

暑熱労働環境での頸部冷却の効果

橋本典生 日本体育大学体育学部健康学科 教授



はしもと・みつお

1975年生まれ。98年早稲田大学理工学部機械工学科卒業。2000年東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻修士課程修了。06年東京慈恵会医科大学医学部医学科卒業。聖路加国際病院にて初期研修終了後に09年に東京慈恵会医科大学内科学講座呼吸器内科に入局。12年から15年までカリフォルニア大学サンフランシスコ校 (UCSF) に研究留学。22年4月より現職。専門は、慢性閉塞性肺疾患 (COPD、喘息) であり、COPD 合併サルコペニアやスポーツ喘息などのスポーツ関連の内科疾患に興味をもって研究を行っている。修士 (工学)、博士 (医学)。

高温・高湿度の暑熱環境下での労働は、体温が過度に上昇し、熱中症などの熱関連障害を引き起こす危険性がある。この状態は、労働者の健康、パフォーマンス、および作業効率に悪影響を及ぼす可能性がある。暑熱環境での作業効率と安全性を向上させるためには、熱ストレスが体温調節機構に及ぼす影響を最小限に抑えることが不可欠である。この課題を解決するための戦略として、頸部冷却技術が注目されている。この技術の暑熱労働環境における効果とその影響について検討する。

熱中症の概念

熱中症は、暑熱環境における身体適応の障害によって発生し、幅広い臨床症状の総称である。暑熱環境下での労働や身体活動は、筋肉活動に伴う熱発生の急激な増加をもたらす。この過程において、人体は体温の上昇を抑制するために発汗による放熱機構を活用しようとするが、十

分な水分補給が伴わない場合、脱水状態が進行し、それに伴いめまい、頭痛、嘔気、倦怠感等の症状が現れる。脱水が一層進行すると、発汗機能が停止し、深部体温がさらに上昇して40度を超えると中枢神経障害による意識障害や多臓器障害による重篤な合併症を引き起こすと考えられている。

頸部冷却の概念

頸部冷却は、特定の装置や材料を使用して、頸部周辺を冷やす方法である。頸部には、総頸動脈と呼ばれる中枢神経を栄養する太い動脈が走行している。この総頸動脈を通じて脳に供給される血液の温度を適切に調整することで、中枢神経の温度上昇を効果的に抑制することが可能と考えられている。この技術の利用は、労働者の感じる不快感の軽減、作業効率の向上、そして作業中の安全性の強化に寄与すると考えられる。とくに暑熱

環境下での作業時における頸部冷却の効果は注目される点であり、以下の点に焦点を当てて検討する。

頸部冷却の効果

運動の自覚症状 (RPE) への影響

RPE (Rate of Perceived Exertion) は、労働者が自らの運動や労働における主観的な負荷感を評価するための指標である。近年のメタアナリシスの結果によると、頸部冷却を導入することで、暑熱環境下における運動時のRPEスコアが有意に低下することが明らかにされている¹⁾ (図1)。高温環境下での労働は、労働者に一般的に高い身体的負荷を課す

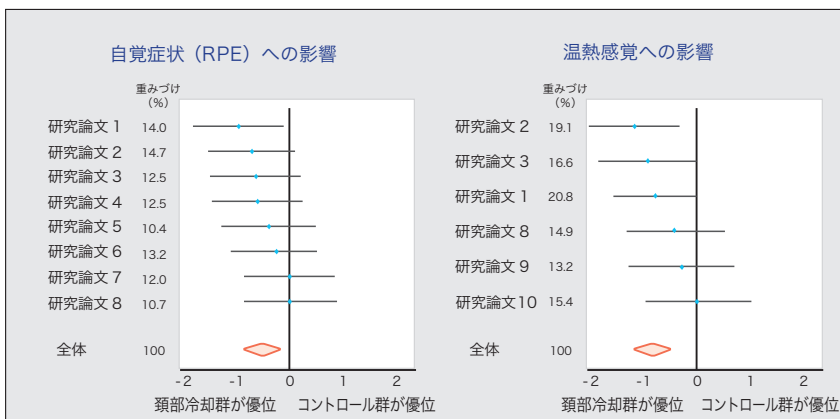


図1 頸部冷却の暑熱感、自覚症状への影響 (メタアナリシス) (文献1を元に作図)

と考えられる。そのため、RPEの低下は労働者の主観的な労働快適性の向上を示唆し、これはとくに持続的な労働や高い環境ストレス下での労働において、パフォーマンスの向上に寄与すると期待される。

温熱感覚への影響

温熱感覚は、特定の環境下での個人が主観的に感じる暑さや寒さの感覚を指し、高温環境下での労働においては、この温熱感覚が作業の快適性や効率に直接的な影響を及ぼす可能性がある。複数の研究によると、頸部冷却の導入により、運動時に感じる熱に関する不快感が軽減され、温熱感覚が改善するとされている¹⁾²⁾ (図1)。これにより、運動や労働中のストレスや不快感が軽減され、労働者のパフォーマンスが向上する可能性が考えられる。実際に、運動中の頸部冷却が運動パフォーマンスに対する影響をまとめたメタアナリシスによれば、運動中に頸部冷却が行われた場合、有酸素運動のパフォーマンスにおいて有意な向上が確認されている³⁾ (図2)。

脳内温度の改善による認知機能の改善効果

暑熱環境下での持続的な労働は、

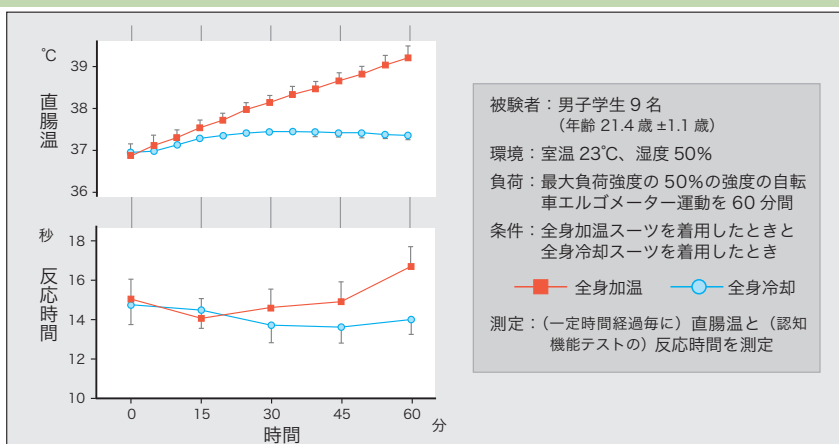


図3 暑熱環境下での活動の認知機能への影響 (文献4を元に作図)

脳内温度を上昇させ、それによる認知機能の低下を引き起こす危険性がある。過去の研究では、体温の上昇が認知機能に与える影響を調査したところ、高体温時における認知機能の低下が示されている⁴⁾ (図3)。この現象は、深部体温の上昇が中枢神経の疲労を誘発し、それによって認知機能が低下すると解釈される。従って、暑熱環境下での長時間の作業時においては、脳の温度を一定に保つことが、認知機能の維持や作業効率の向上の観点からも重要であると考えられる。

頸部冷却技術は、脳の温度を適切に調節するための効果的な手段であると広く認識されている。これは総頸動脈を通る血液を直接冷却することで脳内温度を効率的に低下させることが期待されるからである。最近の研究では、頸部冷却が認知機能の

向上に寄与するという結果が示されている。具体的には、高温環境下で頸部冷却を実施した場合、冷却を施されない群と比較して、より複雑な認知タスクの実行能力が向上するとの報告がある⁵⁾。この結果から、暑熱労働

環境下で頸部冷却を併用することは、高温に弱い脳の保護に繋がることが示唆され、これは暑熱ストレス下での作業の効率や質の低下、ミスの増加の低減に繋がることが示唆される。

頸部冷却技術の導入は、暑熱労働環境において労働者のパフォーマンスを向上させる可能性を有していると考えられる。RPEと温熱感覚の改善を通じて、労働者は過酷な環境下においてもその快適性を維持することが可能となり、その結果、作業の効率性が高まると推測される。さらに、頸部冷却による脳内温度の調節は高温環境における認知機能の維持や向上に寄与することが示唆されている。この技術の適用によって高温に敏感な脳の保護が期待され、結果として、作業の品質や効率の低下、作業ミスの増加のリスクが低減する可能性がある。総じて、暑熱労働環境での労働者の安全と健康を促進する観点から、従来の熱中症対策に加え頸部冷却の実施は有効な戦略と考えられる。

参考文献

- 1) Ruddock A et al, Sports Med. 2017; 47(3), pp.517-532
- 2) Lopez G et al, Mechanical engineering journal. 2016; 3(1), pp.1-12
- 3) Douzi W et al, Scand J Med Sci Sports. 2019; 29(3), pp.1660-1676
- 4) 風間彬 他, 体力科学. 2012; 61(5), pp.459-467
- 5) Jason KWL et al. Eur J Appl Physiol, 2014;114, pp.375-384

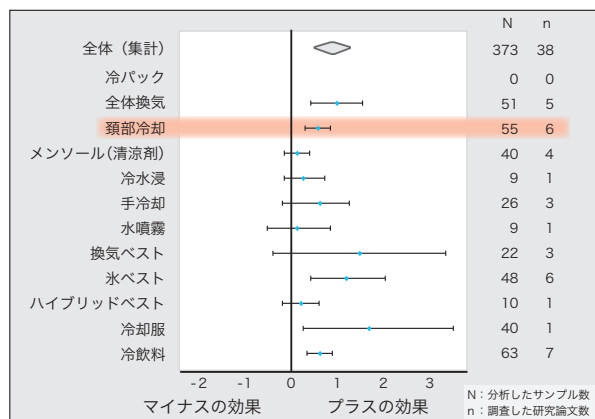


図2 運動中の冷却効果の運動パフォーマンスへの影響 (運動中の冷却効果を検討した研究論文を調査して分析) (文献3を元に作図)