

炭水化物口 - ディングの最新知見

大西祥平, 木下訓光, 勝川史憲, 山崎 元

はじめに

スポーツ選手の競技力向上に必要な栄養学の知識も経験的な要素が少なくない。また、科学的な検討を加え得られた結論にも必ずしも意見の一致をみないことが多いのが現状である。特にスポーツ競技前の炭水化物ローディングについてもそうである。

本論文において、最近の炭水化物ローディングの見直しについての報告内容を整理し、今後の検討課題を整理する。また、本スポーツ医学研究センターでの競技選手に対する栄養調査での競技選手の栄養摂取の現状と問題点そして指導の結果による変化について、スポーツ医学研究センターにおける栄養指導の取り組みについて報告する。

炭水化物ローディングとは

歴史的背景

1939年、スウェーデンのChristensen氏とHansen氏は運動前の炭水化物の摂取量の多少が持久力に影響を与えることを指摘した。また1960年代において、疲労こんぱいまで運動と炭水化物摂取量の制限を行った後、炭水化物の豊富な食事を与えることで筋肉と肝臓の炭水化物が通常以上に貯蓄されることが報告された。これにより普段の食事と比べ豊富な炭水化物を摂取したほうが短時間運動において長時間運動(75% V02max)でのパフォーマンスがアップする。

現在、筋肉内グリコーゲン貯蔵量より多くする方法として一般的に言われているのは競技1週間前から練習量を徐々に減らしながら炭水化物の豊

富な食事をとることである。

長時間運動以外に關しての効果は認められないとの報告が大半であるが、必ずしも意見の一致を見ていないのが現状である。

運動時間と筋肉内グリコーゲン量との關係について

通常、筋肉内グリコーゲン量は筋肉乾燥重量1kgあたり80mmolである。持久性運動を行い、一般的な食事をとっている場合は125mmolと若干増加する。炭水化物の豊富な食事をとると200mmolまで増加する。運動選手は習慣的に中等度以上の炭水化物(6g/kg以上)を摂取しているが、一般の人と比べて同等の食事してもより多くのグリコーゲンが蓄積する。筋細胞内により多くのグリコーゲンを移動させるグルコーストランスポーターGLUT-4が運動選手には多く存在することが示されている。特に筋肉内のグルコースを枯渇するまで運動を行った後、同等の食事をして一般の人より運動選手の方が筋内グリコーゲン量は多く、GLUT-4も多かったとの報告がなされ、動物実験を指示するものである。

このように運動選手はより多くの筋内グリコーゲン量を蓄積することが証明されたが、運動能力にどのような影響を与えるかの検討において、疲労困ぱいするもでの運動量のばらつきが大きく(変動幅17%)筋内グリコーゲン量の増加の効果を評価するのが困難であるケースが多く、疲労困ぱいまでの運動負荷法に工夫が必要であるとされている。

運動時のエネルギー供給システムについて

高エネルギーリン酸化合物であるATPのエネ

ルギーを利用して筋肉は収縮運動を繰り返し、そして運動強度に見合ったATPの供給が必要となる。ATPを供給する高エネルギーリン酸化合物であるクレアチンリン酸を含めたATP-PCR系は15Kcal/秒の速度でエネルギーを供給できるシステムであり、非常に大きなパワーを生み出すことができるが、筋肉内に蓄積されている量は100Kcal/kgであり7秒ほどの全力運動しかできない。また無酸素にてグリコーゲンを乳酸まで解糖する無酸素性解糖では7Kcal/秒の速度でエネルギーを供給できるが、最終産物である乳酸が0.3モル/kg筋肉内に蓄積すると筋肉は収縮できなくなる。そのため、このシステムで利用できる量はグリコーゲン量は筋肉内の240Kcal/kgほどであり、ATP-PCR系を合わせて40秒間の全力運動が行えることとなる。陸上競技での400m走、スケート500mの競技が相当する。有酸素性解糖によるATPの供給は3Kcal/秒の速度でなされる。肝臓および筋肉内のグリコーゲン量は十分あり90分間程度の運動は可能となる。

炭水化物負荷による最大運動許容量の変化

運動継続が15分から20分以下である非常に高強度の運動に対して

非常に低い炭水化物摂取量という食事の場合は明らかに最大運動許容量は低くなるが、この食事は非日常的であるため参考にはなりえない。通常の食事と高炭水化物食を比較した場合には明らかな運動量に差を認めていないのが多くの報告である。

中等強度の運動の場合

1時間から1時間半の運動の場合における検討の多くは、同様に炭水化物の摂取を増やして、筋肉グリコーゲン量が増えたとしても最大運動許容量の増加は認めたとの報告は無い。

長時間運動の場合

1時間半を越える運動を行うような運動強度では、豊富な炭水化物を摂取し、筋肉グリコーゲン

量を増やしたほうが最大運動量は増加するとの報告がある。筋肉グリコーゲン量と最大酸素摂取量の75%強度のサイクルエルゴメータでの運動量とに相関がみられるとも報告されている。しかし通常以上の豊富な炭水化物を摂取したときの長時間運動に及ぼす効果は筋肉グリコーゲンが20%程度ふえたとしても、せいぜい2-3%程であるのが現状である。しかし、毎日2時間程度の運動を行った場合において炭水化物の摂取量の違いをみると、明らかに数日後には筋肉グリコーゲン量にかなりの差を生じ、長時間運動に支障をきたす程度まで筋肉グリコーゲン量は低下するため、日常の十分な炭水化物の摂取は必要であるとされる。

慶應義塾大学体育会サッカー部の栄養調査並びに栄養指導結果について

平成9年2月、6月そして12月の3回、最大39名において栄養調査を行った。調査法は平日の3日間の食事、朝、昼、間食そして夕食の食事を写真に撮り、また量についての記入を参考にして、撮った写真をもとにしてカロリー計算を行った。

統計学的処理は、各指標の平均と標準偏差、そして第一回目、二回目そして三回目のおおの値の変化については対応のあるT検定を用いて、 $p < 0.05$ をもって有意差ありと判定した。()内は標準偏差値を示す。

調査結果(図)

カロリー摂取量

第一回目は2899(401)kcal、第二回目は3645(637)kcalそして第三回目は3725(539)kcalであり、二回目、三回目は一回目に比べて有意に摂取量は増加した。

体重については第一回目67.1(5.0)kg、第二回目66.4(4.7)、第三回目67.7(4.7)kgと変化はわずかではあるが二回目と三回目との間に有意差を認めた。今回は前年度のデータは無いが、一般的にシーズン前後の体重の変化は多くの選手において減少しているの通常であったことを踏まえ、今回はシーズン前後においてむしろ体重増加がみ

られたこととなる。

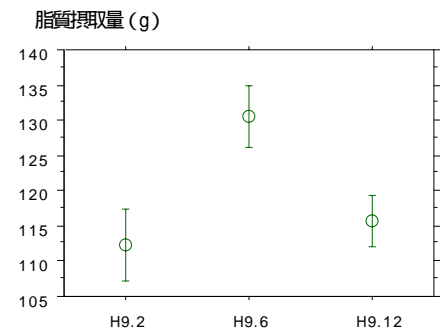
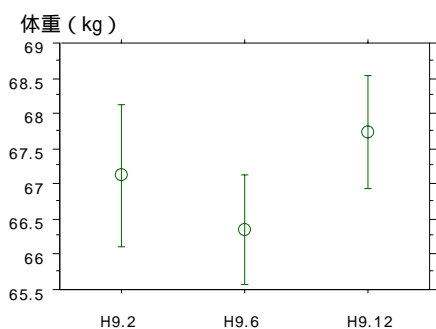
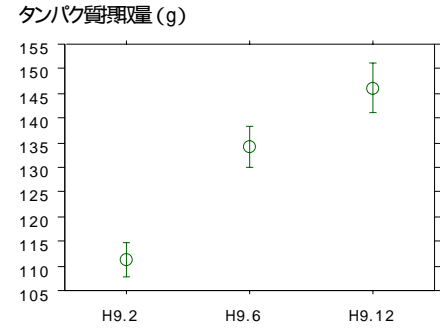
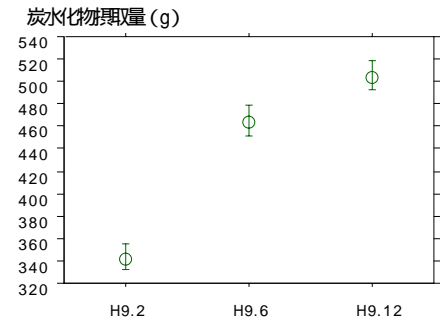
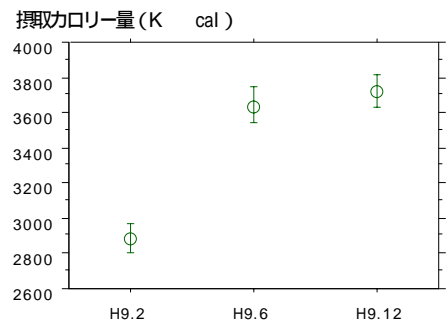
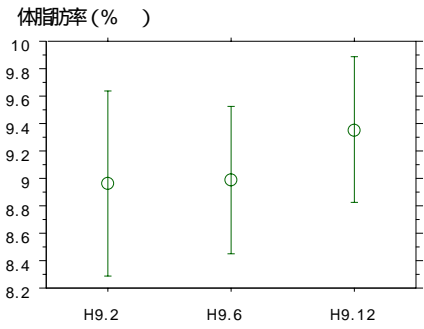
また体のコンディショニングの一つの指標である体脂肪率をみると第一回目9(3.4)%、第二回目9(3.3)%そして第三回目9.4(3.1)%と3群間に差を認めず、シーズンをとおしてコンディショニングは維持できていた。

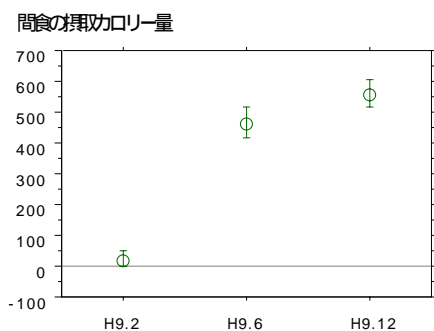
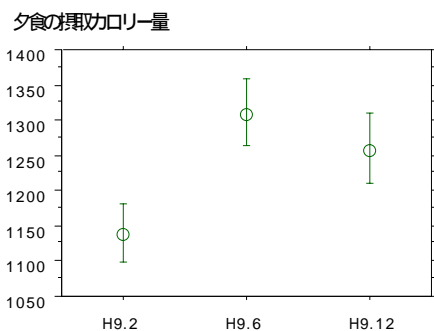
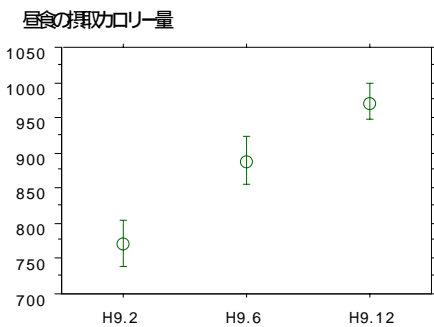
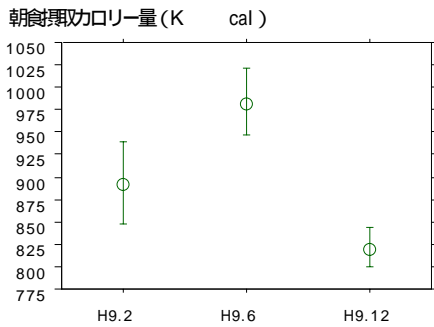
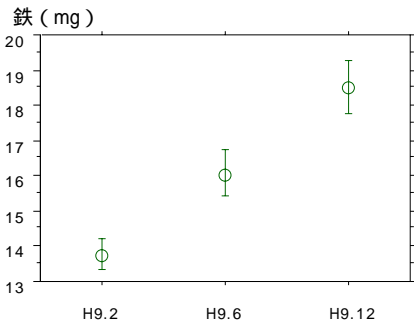
食事の内容についての検討を行ってみると、摂取カロリー量が増加した要因は炭水化物の摂取量が第一回目 343(57)g、第二回目 465(88)g、第三回目 505(75)gと有意に増加しており、またタンパク質においても同様の結果であった。脂質においては第二回目において第一回目と第三回目と比較して多かったが、全体として総カロリー量に占める脂質の割合は有意に減少した。

また一日の食事の内訳をみると、昼食と間食でのカロリー摂取量が増加した。

第一回目および第二回目における栄養指導のポイントについて

非常に運動強度の多い競技であるにもかかわらず、多くの選手の一日の摂取カロリー量が非常に低く、まずこれを増やすことを重点に指導を行った。具体的には昼および間食を増やすこと指導したが、その通りの結果となった。また脂肪の摂取量が多く、全カロリー量の30%を越えていたため、脂肪の摂取量を特に減らさず糖質を増やすこと、主眼におかせた。このような、非常に単純であるが、何が今足りないのかを具体的に説明し、そして運動選手のコンディショニング作りにおける栄養の大切を認識させることが繰り返し行った結果、良い方向に向けた結果が得られたと考える。





文献

- 1) 石河利寛、竹宮隆編：持久力の科学 杏林出版 平成6年
- 2) Clarkson PM: Nutrition for improved sports performance, current issues on ergogenic aids. Sports Med 21:393-401,1996
- 3) Hawley JA, et al: Carbohydrate-loading and exercise performance. Sports Med. 24:73-81,1997
- 4) Walton P and Rhodes EC: Glycaemic index and optimal performance. Sports Med. 23:164-172,1997.
- 5) Hawley JA, et al: Effects of 3 days of carbohydrate supplementation on muscle glycogen content and utilization during a 1-h cycling performance. Eur J Appl Physiol. 75:407-412,1997
- 6) Hargreaves M, et al: Effects of muscle glycogen availability on maximal exercise performance. Eur J Appl Physiol. 75:188-192,1997
- 7) Hickner RC, et al: Muscle glycogen accumulation after endurance exercise in trained and untrained individuals. J Appl Physiol. 83:897-903,1997
- 8) Heigenhauser GJF, et al: Effects of glycogen depletion on the ventilatory response to exercise. J Appl Physiol. 54:470-474,1983
- 9) Gollnick PD, et al: Selective glycogen pattern in human muscle fibres after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates. J Physiol. 241:45-57,1974
- 10) Bangsbo J, et al: Muscle glycogen synthesis in recovery from intense exercise in humans. Am J Physiol. 273:E416-E424,1997
- 11) Jeukendrup A, et al: A new validated endurance performance test. Med Sci Sports Exerc. 28:266-270,1996
- 12) Vandenberghe K, et al: No effect of glycogen level on glycogen metabolism during high intensity exercise. Med Sci Sports Exerc. 27:1278-1283,1995