

長距離走者および短距離走者におけるカフェイン摂取が 運動時の炭水化物および脂肪の利用に及ぼす影響

丸山 敦夫¹, 平木場浩二², 木畑 聡³

(1992年10月15日 受理)

Effect of caffeine ingestion on carbohydrate and fat utilization
during exercise in long distance runners and sprinters

Atsuo MARUYAMA, Kohji HIRAKOBA and Satoshi KIBATA

Abstract

The purpose of the present study is to examine the effect of caffeine ingestion on oxygen consumption ($\dot{V}O_2$), respiratory exchange ratio (RER), and carbohydrate (CHO) and fat utilization during three steps of exercise for 30 min in continuously low (60% $\dot{V}O_{2LT}$), moderate (100% $\dot{V}O_{2LT}$), and high (120% $\dot{V}O_{2LT}$) intensities on the basis of $\dot{V}O_2$ at lactate threshold ($\dot{V}O_{2LT}$) in long distance runners (LDR) and sprinters (SP).

The $\dot{V}O_2$ showed no significant difference between caffeine ingestion condition and control condition during 60%, 100% and 120% $\dot{V}O_{2LT}$ exercises in LDR and SP. The RER demonstrated a significant difference between caffeine ingestion condition and control condition in SP ($P < 0.05$). CHO and fat utilization was calculated from non-protein respiratory quotient which estimated from $\dot{V}O_2$ and carbon dioxide production ($\dot{V}CO_2$). CHO reduced and fat increased significantly under caffeine ingestion condition in both LDR and SP ($P < 0.05, P < 0.05$). When comparing the response to caffeine ingestion in athletic characteristics, the rate of increase in both CHO and fat utilization from control condition to caffeine ingestion condition showed significantly higher level in SP than in LDR ($P < 0.05, P < 0.05$). Furthermore, the response of LDR to caffeine ingestion was slow and that of SP was high. It was suggested that the response of caffeine ingestion to CHO and fat utilization changed slight and rather distinctive in LDR and the effect of fast-ing and caffeine ingestion was added to the remarkable response to CHO and fat utilization in SP.

-
1. 運動学 陸上競技
 2. 鹿児島経済大学社会学部
 3. 国立身体障害者リハビリテーション学院

緒 言

多くの人々が日常生活で珈琲、紅茶、緑茶などを飲んでいる。これらは一般に趣味嗜好から眠気予防などのための飲み物として取られている。しかし、運動やスポーツにおいて、これらの飲取は一般に神経興奮などの作用があるため、ドーピングとして扱われている。アンチ・ドーピング国際オリンピック憲章²⁾は、これらに含まれるカフェインを登録し、競技会や試合での使用を禁じている。

カフェインは、運動時において中枢神経に対する興奮や骨格筋の収縮性の増大などによる疲労の遅延を引き起こすと言われる^{16, 21)}が、一方で、持久性運動におけるパフォーマンスにも影響することが示唆される^{6, 8, 13)}。Costill et al.⁶⁾は、自転車競技選手にカフェインを摂取させ、長時間運動の成績が向上したことを示し、その理由として、脂質利用の促進と炭水化物利用の抑制により筋グリコーゲンの枯渇を遅らせる (sparing effect) と指摘している。

しかしながら、運動時のカフェイン摂取が脂質代謝の促進や糖代謝の抑制に効力を発揮するだけでなく、糖質分解をも促進すると言う報告もある^{12, 19)}。さらに、カフェインの代謝反応が持久性鍛練者とその他の鍛練者や一般人と異なることも指摘されている^{8, 15)}。カフェイン摂取の運動に及ぼす影響は、運動の形態や対象者により必ずしも同様ではないことが伺える。このようなことから、炭水化物や脂肪を保有している部位である筋肉に注目し、筋の代謝特性が異なる遅筋線維の高い長距離走者および速筋線維の高い短距離走者において、運動時におけるカフェイン摂取がどのような炭水化物および脂肪利用の反応を示すかはあまり検討されていない。

そこで本研究は、長距離走者および短距離走者を対象とし、乳酸性閾値を基準にした低い、中程度、高いの運動強度で30分間の運動を行なうことにより、カフェイン摂取の酸素摂取量、呼吸交換比、炭水化物および脂肪の利用度に与える影響を検討した。

実 験 方 法

1. 被 験 者

被験者はK大学陸上競技部に所属し、毎日、定期的にトレーニングを行なっている男子長距離走者 (Long distance runners; LDR) 4名および短距離走者 (Sprinters; SP) 5名の計9名である。被験者の身体特性、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) の平均値並びに標準偏差が表1に示された。体重、 $\dot{V}O_{2max}$ においてLDRとSPの間に有意な差が生じた ($P < 0.01$)。

丸山：長距離走者および短距離走者におけるカフェイン摂取が運動時の炭水化物および脂肪の利用に及ぼす影響

Table 1. Mean and standard deviation of physical characteristics and $\dot{V}O_2\max$ in long distance runners (LDR) and sprinters (SP)

group	age yrs	height cm	weight kg	$\dot{V}O_2\max$ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
LDR (n=4)	20.5±1.00	169.5±3.48	57.2±3.08	61.4±2.32
SP (n=5)	21.2±0.84	173.9±2.97	68.2±2.38**	46.8±4.84**

**; P<0.01 Significantly different from LDR

2. 実験方法

<実験Ⅰ> 低い、中程度および高いの三段階の運動強度を決定するにあたり、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$) および乳酸性作業閾値 ($\dot{V}O_2LT$) が、負荷漸増法による自転車エルゴメーター (ペダル回転数60rpm, Monark 社製) 運動を課すことによって測定された。運動負荷は運動開始 2 分目まで 0 kpm で、それ以後、Exhaustion に至まで 1 分毎に 180kpm ずつ増加した。

<実験Ⅱ> 運動による代謝および内分泌水準を一定しに、カフェインの影響をより明確にするため、運動強度は $\dot{V}O_2LT$ を基準にし、60%LT 強度、100%LT 強度、120%LT 強度の 3 段階を設定した。運動時間は各段階 10 分間ずつ一定負荷の定常運動を連続して行ない、計 30 分間とした。

3. 実験手順

実験Ⅰにおいて酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、二酸化炭素排出量 ($\dot{V}CO_2$)、換気量 ($\dot{V}E$)、呼吸交換比 (RER) を含む呼気ガスおよび血中乳酸が測定された。呼気ガスは Respiromonitor RM-300 (MINATO 社製) により運動開始から疲労困憊に至まで連続して測定した。乳酸測定のための採血は、安静時および運動開始 6 分目から 1 分毎に上腕静脈から連続して取られた。乳酸の分析は採血後ただちに 1 N の過塩素酸を用いて除蛋白を行ない、遠心分離器 (KUBOTA KC-70) により分離した上澄み液を酸素法によって測定した。

実験Ⅱでの測定項目は呼気ガスおよび心拍数であった。呼気ガスは 10 分間の安静の後、30 分間の運動中連続的に測定された。 $\dot{V}O_2$ および $\dot{V}CO_2$ から McArdle et al¹⁷⁾ と Kanaley¹⁸⁾ に従って非蛋白呼吸商から糖質および脂質の基質利用度を算出した。

カフェイン摂取条件とコントロール条件において平均値の差の有意差検定は対応のある、長距離走者と短距離走者間では対応のない t 検定を用い、有意水準は P<0.05 以上とした。

4. カフェイン摂取

被験者はカフェイン摂取条件とコントロール条件の二条件下で 30 分の運動を行なった。運動による代謝への影響を最小限にするために、被験者は実験前日は激しい運動を控えるようにした。さらに、各被験者の日常におけるカフェイン摂取の頻度は比較的少ないようであったが、カフェイン類 (珈琲、紅茶、緑茶) の摂取は実験 24 時間前から禁じた。被験者間の食事の条件を統一するために、実験前夜の食事は市販の栄養調整食品 (固形タイプ) に指定した (総カロリー 600Kcal: 炭水化物 49.8%, 脂肪 41.4%)。カフェインの効果にマイナス影響を及ぼすインシュリンの分泌を取り除く

ために、摂食時間は実験開始12時間前とし実験終了まで水以外は摂取しなかった。

実験Ⅱは、日常生活での活動による生理的変化の影響を一定にするために、午前中に行なった。被験者は排尿後、実験開始1時間前に280mgのカフェインを200mlの水で摂取した。

実験が開始されるまで被験者には椅子に座って安静を取らせた。2条件の実験が同一条件下で行なわれるように、カフェイン摂取実験とコントロール実験は無作為に行なった。2回の実験の間は、実験の疲労による生理的変化の影響を取り除くために最低で3日間の間隔がおかれた。

実験結果

60% $\dot{V}O_2$ LT, 100% $\dot{V}O_2$ LT および120% $\dot{V}O_2$ LT の負荷設定は、表2に示されたように各段階の運動強度とも全体的にやや高めの実測平均値を示したが、ほぼ同等な代謝的負担が掛けられたと考えられる。

Table 2. Mean and standard deviation of actual values of 60% $\dot{V}O_2$ LT, 100% $\dot{V}O_2$ LT and 120% $\dot{V}O_2$ LT in LDR and SP

group	ingestion	60% $\dot{V}O_2$ LT %	100% $\dot{V}O_2$ LT %	120% $\dot{V}O_2$ LT %
LDR (n=4)	control	62.8±7.28	109.7±8.51	134.8±4.78
	caffeine	63.5±4.35	109.3±11.71	133.3±14.38
SP (n=5)	control	65.4±6.49	103.6±4.43	129.3±7.52
	caffeine	65.8±4.29	106.4±5.25	132.3±10.06

LT; Lactate Threshold

図1は、カフェイン摂取条件とコントロール条件の長距離走者 (LDR) および短距離走者 (SP) における3段階の一定運動時の酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、二酸化炭素排出量 ($\dot{V}CO_2$) および呼吸交換比 (RER) の平均値を表した。LDR および SP において、両条件の $\dot{V}O_2$ および $\dot{V}CO_2$ はほぼ同水準であった。しかし、カフェイン摂取条件において LDR での RER がやや低くなる傾向にあったが、SP の RER はカフェイン摂取条件で30分間の運動中、コントロール条件と比較して有意に低かった ($P<0.05$)。

カフェイン摂取の安静時における一分間あたりの $\dot{V}O_2$, RER, 非蛋白呼吸商から推定した炭水化物 (Carbohydrate; CHO) および脂肪 (fat) の利用度に及ぼす影響をみると、表3で示されるように、LDR および SP において、カフェイン摂取条件の $\dot{V}O_2$ はコントロール条件の値より有意に高く、RER は有意に低かった ($P<0.01$)。

各10分間ごとの60% $\dot{V}O_2$ LT, 100% $\dot{V}O_2$ LT および120% $\dot{V}O_2$ LT 強度の運動時では、表4に示されたように、LDR におけるカフェイン摂取条件の CHO および fat 量はコントロール条件と比較して、

丸山：長距離走者および短距離走者におけるカフェイン摂取が運動時の炭水化物および脂肪の利用に及ぼす影響

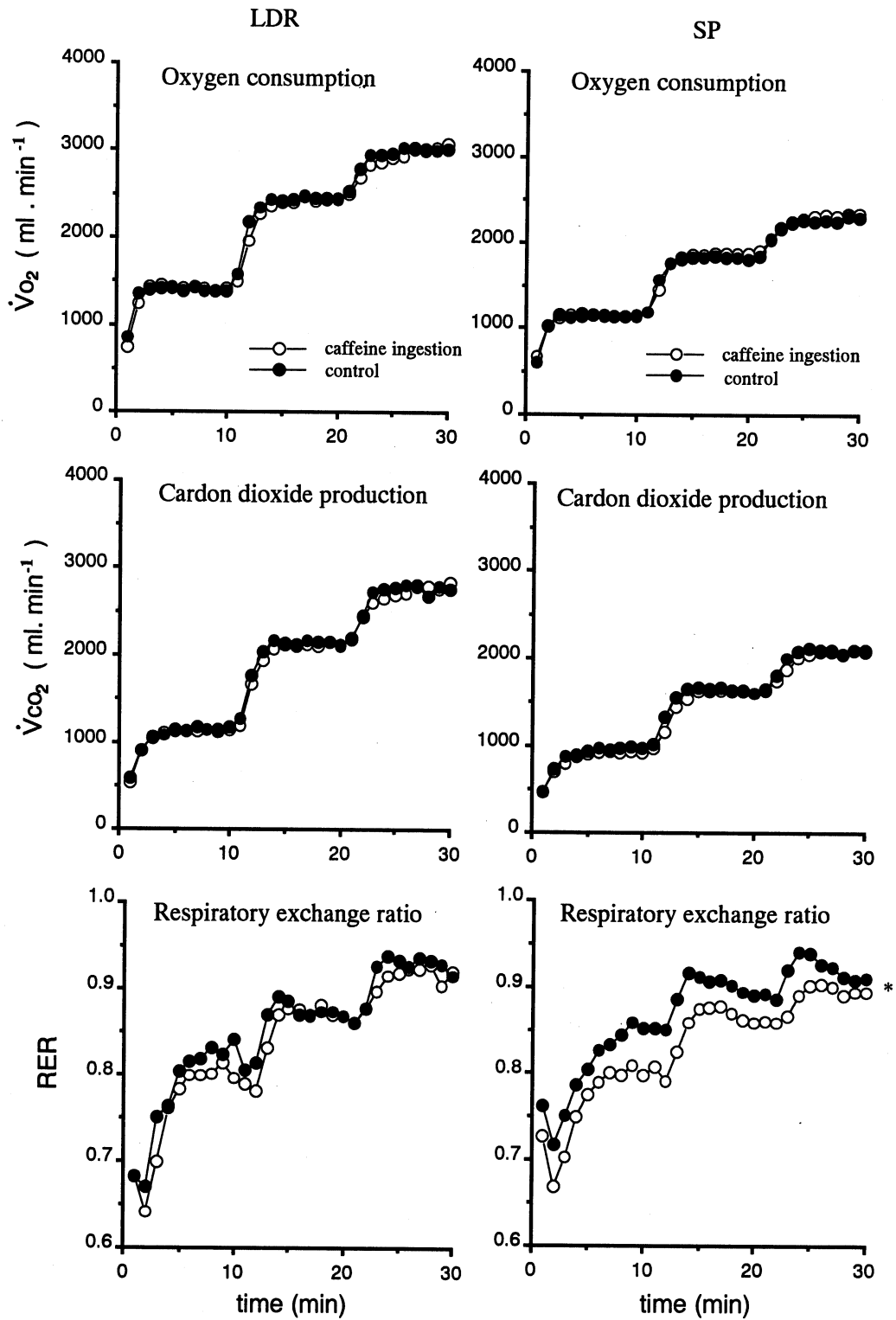


Fig. 1. Time courses of oxygen consumption ($\dot{V}O_2$), carbon dioxide production ($\dot{V}CO_2$) and respiratory exchange ratio (RER) under experimental condition (○) and control condition (●) during three steps steady exercises in LDR and SP. Values are means.

*; $P < 0.05$ Significantly different from control.

Table 3. Mean and standard deviation of $\dot{V}O_2$, respiratory exchange ratio (RER) and CHO and fat utilization of experimental condition and control condition at rest in LDR and SP

group	ingestion	$\dot{V}O_2$ <i>ml.min⁻¹</i>	RER	CHO <i>g.min⁻¹</i>	fat <i>g.min⁻¹</i>
LDR	control	258±32.6	0.76±0.065	0.223±0.2441	0.407±0.0983
	caffeine	372±21.6**	0.74±0.048**	0.136±0.1825	0.442±0.0734
SP	control	317±28.5	0.77±0.029	0.231±0.1111	0.402±0.0462
	caffeine	349±32.8**	0.73±0.029**	0.123±0.0858*	0.447±0.0343*

*; P<0.05 **; P<0.01 Significantly different from control

Table 4. Mean and standard deviation of carbohydrate (CHO) and fat utilization in experimental (caffeine ingestion) condition and control condition during each 60% $\dot{V}O_2$ LT, 100% $\dot{V}O_2$ LT and 120% $\dot{V}O_2$ LT steady exercises in LDR and SP.

group	substrate	ingestion	60% $\dot{V}O_2$ LT	100% $\dot{V}O_2$ LT	120% $\dot{V}O_2$ LT
LDR n=4	CHO g	control	3.74±1.009	6.50±0.425	8.90±0.165
		caffeine	2.52±0.824	6.02±0.693	8.54±0.665
	fat g	control	3.54±0.489	2.35±0.172	1.38±0.068
		caffeine	4.05±0.374	2.55±0.293	1.52±0.269
SP n=5	CHO g	control	3.99±0.601	7.59±0.832	8.56±0.731
		caffeine	2.45±0.894*	5.81±1.247*	7.17±1.011*
	fat g	control	3.41±0.332	1.91±0.336	1.52±0.296
		caffeine	4.08±0.426*	2.62±0.503*	2.02±0.399*

*; P<0.05 Significantly different from control, LT; lactate threshold

低い傾向を示したが有意ではなかった。しかし、SPのCHO量は各段階で有意に低く、fat量は有意に高い値を示した (P<0.05, P<0.01)。

30分間の運動を通じて利用された総CHO量は、図2に示されたようにLDRおよびSPとも、コントロール条件と比較し、カフェイン摂取条件で有意に低くなった (P<0.05)。総fat量はLDR, SPとも、カフェイン摂取条件で有意に高くなった (P<0.05)。さらに、より明確に種目特性のカフェインに対する反応を検討するため、コントロール条件のCHOおよびfatに対するカフェイン摂取条件のCHOおよびfat利用の変化率 (%) を算出した。図3で示されたようにCHOの変化率はLDRよりSPで有意に低くなり、fatの変化率は有意に高くなった (共にP<0.05)。

丸山：長距離走者および短距離走者におけるカフェイン摂取が運動時の炭水化物および脂肪の利用に及ぼす影響

考 察

LDR と SP に乳酸性閾値を基準にした低い、中程度、高いの運動強度で30分間の運動を実施させ、カフェイン摂取の酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、呼吸交換比 (RER)、炭水化物 (CHO) および脂肪 (fat) の利用度に与える影響を検討した。

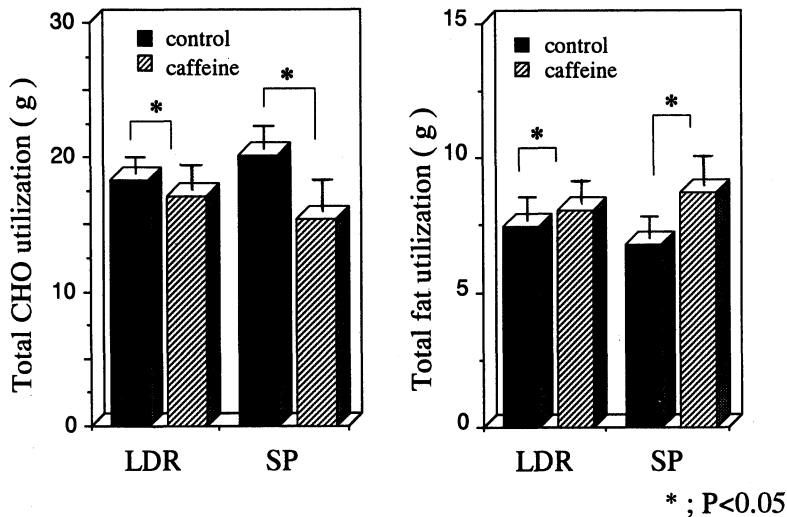


Fig. 2. Histograms of total CHO and fat utilization of experimental condition and control condition during three steps steady exercises for thirty min in LDR and SP.

運動時の $\dot{V}O_2$ は安静時の $\dot{V}O_2$ と異なり、両条件で比較すると、LDR, SP ともに3段階の強度でほぼ同じ値を示し、30分間の運動時の $\dot{V}O_2$ においては両条件間で有意な差が認められなかった。しかし、Ivy et al.¹³⁾ は鍛練された自転車選手を対象に120分間、69% $\dot{V}O_{2max}$ の強度で行ない、カフェインの影響を検討しているが、 $\dot{V}O_2$ はコントロール条件と比べ、有意に高い値を示したことを報告している。しかし、最初の50分間で呼吸交換や血液の基質の変化が見られないことから、炭水化物の sparing とは別のメカニズムによると指摘している。また、本研究の RER は、運動中、LDR では有意な差がみられなかったが、SP で有意な差がみられた。Ivy et al.¹³⁾ や Weir et al.²⁰⁾ は、RER は30分の運動では有意な差が認められないが、それ以上の長い時間、運動を継続すると有意な差が認められることを指摘している。Essig et al.⁸⁾ は、RER が一般の活動的な男子において $\dot{V}O_{2max}$ 69% の強度で30分間の運動中、30分目に有意な差のあることを示している。本研究の SP では有意な差がみられたことから、SP であっても同じような最大酸素摂取量をもつ活動的な一般人とカフェイン摂取に対する反応が類似していることが推察される。

30分間の運動時に測定された酸素摂取量および二酸化炭素排出量から非蛋白呼吸商を求め、運動中に使用された CHO 量および fat 量を算出した。総 CHO 量は LDR, SP ともにコントロール条件と比較し、カフェイン摂取条件で有意に低かった。反対に総 fat は両走者共に有意に高かつ

本研究のカフェイン摂取条件とコントロール条件を比較して、安静時の $\dot{V}O_2$ は、LDR, SP とも有意に高くなり、RER は有意に低くなった。Chad および Quigley⁴⁾ はカフェイン摂取後の安静時 $\dot{V}O_2$ および RER が摂取前と比較し、有意に変化したことを指摘しているが、Bellet et al.²⁾ はカフェイン摂取による安静時 $\dot{V}O_2$ だけの増加を認めている。

*; P<0.05

た。このことは、脂質代謝の亢進が起こり、炭水化物の sparing 効果が生じたことを示唆している^{3, 4, 8, 10, 13}。

一般に持久性トレーニングによる脂質代謝の亢進について、Crampes et al.⁷⁾は持久性トレーニングは皮下脂肪組織のエピネフリンによる脂肪分解に対する感受性を増大し、これはB-アドレナリック経路における反応の増大と関連していると指摘している。本研究のコントロール条件にあるRERがSPと比較して、LDRで運動中全体的に低いこと(図2)から、日頃からLDRのfat利用が高いことが推察される。また、カフェイン投与の脂質代謝への影響に対して、Fradholm¹¹⁾は脂質代謝の増大に対するカフェイン投与作用のメカニズムは、アデノシン受容体に対するブロックであると示唆している。本研究では、持久性トレーニングと行なっているLDRにカフェイン摂取させていることから、LDRに対するカフェイン摂取の影響は低いのではないかと考えられる。

長距離走および短距離走を専門とする種目特性を持つ被験者に対するカフェイン摂取の反応を比較するため、CHOおよびfatのコントロール条件に対するカフェイン摂取条件の変化率(%)を検討したところ、LDRよりSPの方が同じ時間、同じ運動強度が与えられたにもかかわらず、

カフェインに対するCHOおよびfat利用の反応がSPで高いことが示された。EssigおよびWhite⁹⁾は、ラットのヒラメ筋(遅筋線維)におけるグリコーゲン含有量は、カフェイン摂取後1時間内で50%まで減少したが、足底筋(速筋線維)ではこのような効果が見られなかったことから、筋線維タイプは、カフェインの代謝への影響をみると重要な因子であることを指摘している。LDRとSPでは筋線維タイプがかなり違うことが推測されることから、代謝の反応も違うことが考えられる。しかしながら、本研究での速筋線維の多いSPでカフェイン摂取によるCHOおよびfat変化率が高かったことは、摂取したカフェイン量の差、実験条件である生体に対するin vitroとin vivoの差、被験体である人や動物の差および体組成の差などによるものであると考えられる。

また、CasaloおよびLeon³⁾はよく鍛練されたマラソン選手においてトレッドミル走行中にカフェイン摂取がCHOおよびfat利用に影響を与えなかったことを報告している。本研究のカフェイン摂取したLDRでCHOおよびfatの利用が大きな変化が見られなかったのは、炭水化物の sparing が臨界値にあり、カフェインの影響が最小限であり、運動中にカフェインによる遊離脂肪酸の上昇が基質利用に影響を与えるまでには至らなかったからであると考えられる。一方、Bellet

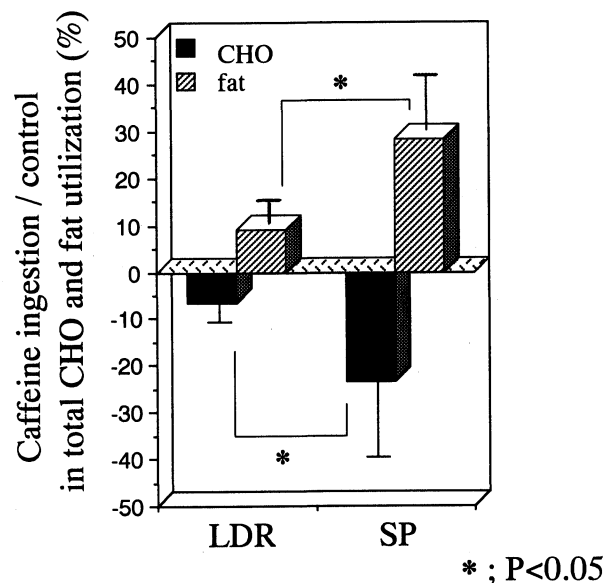


Fig. 3. Histograms of caffeine ingestion/control (%) in total CHO and fat utilization in LDR and SP. *; $P < 0.05$

丸山：長距離走者および短距離走者におけるカフェイン摂取が運動時の炭水化物および脂肪の利用に及ぼす影響

et al.²⁾ および Cocchi et al.⁵⁾ は、絶食した人へのカフェイン投与は遊離脂肪酸の動員の増大を引き起こすことを指摘している。本研究の被験者達は、前日の夕食は600kcalと少なく、当日の朝食は与えられなかったため、実験に際しほぼ絶食に近い状態であると考えられる。しかし、LDRでは日頃持久性トレーニングをしているため、普段からfat利用が高く、絶食状態に対する耐性が高いことが考えられる。それに対し、SPは飢餓状態に対する耐性が低いために、SPでのカフェイン摂取のfat利用が大きいことが示唆される。

以上のことから、LDRおよびSPにおいて30分間の運動中にカフェイン摂取によってCHOおよびfatの利用度が明らかな変化を示すことから、脂質代謝の亢進および炭水化物のsparing効果が示唆された。特にSPにおいて、総CHO量の利用度は低く、総fat量の利用度が高かった。そして、コントロール値に対するカフェイン摂取時の総CHOおよびfatの変化率はSPで有意に高い値を示した。しかしながら、SPに対するカフェイン摂取のCHOおよびfatへの反応は典型的であり、むしろ持久性トレーニングによる高い脂質代謝応答を獲得しているLDRに対するカフェイン摂取の基質利用への反応が鈍化していることが特徴的現象であると考えられる。また、SPに対する基質利用への反応亢進は、絶食による影響が付加されたと考えられる。

参 考 文 献

- 1) Arogyasami J, H T Yang and W W Winder. Effect of intravenous caffeine on muscle glycogenolysis in fasted exercising rats. *Med Sci Sports Exerc* 21 pp167-172 1989.
- 2) Bellet S, A Kershbaum, and E M Finck. Response of free fatty acids to coffee and caffeine. *Metabolism* 17 pp702-707 1968.
- 3) Casal D C and A S Leon. Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged running. *Med Sci Sports Exerc.* 17 pp174-179 1985.
- 4) Chad K and B Quigley. The effect of substrate utilization, manipulated by caffeine, on post-exercise oxygen consumption in untrained female subjects. *Eur J Appl Physiol* 59 pp48-54 1989.
- 5) Cocchi M, C Siniscalchi, F Rogato, and A Valeriani. Free fatty acid levels in habitual coffee drinks in relation to quantities consumed, sex and age. *Ann Nutr Metab* 27 pp 477-480 1983.
- 6) Costill D L, G P Dalsky, and W J Fink. Effect of caffeine ingestion metabolism and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 10 pp155-158 1978.
- 7) Crampes F, D Riviere, M Beauville, M Marceron and M Garrigues. Lipolytic response of adipocytes to epinephrine in sedentary and exercise-trained subjects: sex-related differences. *Eur J Appl Physiol* 59 pp249-255 1989.
- 8) Essig D, D L Costill, and P J Van Handel. Effect of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling. *Int J Sports Medicine* 1 pp 86-90 1980.
- 9) Essig D, and White T. Effect of caffeine on glycogen and triglyceride concentration in soleus and plantaris muscle of the exercising rat. Abstract, *Fed Proc* 40 pp513 1981.
- 10) Falk B, R Burstein, I Ashkenazi, O Spilberg, J Alter, E Zylber-Katz, A Rubinstein, N Bashan, and Y Shapiro. The effect of caffeine ingestion on physical performance after

- prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol* 59 pp168-173 1989.
- 11) Fredholm B B. On the mechanism of action of theophylline and caffeine. *Acta Med Scand* 217 pp149-153 1985.
 - 12) Gaesser G A and R G Rich. Influence of caffeine on blood lactate response during incremental exercise. *Int J Sports Med*. 6 pp207-211 1985.
 - 13) Ivy J L, D L Costill, W J Fink and R W Lower. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. 11 pp6-11, 1979.
 - 14) Kanaley, J A, R A Boileau, J A Bahr, J E Misner, and R A Nelson. Substrate oxidation and GH responses to exercise are independent of menstrual phase and status. *Med Sci Sports Exerc*. 24 pp873-880 1992.
 - 15) Knapik J J, B H Jones, M M Toner W L Daniels and W J Evans. Influence of caffeine on serum substrate changes during running in trained and untrained individuals. *Biochem Exer* 13 pp514-519 1983.
 - 16) 黒田善雄, 河野一郎 スポーツと薬物使用 文光堂 1991年 pp125~144
 - 17) McArdle W, F Katch and V Katch. *Exercise physiology : Energy, nutrition and human performance* Philadelphia : Lea & Febiger, 1981 pp100-101.
 - 18) Poehlman E T, J-P Despres, H Bessette, E Fontaine, A Tremblay and C Bouchard. Influence of caffeine on the resting metabolic rate of exercise trained and inactive subjects. *Med Sci Sports Exerc* 17 pp689-694 1985.
 - 19) Power S K, R J Byrd, R Tulley and T Callender. Effects of caffeine ingestion on metabolism and performance during graded exercise. *Eur J Appl Physiol* 50 pp301-307 1983.
 - 20) Weir J, T D Noakes K Myburgh and B Adams. A high carbohydrate diet negates the metabolic effects of caffeine during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 19 pp100-105 1987.
 - 21) 吉村寿人, 高木健太郎, 猪飼道夫 運動と薬物 生理学大系IX 適応協関の生理学 医学書院 1970年 pp1019~1037
 - 22) 財団法人日本体育協会スポーツ科学専門委員会ドーピング対策班 アンチ・ドーピング国際オリンピック憲章 JASA ドーピング・データベース ぎょうせい 1991年