

**PROCEEDINGS****タウリン摂取がマウス骨格筋の糖・脂質代謝関連因子へ及ぼす影響**羅 成圭<sup>\*</sup>、志内 哲也**要約**

タウリン摂取が運動能力を高める可能性が多く報告されているが、その明確な機序については十分に明らかにされていない。運動能力には骨格筋の基質代謝能力が大きく貢献しており、特に糖と脂質は運動時の主なエネルギー源であることが知られている。そこで本研究では実験動物に対するタウリン投与が骨格筋の糖・脂質代謝関連因子へ及ぼす影響について検証をおこなった。4週齢のC57BL/6系雄性マウスに3%タウリン水溶液を3週間に亘って自由摂取させた後に、骨格筋を摘出し糖・脂質代謝関連因子を測定評価した。タウリン投与が運動中の脂質代謝を亢進させるという報告は多いものの、本研究において脂質代謝に関連する骨格筋のミトコンドリアの量の指標となるCoxIVやOXPHOSタンパク質発現量は変化しなかった。一方で、骨格筋の糖代謝(糖の取り込み)を負に制御するTXNIPタンパク質発現量はタウリン投与で有意に増加した。そのとき、GLUT4タンパク質発現量は変化しなかった。本研究の結果から、マウスへの3週間のタウリン投与は骨格筋のTXNIP発現量を増加させることが明らかになった。このTXNIP発現量の増加が骨格筋の脂質代謝の亢進に関与しているのかもしれない。

**はじめに**

タウリンを摂取すると運動能力(パフォーマンス)が向上するという報告が多く存在する。例えば、Goodmanらは、実験動物から摘出した筋をタウリンを含む培養液中でインキュベーションすると筋線維の発揮張力が高まることを報告している<sup>1</sup>。さらに、実験動物やヒトにおけるタウリン摂取が走行時間の延長<sup>2</sup>や走速度の向上<sup>3</sup>をもたらすことも明らかになっている。

このようにタウリンを摂取すると運動能力が高まることが考えられるが、その仕組み(メカニズム)については十分に明らかになっていない。タウリン投与に関するメタアナリシスでは、経口摂取の量についてのみ言及されておりタウリン摂取が運動能力を高める詳細なメカニズムについては論じられていなかった<sup>4</sup>。さらに、Spriet & Whitfieldは2015年に発表した総説『Taurine and skeletal muscle function』のなかでタウリン投与の運動能力に対する効果について「there is little scientific evidence」と指摘している<sup>5</sup>。

本研究では、タウリン摂取が運動能力を向上させる仕組みの一端を明らかにするために骨格筋のエネルギー代謝に着目し、実験動物(マウス)に対するタウリン投与が骨格筋の糖・脂質代謝関連因子へ及ぼす影響を検証した。

**方法**

4週齢のC57BL/6系雄性マウスを、タウリン水溶液を自由摂取させるタウリン群と、タウリンの水溶液の代わりに蒸留水を自由摂取させるコントロール群に分けた。1週間の予備飼育後に3週間の投与期間を設け、それぞれの飲料を自由摂取させた。3週間の投与期間が終了してから48時間後に解剖し、マウスの下肢からヒラメ筋を被検筋として採取した。投与期間中は体重と摂餌量の測定をおこなった。採取した筋サンプルを用いて筋の糖代謝(GLUT4、TXNIP)ならびに脂質代謝(CoxIV、OXPHOS)に関連する因子のタンパク質発現量をウェスタンブロッティング法によって評価した。すべての値は平均値±標準誤差で示した。

キーワード：エネルギー代謝，ミトコンドリア，GLUT4，TXNIP

徳島大学 教養教育院

\*〒770-8502 徳島県徳島市南常三島町 1-1

E-mail: songgyura@tokushima-u.ac.jp

**結果と考察**

**1) 体重と摂餌量**

コントロール群とタウリン群の解剖前最終体重はそれぞれ 26.3±0.5 g、26.1±0.3 g であり、群間の差は認められなかった。また、投与期間中の体重と摂餌量の変化にも有意な差は認められなかった(未発表)。先行研究では肥満モデルマウスへのタウリン投与が体重を減少させることが報告されている<sup>6</sup>が、若齢の健康なマウスにおいては3週間のタウリン投与は体重に影響を与えないことが示された。さらに、先行研究<sup>7</sup>では3%のタウリン水溶液をマウスへ4週間に亘って投与すると骨格筋のタウリン濃度が有意に増加することを報告していることから、本研究においてもマウスの骨格筋タウリン濃度が増加していたことが推測される。

**2) タウリン投与が脂質代謝関連因子に及ぼす影響**

運動時の脂質代謝には骨格筋のミトコンドリアが強く関与していることから、我々は骨格筋のミトコンドリアの量を指標となる CoxIVと OXPHOS タンパク質発現量を評価した。しかし、ヒラメ筋における CoxIVおよび OXPHOS タンパク質発現量は3週間のタウリン投与によって有意な変化を示さなかった(図1、2)。タウリンが脂質代謝を亢進させるとい

う研究はこれまでに多く報告されているため、ミトコンドリアの量ではなく機能に着目して検証を進める必要がある。

**3) タウリン投与が糖代謝関連因子に及ぼす影響**

骨格筋で糖・脂質代謝を制御している因子のひとつにチオレドキシン相互作用タンパク質(Thioredoxin-interacting protein: TXNIP)がある。骨格筋の TXNIP は、糖輸送体 GLUT4 のエンドサイトーシスを促進することで筋の糖取り込みを低下させる作用が報告されている<sup>8</sup>。薩ら<sup>9</sup>はこれまでに、腸管上皮モデル Caco-2 細胞にタウリンを添加すると TXNIP の発現量が高まり糖の取り込みが低下することを明らかにしている。したがって骨格筋においてもタウリン投与が筋の TXNIP 発現量を高め、同時に糖取り込み能を低下させる可能性が考えられるが、この点は明らかにされていないため検証をおこなった。本研究の結果から、3%タウリン水溶液を3週間自由摂取させることでヒラメ筋の TXNIP タンパク質発現量が有意に増加することが明らかになった(図3)。一方で、糖輸送体 GLUT4 のタンパク質発現量には有意な差は認められなかった(図4)。骨格筋の TXNIP は GLUT4 の発現量を変化させるのではなく細胞内局在に影響を及ぼすため、今後は GLUT4

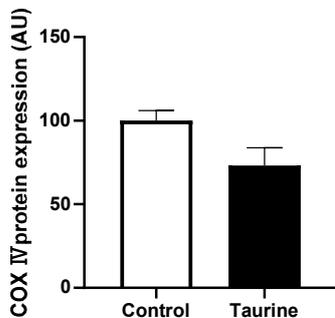


図1 タウリン投与が骨格筋 Cox タンパク質発現量に及ぼす影響

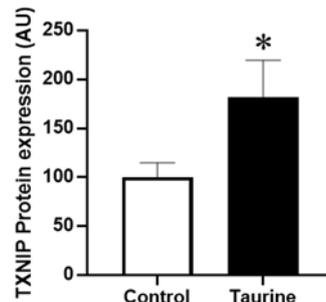


図3 タウリン投与が骨格筋 TXNIP タンパク質発現量に及ぼす影響

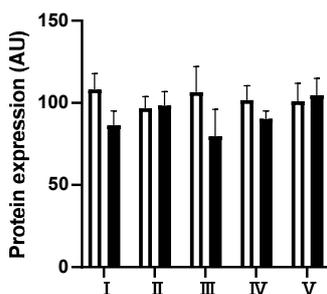


図2 タウリン投与が骨格筋 OXPHOS タンパク質発現量に及ぼす影響 ( , Control; , Taurine)

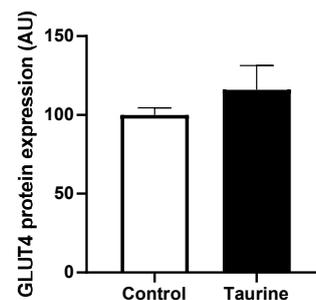


図4 タウリン投与が骨格筋 GLUT4 タンパク質発現量に及ぼす影響

のトランスロケーションに着目して検討を進めていく必要があると考えられる。

### 結論

3 週間のタウリン投与はマウス骨格筋のミトコンドリア関連指標には影響を及ぼさなかったものの、糖代謝を負に制御する TXNIP タンパク質発現量を有意に増加させることが明らかになった。

### 文献

- 1) Goodman et al. *J. Appl. Physiol.* 2009;107:144–154.
- 2) Komine et al. *Amino Acids.* 2022;54:251–260.
- 3) Balshaw et al. *Amino Acids.* 2013;44:555–561.

- 4) Waldron et al. *Sport. Med.* 2018;48:1247–1253.
- 5) Spriet and Whitfield. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2006;18:96–101.
- 6) Tsuboyama-Kasaoka et al. *Endocrinology* 2006;147:3276–3284.
- 7) Horvath et al. *Amino Acids* 2016;48:2635–2645.
- 8) Waldhart et al. *Cell Rep.* 2017;19:2005–2013.
- 9) 薩ら. *タウリンリサーチ.* 2019;5:5–6.