

ラット足底筋損傷後のアイシング処置は筋再生過程早期の再生応答を変化させる

○芝口翼¹, Muhammad Isman Sandira², 黄钧天³, 北浦孝², 増田和実^{2,3}

¹金沢大学国際基幹教育院, ²金沢大学人間社会研究域, ³金沢大学大学院新学術創成研究科

キーワード: RNA-seq, 線維化, コラーゲン線維組織化, 細胞外マトリックス組織化

目的

骨格筋損傷を含むスポーツ外傷に対する応急処置のゴールドスタンダードとして、『アイシング処置』は広く受け入れられている。長年、アイシング処置は損傷エリアの炎症・疼痛を抑え、正常な組織への二次的損傷を防ぐことで (Merrick 2022 他)、その後の組織再生を促進させると考えられてきた。しかしながら、我々はこれまでに、骨格筋の損傷直後にアイシング処置を行うと線維化が亢進すること、つまり、筋再生不全が生じることを明らかにしてきた (Shibaguchi et al. 2016 他)。こうした知見は、筋損傷治療法としてのアイシング処置の是非を問うものである。

しかしながら、アイシングや冷却療法が筋再生に及ぼす影響を組織・細胞レベルで検証した研究は少ない。これまで、骨格筋の再生過程において、コラーゲン合成を促進する働きを有するサイトカイン (TGF- β 1) の出現・消失タイミングの双方がアイシング処置によって遅延する可能性が示されているが (Takagi et al. 2011)、アイシング処置に反応して線維化を亢進させる引き金となり得る遺伝子や、その発現制御機構を含めたメカニズムは未だ明らかでない。そこで本研究では、骨格筋損傷直後のアイシング処置が筋再生過程初期の再生応答に及ぼす影響について検証することを目的とした。

方法

10週齢のWistar系雄性ラットを筋損傷群と筋損傷+アイシング群 (ICE 群) に群分けした。全てのラットの両側の足底筋に、塩酸ブピバカインを筋注することによって薬理的筋損傷を惹起させた。ICE 群のラットには、筋損傷直後に1回のみ、患部へアイシング処置 (アイスパック、0°C) を20分間実施した。筋損傷6時間後に足底筋を摘出し、Western blot法、RNA-seq法、および遺伝子オントロジー (GO) 解析を用いて分析した。

結果

損傷6時間後の足底筋では、アイシングの有無に関

係なく足底筋重量 (体重比) が増加する傾向が認められた。また、アイシングの有無に関係なく、好中球マーカーであるMPOタンパク質発現量は増加したが、細胞骨格 (Desmin)、ミトコンドリア (PDH)、および細胞質 (Myoglobin) に関連するタンパク質発現量は低下した。しかしながら、アイシング処置によって、筋損傷に伴うPDHとMyoglobinタンパク質発現量の低下が減弱されていた ($P < 0.05$)。

RNA-seq解析によって、アイシング処置に反応して損傷6時間後に発現上昇/低下する遺伝子がそれぞれ195/46遺伝子同定された。GOエンリッチメント解析の結果、発現上昇した遺伝子群のみ、コラーゲン線維組織化や細胞外マトリックス組織化に関連する生物学的プロセスと関連していることが示された。

考察

本研究では、筋損傷後のアイシング処置によって、細胞質やミトコンドリアに関連するタンパク質の発現低下が減弱されていた。また、筋損傷後にアイシング処置を行うと、損傷6時間後の時点で既に線維化に関わる遺伝子群のmRNA発現が有意に発現増加していた。したがって、アイシング処置は筋損傷後の分解過程を一部遅延化させ、線維化関連遺伝子の初期制御を乱すことが示唆された。これら事象は、アイシング処置が筋再生過程後期にもたらす筋再生不全 (線維化の亢進) に寄与する可能性がある。

引用参考文献

- Merrick MA (2002) Secondary injury after musculoskeletal trauma: A review and update. *J Athl Train* 37: 209-217.
- Takagi R, Fijita N, Arakawa T, Kawada S, Ishii N, and Miki A. (2011) Influence of icing on muscle regeneration after crush injury to skeletal muscle in rats. *J Appl Physiol* 110: 382-388.
- Shibaguchi T, Sugiura T, Fujitsu T, Nomura T, Yoshihara T, Naito H, Yoshioka T, Ogura A, and Ohira Y. (2016) Effects of icing or heat stress on the induction of fibrosis and/or regeneration of injured rat soleus muscle. *J Physiol Sci* 66: 345-357.

小学校体育科における運動有能感が低い児童の実態と運動意欲を高める支援の在り方

○金子泰子（富山国際大学）、橋爪和夫（アール医療専門職大学）、阿尾昌樹（射水市立堀岡小学校）

キーワード：小学校体育，運動有能感，受容感，運動意欲

目的

運動有能感は、運動に対する主体的な意欲を高め、運動の習慣化につながる重要な心理的要因とされる（岡沢ら、1996）。一方で、現代の子どもたちは、運動習慣の減少や体力・運動能力の二極化が課題とされ、運動に対する自信をもつことができない児童にとっては、運動技能の指導や評価が運動への消極的な態度をもたらす可能性がある。このことから、運動に対する自信をもつことができない児童の実態を捉え、その実態に合った支援の在り方について追究する必要があると考えた。そこで、本研究では、運動有能感および運動意欲が低い児童の実態を把握し、運動に対する自信をもつことのできない児童が運動に親しむ資質・能力を育むための支援の在り方について検討することを目的とした。

方法

対象者は富山県内 A 小学校 6 年生 51 名（男子 26 名、女子 25 名）であった。運動有能感尺度調査（岡沢ら）および運動意欲に関する質問紙調査を、2 単元（マット運動、ハンドボール）の授業前後に実施した。運動有能感調査の合計得点が下位であった児童 14 名（男子 5 名、女子 9 名）を観察・支援対象とし、授業中の行動観察および支援記録を行った。支援では、児童の受容感が高まる言葉かけ（賞賛、励まし、共感、協力的関わり）を個別に実施した。

結果

支援前後の質問紙調査の結果、対象児童において受容感および運動意欲の得点に一定の向上がみられた児童がいたものの、運動有能感が低位にある児童と、そうでない児童との間の得点差を縮小するまでには至らなかった。また、単元間においては、身体的有能さの認知および運動意欲に差異がみられ、学習内容や活動特性によって児童の反応が異なることが示唆された。

一方、授業中の行動観察および支援記録からは、対

象児童が運動技能の向上とは関係しないと考えられる場面において、多くの意欲的な行動が確認された。具体的には、仲間の運動を補助する行動や助言、準備や後片付けへの主体的な参加、集団活動を円滑に進めるための働きかけ、周囲の児童を励ます言動などが頻繁に観察された。また、学習活動においてリーダー的な役割を担う姿や、学習環境を整える行動もみられ、運動技能以外の側面において体育授業への積極的な関与が認められた。

考察

本研究の結果から、観察記録から運動有能感が低位にある児童であっても、体育授業において多様な形で意欲的に関与している姿が見られた。これらの行動は、仲間との関係性や学習集団への貢献といった側面において評価されるに値する行動であり、児童の受容感や運動への肯定的な態度の形成に寄与する可能性があると考えられる。しかしながら、授業中の声かけや評価の多くは運動技能の達成度に基づくものが多く、こうした多様な関わりが十分に評価・共有されていない実態も示唆された。その結果、運動技能に自信をもつことのできない児童にとって、自身の努力や役割が可視化されず、運動有能感の向上につながりにくい状況が生じている可能性があると考えられる。現行の学習指導要領に明記されている「する・みる・支える・知る」といった多様なスポーツへの関わり方を、体育授業においては、運動技能にとどまらない多面的な評価が重要であると考えられる。今後は、学習カード等を活用し、児童同士や教員が多様な関わりを共有・評価する仕組みを導入することで、運動有能感が低い児童の受容感および運動意欲を高める授業づくりについて追究する必要があると考えられる。

引用参考文献

岡沢祥訓・北真佐美・諏訪祐一郎（1996）運動有能感の構造とその発達及び性差に関する研究，スポーツ教育学研究，16（2），pp145-155