

リハ工学カンファレンスin北九州  
演題番号1-2-4

## 体温調節機能障害のための 頸部・鼠径部冷却システムの開発

山下将輝<sup>1,2</sup>、硯川潤<sup>1</sup>、高嶋淳<sup>1</sup>  
井上剛伸<sup>1</sup>、緒方徹<sup>3</sup>、手嶋吉法<sup>2</sup>

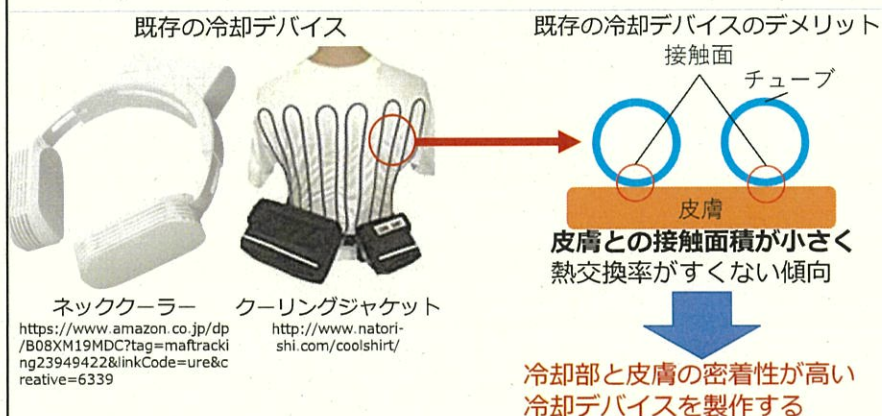
1. 国立障害者リハビリテーションセンター研究所
2. 千葉工業大学
3. 東京大学医学部附属病院

2021年9月25日

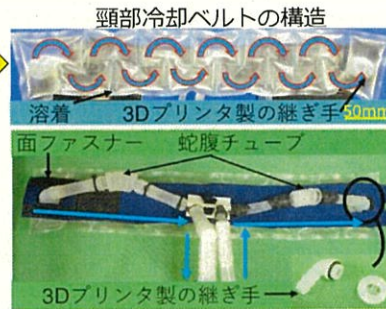
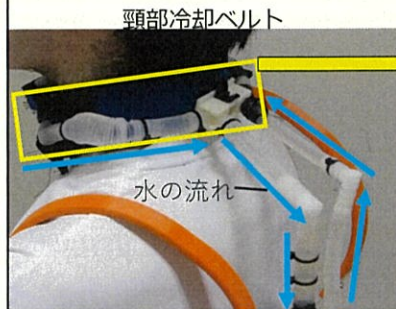
### 研究背景

頸髄損傷者は体温調節機能に障害があり、  
夏場に熱中症に陥るリスクが高い

現在は保冷剤や霧吹きを体当てて冷却していることが多い



## これまでの研究 (国リハ)



熱可塑性エラストマーフィルムを溶着し、冷却水が循環する中空構造を持つ冷却ベルトを製作した

しかし、最大吸熱率が24Wであり、**頸部冷却ベルトは発汗機能を完全に補うことができなかった**

## 本研究の目的

新しい冷却ベルトを製作し、更なる吸熱率の増加を目指す

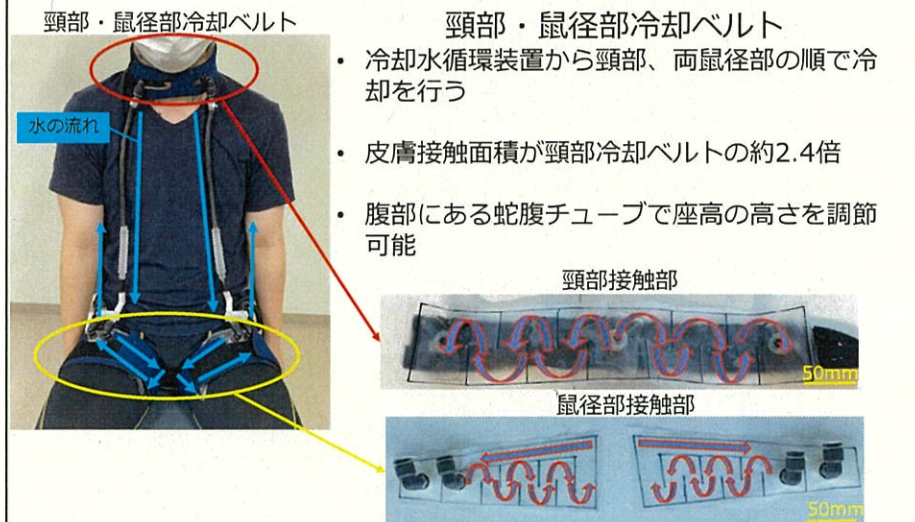
→冷却ベルトの皮膚接触面積を増やし、可能な限り単位面積の効率を維持する

### 冷却部位を決定する条件

- 車椅子のタイヤを回す際に邪魔にならない
- 大きな血管周辺の部位である
- 冷却ベルトを装着できる部位である

**頸部と鼠径部を同時に冷却できる冷却ベルトを製作し、評価した**

## 頸部・鼠径部冷却ベルトの設計と製作



## 実験方法

頸部冷却ベルトと頸部・鼠径部冷却ベルト装着時の各部皮膚温、吸熱率の比較を行った

$$\text{吸熱率(W)} = \text{水温差(K)} \times \text{流量(g} \cdot \text{s)} \times \text{比熱(J/g} \cdot \text{k)}$$

温度測定場所(6箇所)  
計測器:N543 (日機装サーモ)

室温 (設定:24℃)  
皮膚温:頸動脈、左鼠径部、右鼠径部  
水温:冷却ベルト出入口

流量測定場所(1箇所)  
計測器:LR8512 (HIOKI)

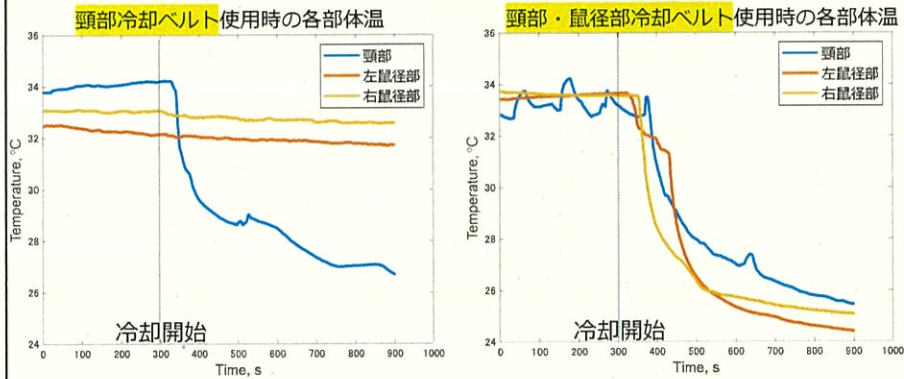
冷却ベルト出口  
(設定:0.8L/min)

実験手順

- 5分間実験前に待機し、冷却前の各皮膚温、流量を計測する
- 18℃に設定した各冷却ベルトを10分間装着した時の各皮膚温、流量を計測する

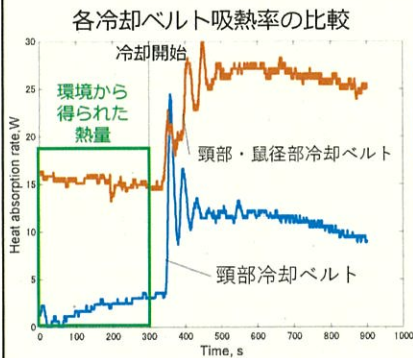
吸熱率は皮膚接触部以外から得る吸熱率を差し引いたものとする

## 各冷却ベルト装着時の体温



- どちらの冷却ベルトも冷却開始から**急激に温度が低下し、**暫く経つと**緩やかに低下した**  
 →皮膚及び皮下組織の熱が吸熱されるため、急激に低下するが、冷却ベルトと血流が皮膚との熱交換によりバランスをとることで徐々に一定の値に近づく
- 頸部冷却ベルト使用時、鼠径部の温度に変化が見られなかった  
 →両ベルトとも頸部の温度がほぼ同じことから鼠径部の温度分**冷却能力が増加している**

## 吸熱率、吸熱量の比較



各冷却ベルト各種比較

	吸熱率の 最大値 (W)	吸熱量(kJ)	1m <sup>2</sup> 当たり の吸熱量 (kJ/m <sup>2</sup> )
頸部冷却 ベルト	24.47	6.85	285.42
頸部・ 鼠径部冷却 ベルト	29.92	15.02	266.05

×2.19

吸熱率の最大値や吸熱量を増加させることができたため、鼠径部を冷却することに有用性が見られる

鼠径部を冷却することで頸部冷却ベルトの**約2.2倍**の吸熱量得ることができたが、冷却効率の面では頸部冷却ベルトの方が良いことが判った

## 考察

・ 1m<sup>2</sup>当たりの吸熱率について  
各冷却ベルトの水温と流量の設定が同じであるため、皮膚接触面積が大きい程水温が上がる

→皮膚接触面積を増やすと冷却効率は低下する

・ 先行研究との比較  
プラスチックチューブを使用した冷却デバイスを用いて単位面積当たりの吸熱率が推定された

先行研究との比較

	先行研究(1)	先行研究(2)	頸部冷却ベルト	頸部・鼠径部冷却ベルト
冷却箇所	頭、首	身体の72%	首	首、鼠径部
単位面積当たりの吸熱率(W/m <sup>2</sup> )	300	150	456	443
室温	30±1℃	29.8℃	24℃	24℃
水温	20℃	21℃	18℃	18℃

(1)Masashi K Tetsuya Y Hideyuki T Naoto K Takashi I "Relationship between body surface cooling area, cooling capacity and thermoregulatory responses wearing water perfused suits during exercise in humans". The Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 2009, Vol. 58, No. 1, p. 109~122  
(2)Samuel N. Cheuvront, Margaret A. Ko'ka, Bruce S. Cadarette, Scott J. Montain, Michael N. Sawaka, "Efficacy of intermittent, regional microclimate cooling". 2003. J Appl Physiol. Vol. 94. P. 1841~1848

## まとめ

- ・ 皮膚接触面積を増やし、吸熱量を増加させるために頸部・鼠径部冷却ベルトを製作した
- ・ 頸部・鼠径部冷却ベルトは頸部冷却ベルトより吸熱量が約**2.2倍**増加した
- ・ 先行研究と比較した結果、本研究で使用した冷却ベルトの冷却効率が高いことが判った