

## 濃度の異なるスポーツドリンク摂取が生体反応に及ぼす影響

研究代表者 教育学研究科 唐津 邦利

### 1. 研究の目的

かつて運動時における水分の補給はタブーだとされ、禁止されていたが、近年では運動時の水分摂取の重要性が報告され、積極的に水分を摂取するよう働きかけられている。スポーツ活動時の水分摂取の重要性が叫ばれるに伴い、多くの企業が日常生活だけでなく、スポーツ活動時にも摂取できる飲料、すなわちスポーツドリンクを開発、販売するようになってきた。しかし、実際のスポーツ現場において、スポーツドリンクを約2~3倍に薄めて飲んでいるという。この理由として、スポーツドリンクをスポーツ活動時摂取するには味が濃い、後味が悪いことや、インスリンの過剰分泌による低血糖を誘発する恐れがあるためだと考えられる。スポーツドリンクの味は、ほとんどが糖質や塩分に依存していると考えられるが、ドリンクを薄めるということは糖質だけでなく、その他の成分も薄めることになる。本研究では、特に糖質と電解質の摂取に着目し、濃度の異なるスポーツドリンク摂取が生体への反応、つまり血糖や電解質の吸収度、発汗、体温などにどのように影響するかについて生理学的効果の面から比較・検討することにより、実用的な水分摂取方法についての科学的な知見を得ることを目的とした。

### 2. 研究の方法

本研究では、VBL3階の生体信号計測室において、気温35℃、湿度50%の暑熱環境を設定し、運動条件を自転車エルゴメータでの60%VO<sub>2max</sub>の運動強度を90分間とした。また、実験条件を(1)水なし(NW)、(2)水(W)、(3)2倍に薄めた

たスポーツドリンク(HC)、(4)標準の濃度のスポーツドリンク(SC)の4実験条件とし、その濃度の違いと生体反応について検討した。検査した血中成分は、血中乳酸濃度(lactate)、血糖(glucose)、血漿浸透圧(OSMO)、ナトリウム(Na)、クロール(Cl)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)、遊離脂肪酸(FFA)であり、その他の項目として、直腸温、外耳温、心拍数、飲水量、尿量、体重を測定した。

### 3. 研究の成果

本研究の結果から、自由飲水では発汗量に見合った飲水量を摂取できないことが観察されたが、その中でも2倍に希釈したスポーツドリンクが運動中摂取するのに実験条件の中で比較的摂取しやすい傾向がみられた。また、浸透圧上昇の抑制や体温上昇の抑制には、水分を摂取する必要があると考えられ、その場合には、電解質を含む飲料を摂取し、血漿浸透圧、特にNaを保つ必要があると推測された。そして、2倍に薄めたスポーツドリンク(HC)は、標準の濃度のスポーツドリンク(SC)よりも比較的飲みやすく、多量の水分を摂取する場合には効果的なのではないかと考えられた。また、長時間運動において持久力を持続するためには、脂肪の活用が重要なポイントであるが、糖質のみならず脂肪も効果的に活用するためには、完全に脂肪の活用を抑制するSCよりもHCのほうが好ましいと考えられる。しかし、2倍希釈したスポーツドリンクは、水のみと同様電解質濃度が低く、体内への吸収が早いことから、利尿を促進する傾向があると推測されたため、水分を常に摂取できる環境においての活用が望ましいと考えられる。以上のことから、濃度の異なるスポーツドリンクを効果的に活用す

るためには、熱中症予防を目的とする場合や日頃のトレーニング時など、常に水分の補給ができる状態での飲料としては、HCのほうが好ましいと推測される。そして、試合後のアフターケアのような、消費された筋グリコーゲンの補充と電解質の回復を目的とする場合はSCのほうが好ましいと推測される。つまり、スポーツドリンクの濃度を変化させて効果的に摂取する場合には、その利用目的に合わせて、摂水方法を考慮し、上記のような水分の摂取方法を行う必要があると考えられる。

### 研究発表

- 1) 井上敦智, 唐津邦利: 濃度の異なるスポーツドリンク摂取が生体反応に及ぼす影響; 体力科学第49巻 第6号, p896, 2000.12.1

### 連絡先

電話 083-933-5377  
Fax 083-933-5377  
E-mail: m99006@edu.yamaguchi-u.ac.jp

## リボソーム-タンパク質超分子集合体の構造・機能の制御による生体分子認識・センシング材料の開発

研究代表者 工学部 中尾 勝實

### 研究の目的

閉鎖脂質二分子膜(リボソーム)内に酵素を封入することにより、酵素反応速度の制御および酵素失活の抑制が期待でき、活性・安定性に優れた新規な生体分子認識・高度センシング機能材料を開発できる可能性がある。本研究では、基質・生成物・酵素分子に対する脂質二分子膜透過性を制御するため各種界面活性剤を用いて脂質膜を修飾して、酵素をリボソーム内水相に封入したまま基質分子のみを選択的に取り込むことができ、反応性・安定性に優れた新規な酵素封入リボソームを調製することを目的とする。

### 研究成果

Glucose oxidase (GO)、あるいはProteinase K(PK)を固定化した、リン脂質(1-palmitoyl-2-oleoyl-sn-glycero-3-phosphocholine)およびコレステロール(CH)から形成される粒径約100 nmのリボソームを押し出し法で調製した。リボソームに封入することにより酵素は高度に安定化されたが、二分子膜は酵素の基質であるグルコースやペプチドに対し高い透過抵抗を示し、酵素の反応性が低下することがわかった。そこで、リボソームの膜透過性を変化させることで酵素封入リボソームと界面活性剤(コレステロールまたはTriton X-100)を混合し、界面活性剤分子を自発的に脂質膜に分配させて種々の脂質/コレステロール/界面活性剤混合リボソームを調製した。

Table 1 各種混合リボソームの活性と酵素の漏出

リボソームの組成	酵素	酵素の漏出 [%]	酵素活性 [%]
POPC	GO	0.7	12
POPC/cholelate		11	79
POPC/Triton		98	98
POPC/Triton/CH		15	57
POPC/cholelate	PK	82	58
POPC/cholelate/CH		11	25

Table 1に示すように脂質膜を不安定化するコール酸、TritonX-100の添加量と脂質膜を安定化するコレステロールの含量を調節することにより酵素封入混合リボソームの反応性と酵素の漏出を制御でき、PKのように比較的分子量が小さくリボソーム内に安定に封入することが困難な酵素でもリボソーム内水相にPKを安定に封入した状態で高い反応性が得られることがわかった。

### 産業技術への貢献

脂質二分子膜の組成を変化させることにより、酵素および酵素の基質の膜透過性を制御できることを明らかにした。この知見は今後、酵素反応を利用するバイオセンサーを始めとする分子集合体型の機能材料の開発に重要な情報となると考えられる。

### 研究発表

- 1) 吉本 誠、福永 公寿、中尾 勝實: リボソーム-酵素超分子集合体の動的構造と触媒機能の制御; 化学工学学会総大会講演要旨集, p48, 2000.7.27.
- 2) Makoto Yoshimoto: Preparation of nano- bioreactor using enzyme-loaded lipid/detergent mixed liposomes; Symp. Proc. of YABEC'2000, p31, 2000.11.6.
- 3) 吉本 誠、王 紹清、福永 公寿、中尾 勝實: 酵素を封入した脂質/界面活性剤混合リボソームの反応性制御による生体触媒の調製; 日本生物工学会九州支部大会講演要旨集, p30, 2000.12.9.
- 4) 吉本 誠、王 紹清、福永 公寿、中尾 勝實、Peter Walde: Proteinase K封入脂質/界面活性剤混合リボソームを利用する機能性生体触媒の調製; 化学工学学会第66年会講演要旨集, H117, 2001.4.2.

### グループメンバー

氏名	所属	職
中尾 勝實	工・応用化学工学	教授
福永 公寿	工・応用化学工学	助教授
吉本 誠	工・応用化学工学	助手

### 連絡先

電話 0836-85-9271 (ダイヤルイン)  
FAX 0836-85-9201 (学科学務室)  
E-mail: knakao@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp