

peptidase-4 (DPP-4) という酵素により切断されたPYY (3-36) に分類され、後者に強い食欲抑制効果がある。GLP-1は前駆体のプレプログルカゴンからL細胞に特異的なプロセッシングを経て形成されたのち、DPP-4による切断やアミド化を受けて、活性型のGLP-1 (7-36) amideに、さらに切断を受けて不活型のGLP-1 (9-36) amideなどになり血中に存在する。これらのホルモンは、食欲に対する直接的な役割に加えて、脂質燃焼の増加などの他の生理学的な機能にも関わり、運動に伴う消化管ホルモンが果たす生理学的な役割を考えるうえで注目すべきである。

## 運動が食欲関連の消化管ホルモンに及ぼす影響

さまざまな運動がAGの血中濃度の有意な変化を引き起こすことが報告されている<sup>17)</sup>。たとえば、血中AG濃度は空腹状態で行われる一過性のランニング運動で低下する<sup>18,21)</sup>。また、レジスタンス運動については、血中AG濃度が低下するという報告<sup>19)</sup>がある一方で、変化を示さないという報告<sup>21, 22)</sup>もあり、結果が一致していない。血中AG濃度の変化は、運動強度に依存するとも考えられており、上述のような結果の不一致は、運動の強度設定の違いが要因の1つであると推察されている<sup>23)</sup>。この他、縄跳び運動<sup>24)</sup>、スイミング<sup>25)</sup>、水中ウォーキング<sup>26)</sup>によっても血中AG濃度は減少することが明らかとなっており、多種の運動刺激が血中AG濃度の低下を誘発するようである。

PYYやGLP-1に関しては、運動前や安静時と比較して、一過性の運動により血中濃度が増加することを多くの研究が示している<sup>17)</sup>。筆者らは、若年成人男性の肥満者や非肥満者を対象に、朝食後に最大酸素摂取量の50%相当(中等度強度)や70%相当(高強度)の自転車運動を30分から

1時間実施してもらい、その前後のPYY、GLP-1とグレリンの血中濃度と、運動に伴うエネルギー消費量と運動終了1時間後の昼食のエネルギー摂取量を測定し、運動しない日の測定結果と比べた<sup>27, 28)</sup>。その結果、肥満者・非肥満者ともに、運動により血漿中PYYとGLP-1濃度が有意に増加し、昼食の相対的エネルギー摂取量(摂取量-消費量)も運動しない日に比べて有意に減少した。興味深いことに、肥満者・非肥満者の各々の集団において、昼食の相対的エネルギー摂取の減少程度が満腹型ホルモンの血中濃度、とくにGLP-1濃度の運動に伴う増加量と有意な相関を認めた。つまり、運動によりGLP-1の血中濃度がたくさん増加する人のほうが、昼食でのエネルギー摂取量(相対量)がより少なかったことになる。こういったPYYおよびGLP-1の血中濃度の変化は運動量<sup>29)</sup>や体組成<sup>30, 31)</sup>にも依存することが報告されているが、これらのホルモンを変化させる原因となる真のメカニズムはまだまだ明らかになっていない。先行研究では、①血流再分布、②交感神経系の活動亢進、③胃腸運動、④インターロイキン-6 (IL-6)<sup>32, 33)</sup>、⑤遊離脂肪酸、グルコースおよびインスリンの血中濃度、⑥乳酸産生、⑦体温などのメカニズムが想定されている<sup>29)</sup>。

一方、単回の運動による一過性の効果のみならず、継続的な身体活動や運動トレーニングに伴う消化管ホルモンの血中濃度の変化を検討している研究がある。肥満者を対象に12週間の運動指導を伴うプログラム(参加者の最大心拍数の75%で1セッションあたり500kcalのエネルギー消費を目標に、1週間に5日行う運動介入)を行った研究では、食前の空腹感および血中AG濃度が運動介入前よりも高まる一方、食後の血中AG濃度の低下ならびに血中GLP-1濃度の増加が運動介入後に強まった<sup>34)</sup>。この結果は、継続的な身体活動による消化管ホルモンの変化を介して、介入後では食べる前におなかが空いてしまうが、食べるとすぐに満腹になりやすくなる(食べ過ぎないようになる)可能性を示唆しており、肥満者に12週間の運動介入

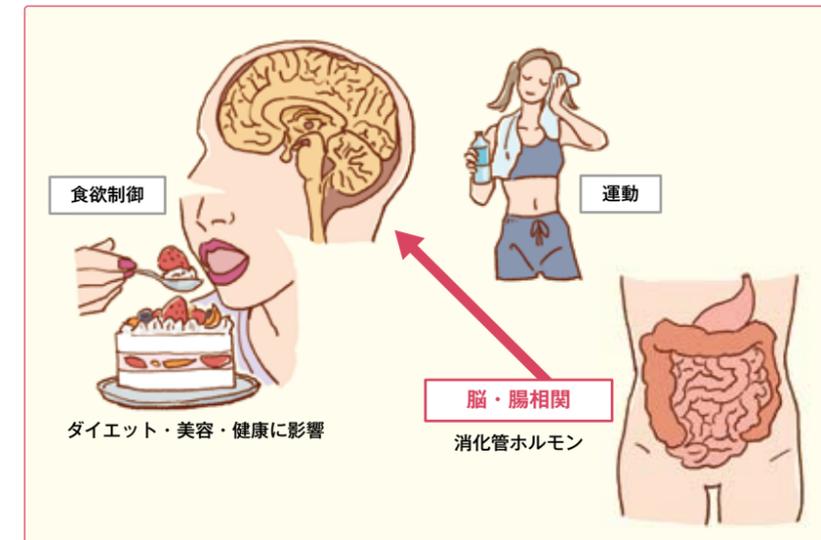


図1 脳・腸相関がつなく運動と食欲・ダイエット

を実施した過去の研究とも一致する<sup>35)</sup>。また、中年女性(平均BMI 27.6 ± 0.4kg/m<sup>2</sup>)を対象とした12週間の運動トレーニングを実施した研究では、単回の運動負荷に伴う血中GLP-1およびPYY濃度の一過性の増加反応は、トレーニング前に比べて、トレーニング後に増強された(トレーニングを継続していると、以前よりも満腹型ホルモンが単回の運動負荷により出やすくなった)<sup>36)</sup>。さらに、過体重または肥満者を対象に6か月間の高強度運動(70% V̇O<sub>2</sub>peak)を継続的に実施した研究でも、空腹時や食後の血中GLP-1およびPYY濃度が変化したことを報告している<sup>37)</sup>。しかしながら、若年肥満者における2週間の高強度インターバルトレーニングや有酸素運動の介入では、血中AGやGLP-1濃度に影響を及ぼさないことも報告されており、運動の介入期間や対象者の特性を十分に考慮する必要がある<sup>38)</sup>。このような運動誘発性の消化管ホルモンの動態変化に男女差はないようだが、完全には解明されていない<sup>39)</sup>。また、一般健常者のみならず、各種疾患患者においても、一過性あるいは継続的な運動を行うことが、消化管ホルモンの血中濃度の変化を介して、空腹感や満腹感といった食欲を修飾する可能性を示唆する研究が報告されている<sup>40, 41)</sup>。

## 運動と食生活と脳・腸相関 —美容・皮膚にどのように影響するのか—

昨今、美容面でスリムな体型を得るため、食生活と運動に関係するいろいろなダイエット法の流行り廃りがあるが、食欲をそそるような、おいしく食べやすい食品が氾濫する現代社会のなかではその目標達成は容易ではない。紹介した研究では、運動によるエネルギー消費を行いつつ、同時に消化管ホルモン濃度の血中動態の変化(脳・腸相関)を通して、食欲を抑え気味にする<罨>の効果をえられる可能性を示した。この事実は、運動が単にエネルギーを消費するための手段のみならず、過食や体重増加を防ぐという運動療法の新たな価値を示唆すると思われ、ダイエットやスリムな体型を望む人たちには朗報かもしれない(図1)。

今後、種々の運動と食生活の関係を考えるうえで、運動が消化管ホルモンに代表される脳・腸相関に短期的・長期的に変化を起こして食欲にどのような影響を与えるのかをさらに精査する必要がある。たとえば、運動と食事のタイミングが食欲に及ぼす影響を検討することもその1つであろう。一方、現代人がダイエット達成や肥満克服のために真にコントロールすべきなのは、むしろお腹がある程