとは言いきれない。

水分に関してはもっと事態は深刻である。なぜなら、走行中の発汗量の半分程度しか飲料が摂取されなかったからである。もちろん、本実験では最初から高々2時間の走行しか念頭になかったため、被験者が必要以上に摂取しなかったという側面も否めないが、被験者内省で記したように、「意識」としては可能な限り摂取していたようである。本実験の走行に関しては、被験者に脱水の兆候が現れてはいなかったが、このような暑熱環境下での自転車走行が4時間あるいは6時間と継続していけば、水分不足に陥ることは必須であろうと思われる。

身体の不調に関しては、臀部の痛みが両被験者共に最も大きな問題であった。本実験では、それが予想されたためにレーサーパンツを用意したのであるが、自転車ロード走を初めて行う者にとって、坐骨結節部痛は避けられないものようである。高々2時間の走行では中断せざるを得ない程度には至らなかったが、水分摂取の問題と同様、これ以上の長時間にわたって走行する場合には継続を断念させる要件の一つとなるであろう。ただし、この痛みも終了後に消失したというのは注目に値する。また、直後にも後日にも筋肉痛が現れなかったことは、自転車運動の利点の一つといえるかも知れない。この他、被験者Aについては腰痛を報告したが、被験者Aは腰痛の既往があり、自転車走行そのものが腰痛を招来したとはいえない。しかし、腰痛に限らず既往症を有する者に

ついては、注意が必要なことはいうまでもない。

以上のことから、1)なるべく平坦で安全なコースを選定すること、2)VTがおおむね100Wを超えること、3)水分・栄養の補給が適切に行えること、4)自転車走行用の衣服を着装すること、5)疾患あるいは既往症を有さないこと、などの条件を満たした場合において、初心者が40kmを2時間で自転車走行することが可能であることが確認された。ただし、これらの条件は、その速度での2時間以上の自転車走行を保障するものではないということにも留意する必要があるだろう。

5. 追記、謝辞

本実験は、私が担当する演習I(身体運動の生理科学)の授業の一環として行われたものであり、履修しているすべての学生および教務補助員が参加した。その参加者および役割分担は以下の通り。林直亨(生命科学専攻D1:監督)、浦野剛(環境調査・運転)、栗原耕次(測定)、高桑俊介(被験者)、高野一郎(測定・記録)、田沼礼子(測定・記録)、西巧(栄養管理)、堀田義勝(自転車調整整備)、堀内祐樹(コース設定・運転)、梶田和佳(栄養管理)、松岡美奈子(測定)、吉田国夫(物資調達・先導)、若林幹子(測定)。

文 献

- 1) 山本義春, 中村好男:「ATの話」, ブックハウスHD, 1989.
- 2) Kyle, C.: Mechanical factors affecting the speed of a cycle. In: Science of Cycling. E.R. Burke (Ed.), Chap. 6, Human Kinetic Publisher, Illinois, pp. 123-136, 1986.
- 3) Whipp, B.J.: Dynamics of pulmonary gas exchange. Circulation, 76(suppl. VI), : VI18-VI28, 1987