

2022/07/07

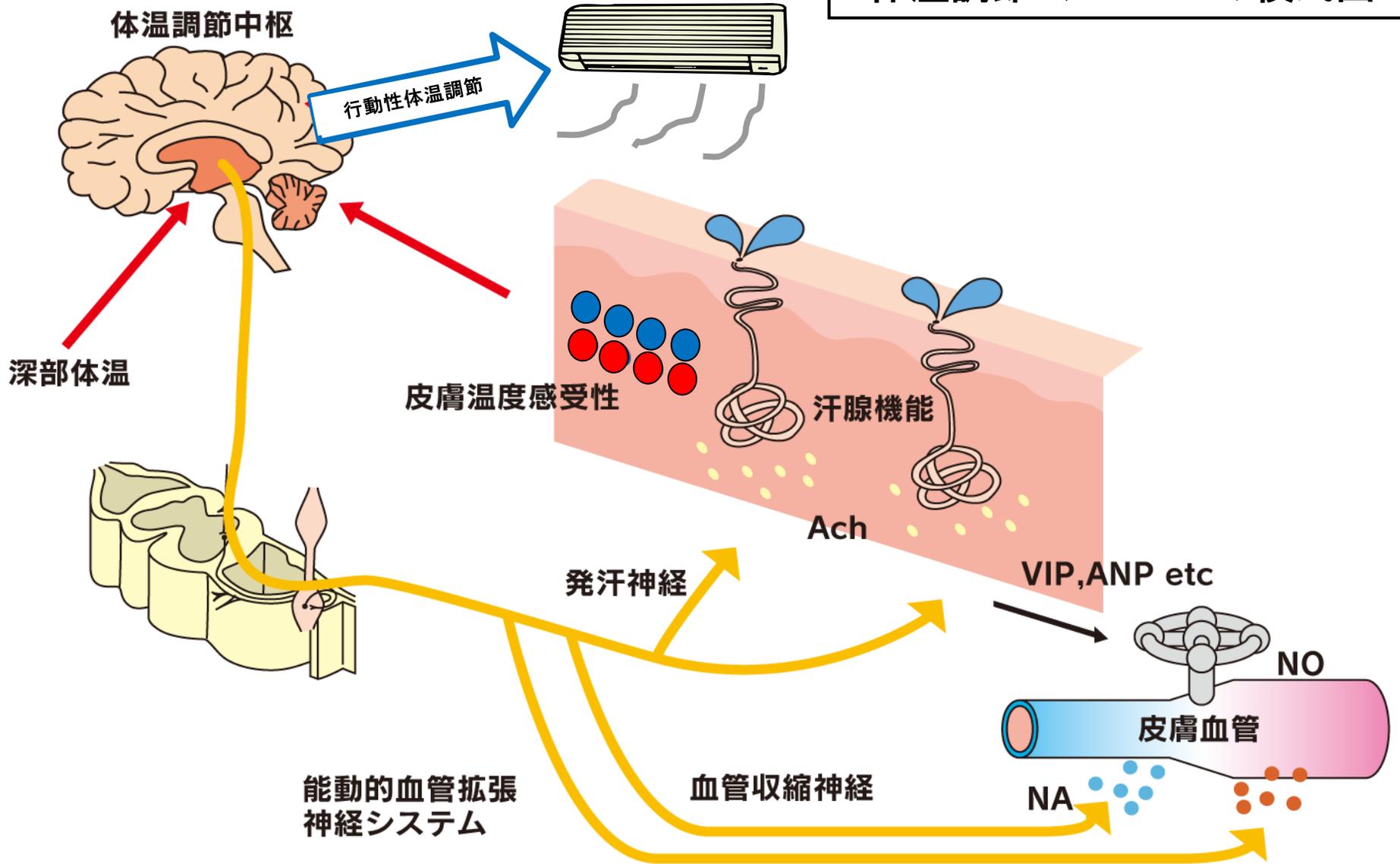
熱中症対策に係るシンポジウム(環境省)

子ども（幼児・園児）の暑熱反応特性 と熱中症予防策

井上 芳光

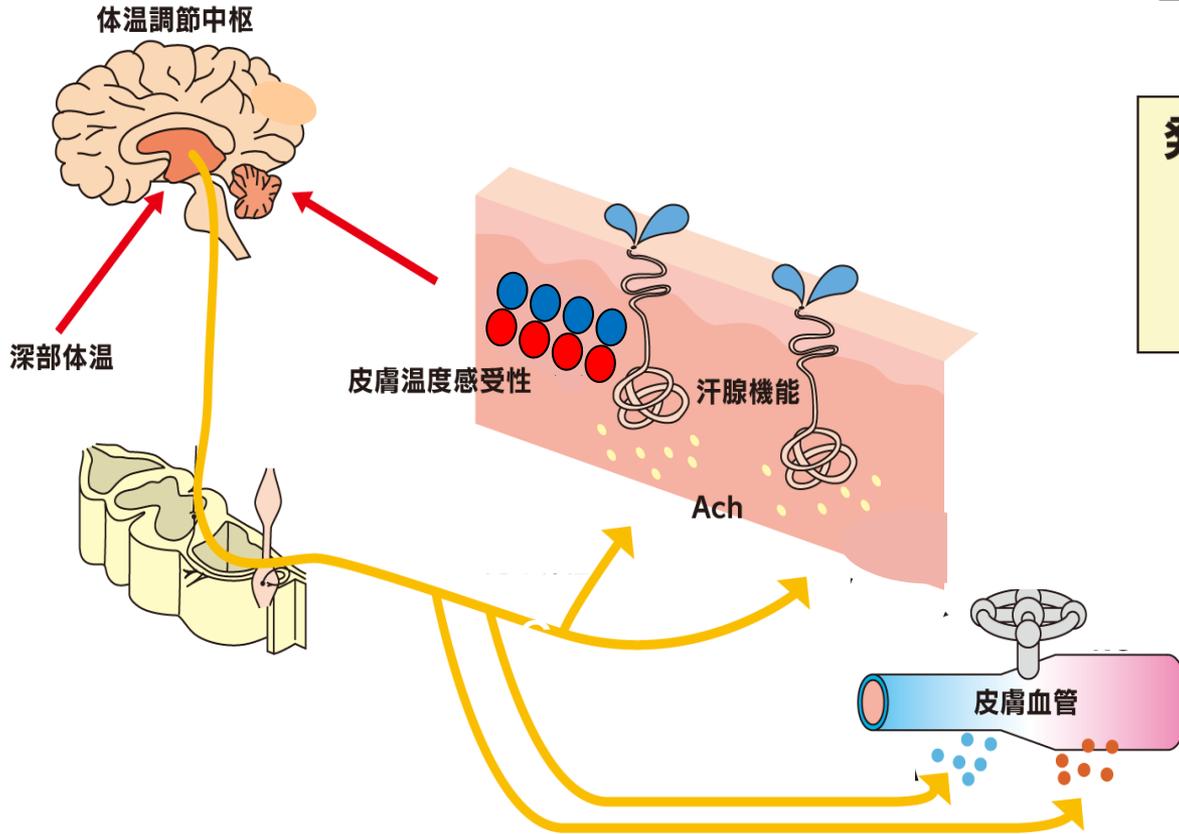
大阪国際大学 人間科学部 名誉教授

体温調節メカニズムの模式図



(井上 2004)

体温調節システムと熱中症



熱痙攣

発汗量 ↑

- ・ 体内水分量 ↓
(血液量)
- ・ 体内の塩分 ↓

脱水

熱疲労

熱射病

体温調節の破綻

循環不全

皮膚血流量 ↑

- ・ 一回拍出量 ↓
- ・ 心拍数 ↑
(循環血液量の低下)

熱失神

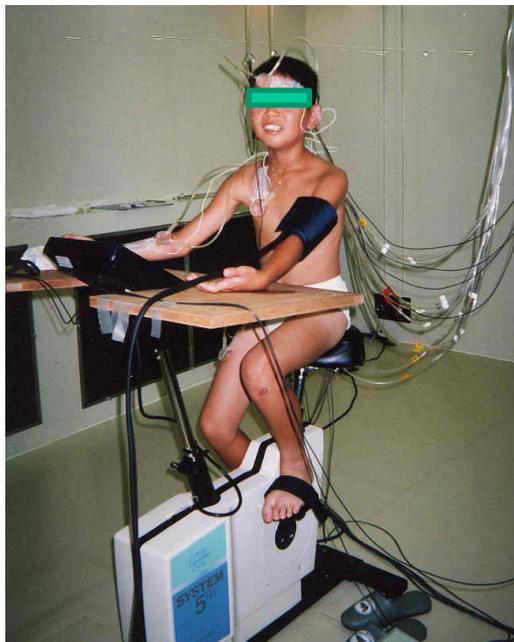
← 血圧低下
(脳血流の低下) ←

子どもは汗っかき？（実験風景）

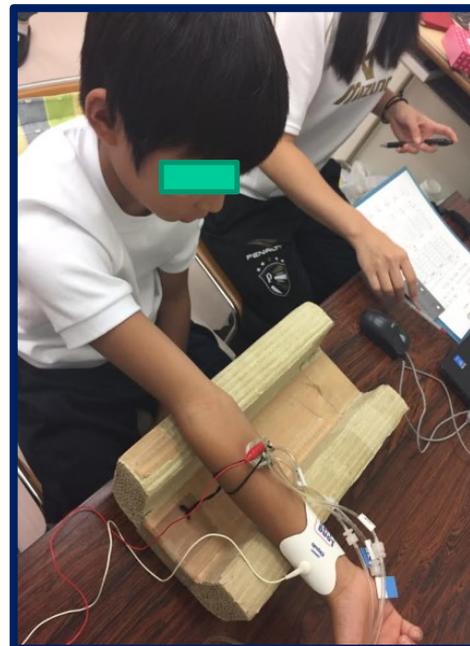
下肢温浴



自転車運動



イオントフォーシス （アセチルコリン刺激）



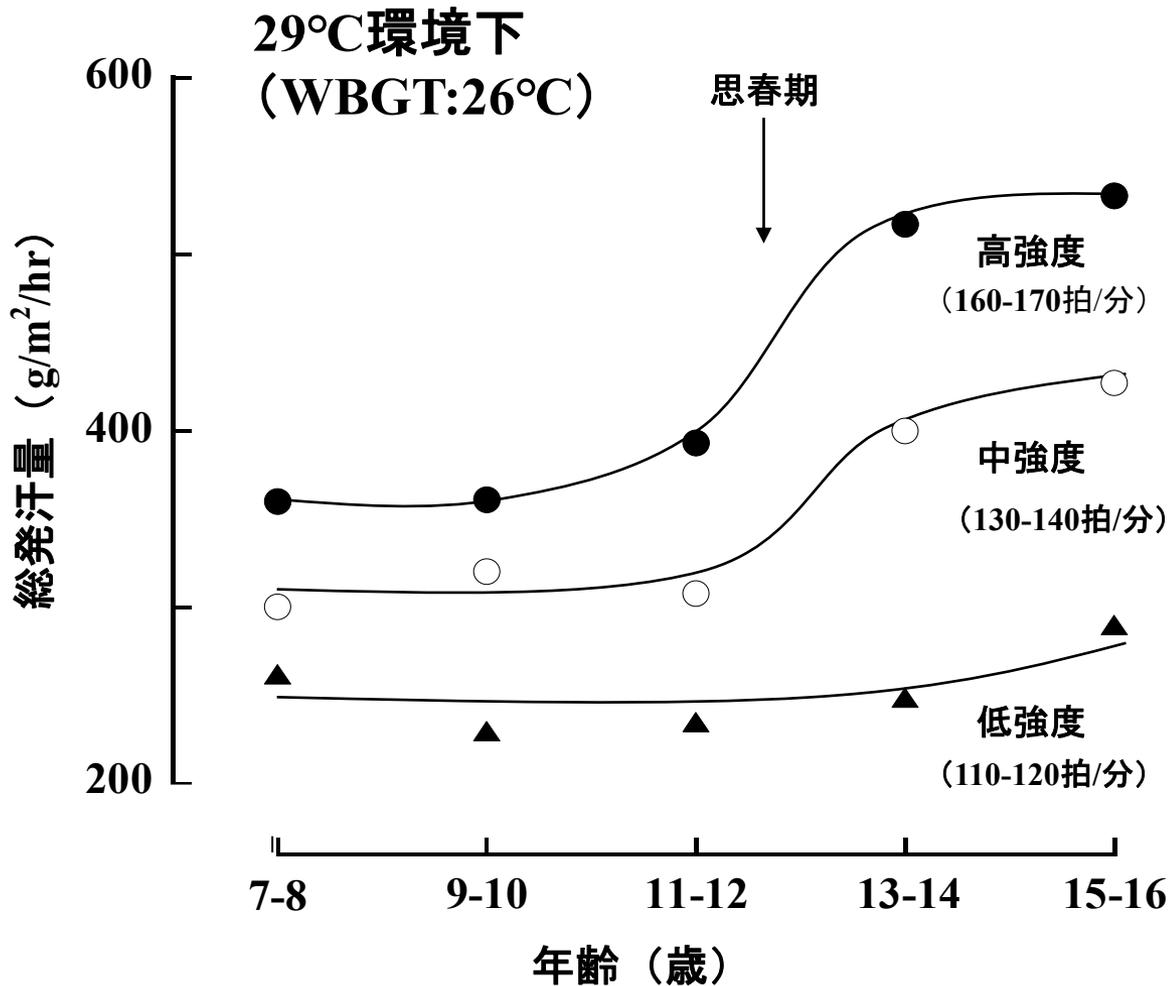
ヨウ素でんぷん法 （汗腺数の測定）



カプセル換気法 （発汗量の測定）



レーザードップラー血流計 （皮膚血流量の測定）



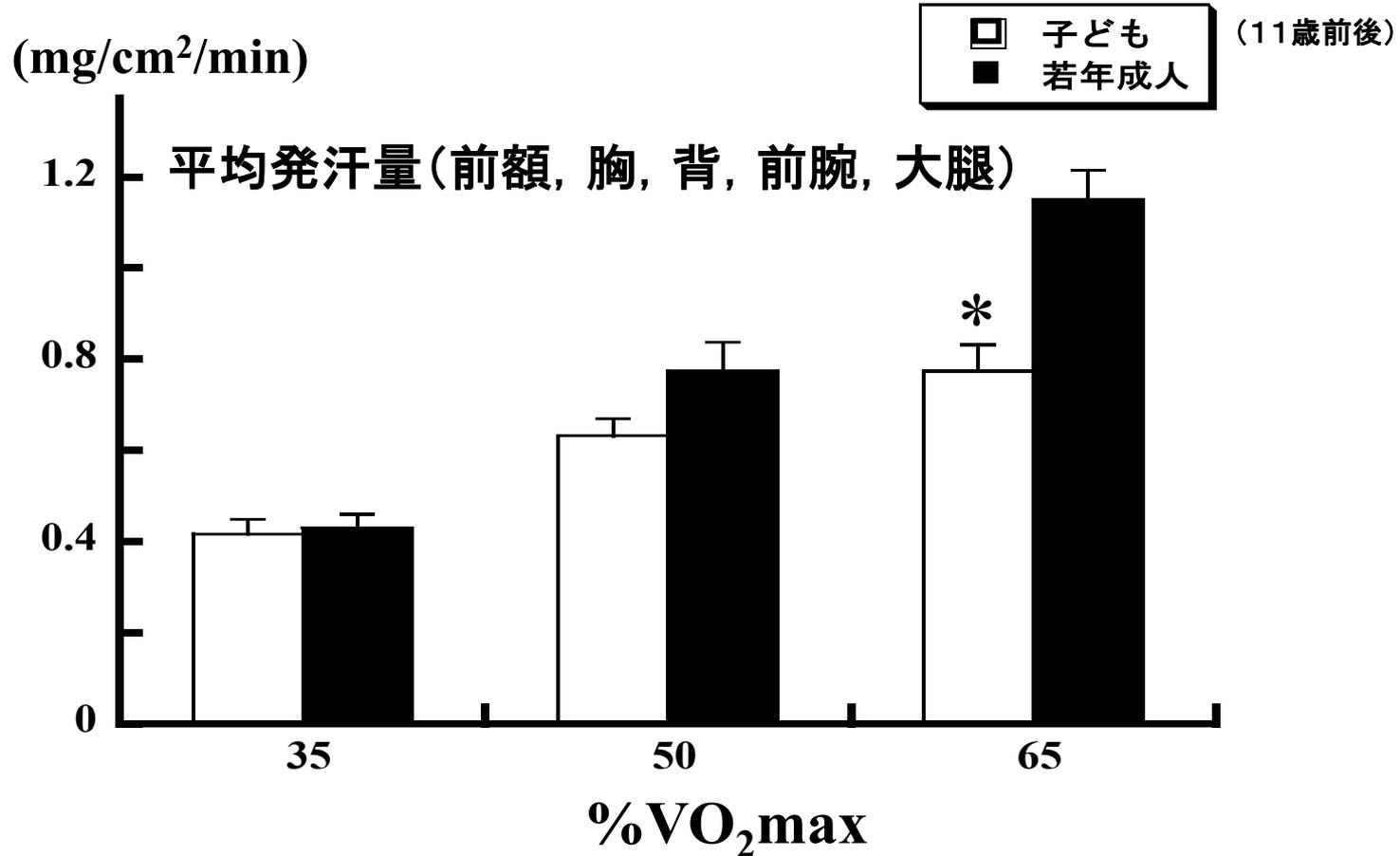
総発汗量(体表面積あたり)は、低強度運動時には年齢差がみられなかったものの、中強度および高強度運動では思春期を境に大きく増加した。この結果は、思春期前児童の発汗機能は未発達であること、発汗機能は思春期を境に顕著に発達することを示している。

7～16歳男子における低・中・高強度運動時の総発汗量

(Araki T *et al.* 1979; 井上2002 改変)

28°C・45%RH(WBGT:23°C)
30分間, 自転車運動

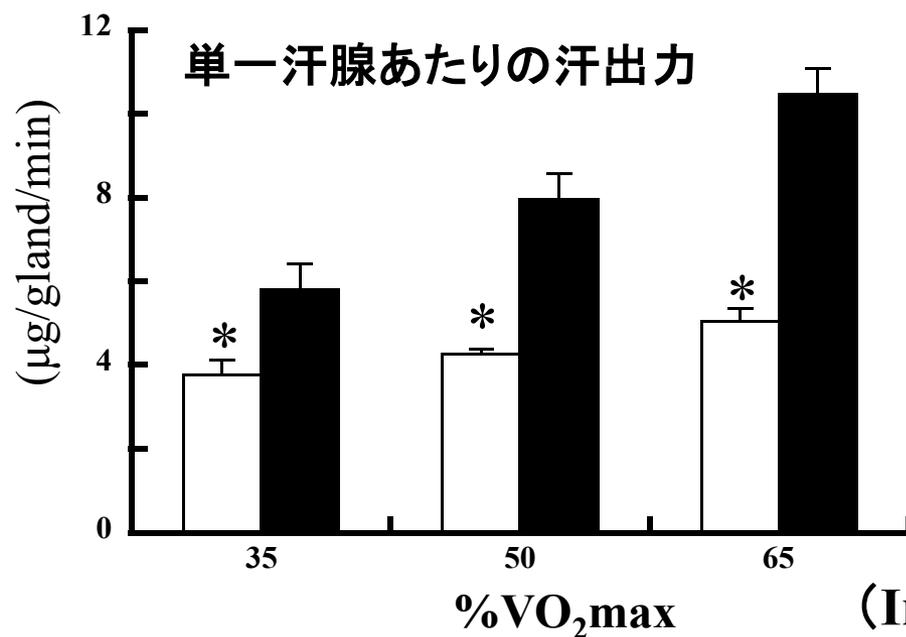
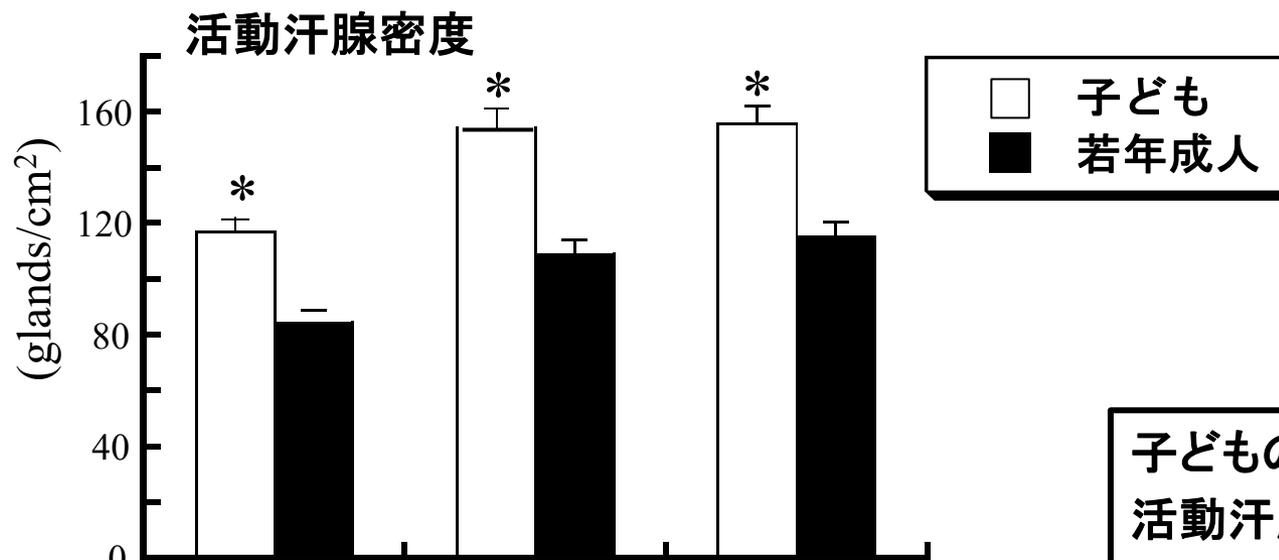
子どもの未発達な発汗機能は多量発汗
が要求される条件下で顕著になる



(Inoue Y et al. 2002)

28°C・45%RH(WBGT:23°C)

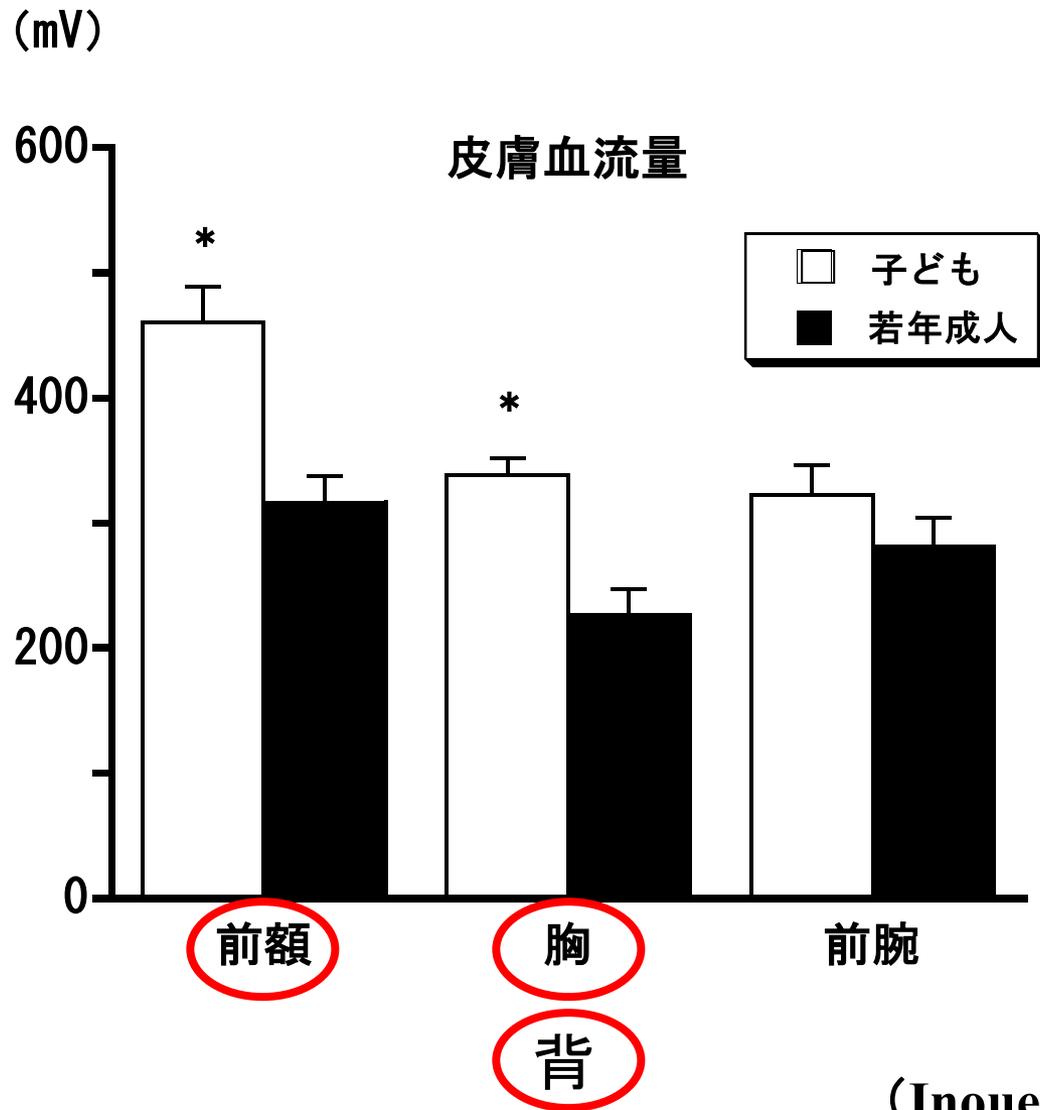
30分間, 自転車運動



子どもの少ない発汗量は、活動汗腺数ではなく、低い単一汗腺あたりの汗出力(小さな汗腺サイズand/or低いコリン感受性を意味する)に起因する。

(Inoue Y et al. 2002)

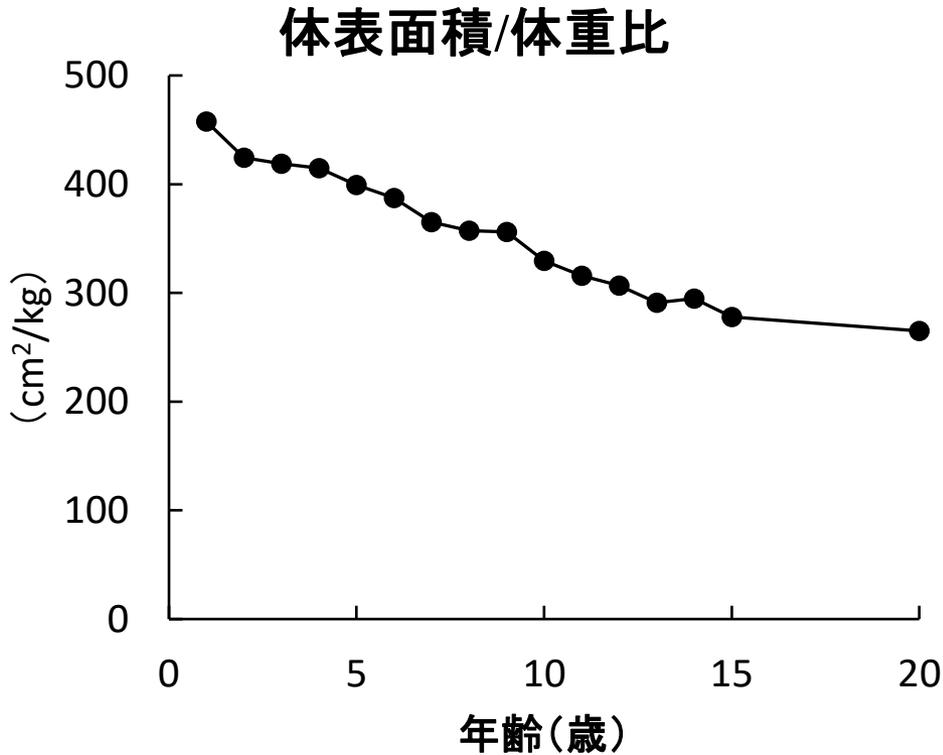
28°C・45%RH(WBGT:23°C)
30分間, 自転車運動



子どもは未発達な発汗機能を頭部や躯幹部での皮膚血管拡張(皮膚血流量の増加)で代償する熱放散特性を有する。

(Inoue Y et al. 2002)

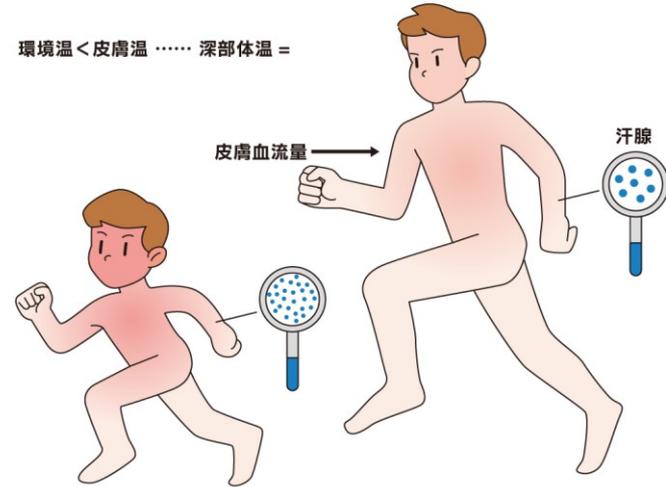
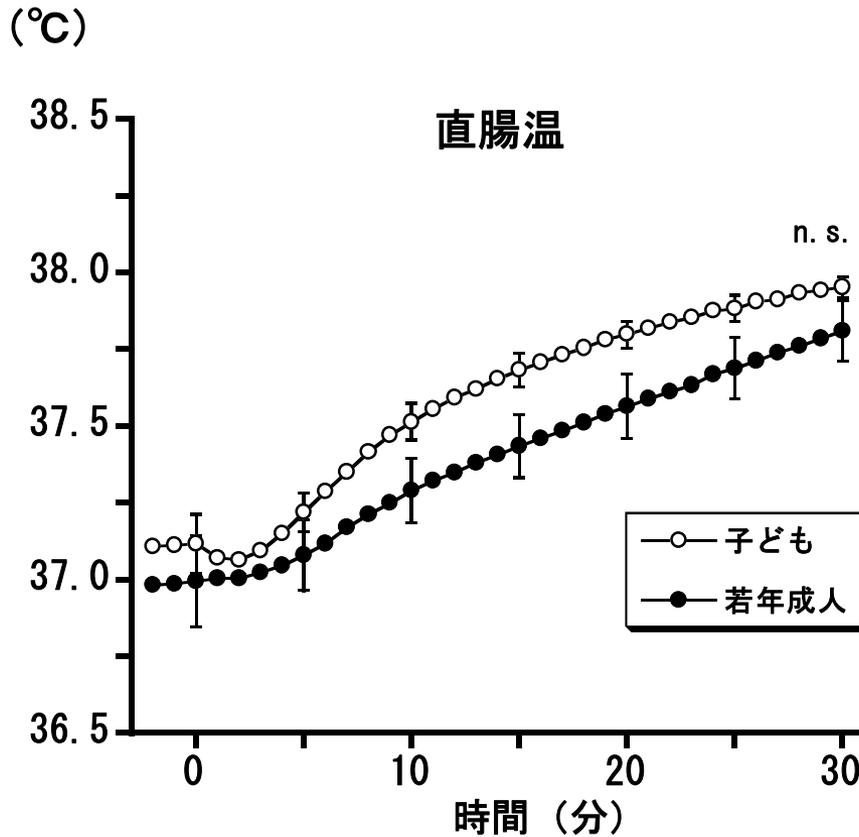
子どもの体格特性



体表面積/体重比は熱放散や熱獲得に影響する。子どもは成人より大きな体表面積/体重比を有する。そのため、子どもは成人より、環境温が皮膚温より低い場合には身体が物理的に冷めやすく、逆に環境温が皮膚温より高い場合には熱しやすい。

(国民栄養調査, 2018)

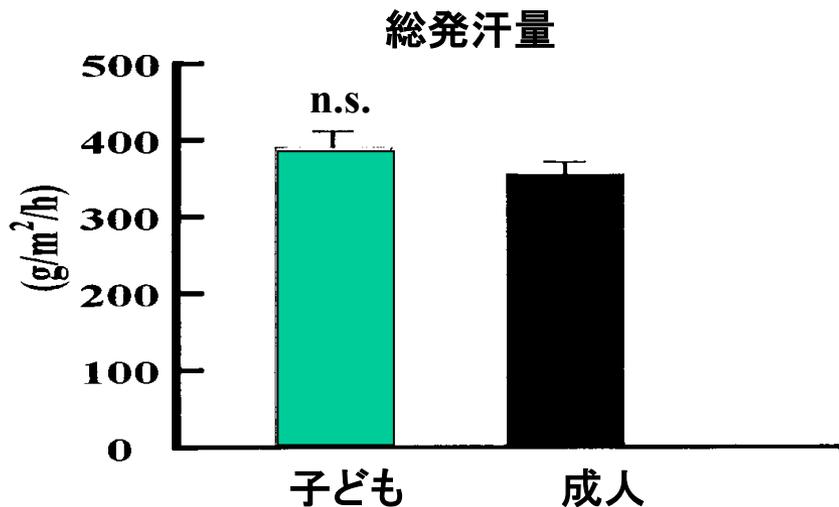
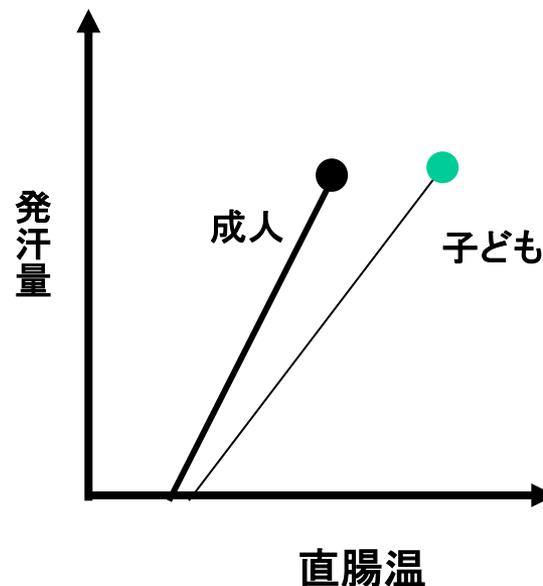
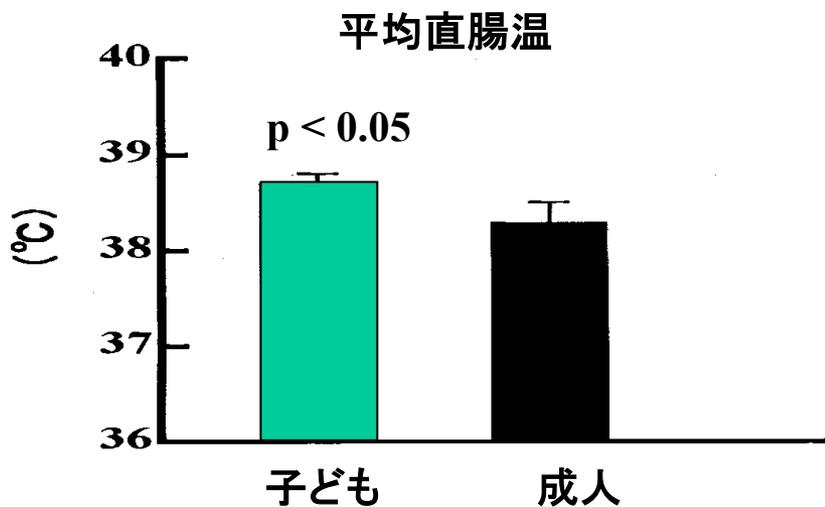
28°C・45%RH(WBGT:23°C)
30分間の65%VO₂max自転車運動



環境温が皮膚温より低い条件 (28°C・45%RH) では、子どもは彼らの熱放散特性 (未発達な発汗機能を皮膚血管の拡張で代償する) と体格特性 (大きな体表面積/体重比) により深部体温を成人とほぼ同等に調節できる。

(Inoue et al. 2002)

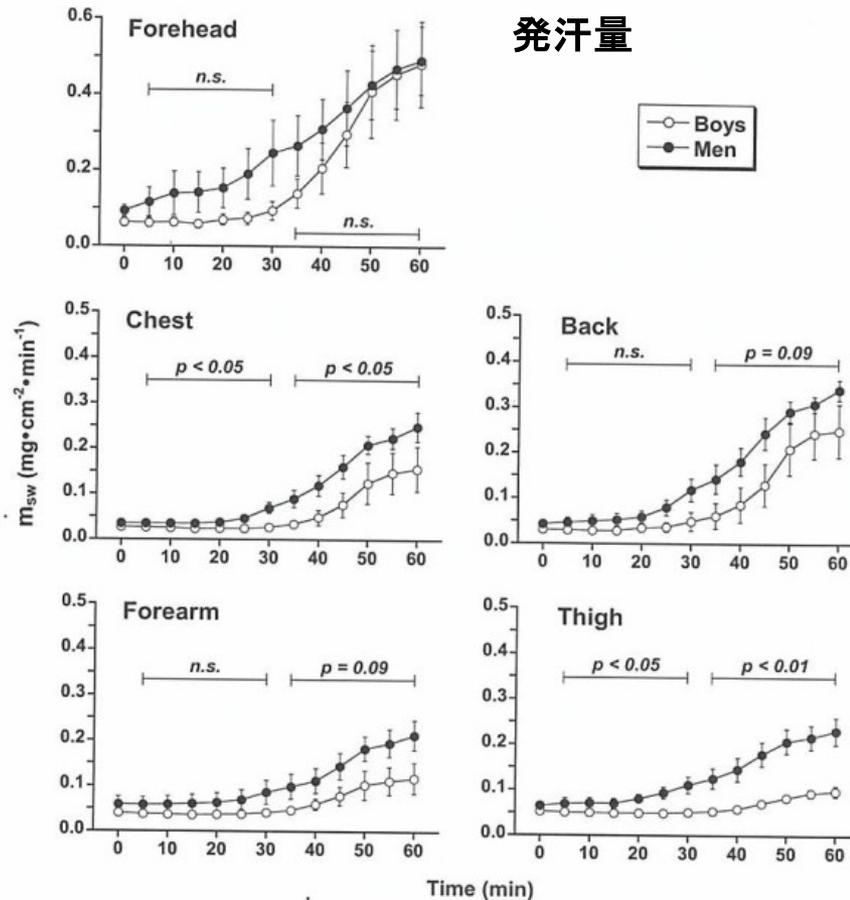
真夏のフィールド実験(子ども vs 成人女子)



夏季におけるバスケットボール or 野球練習時の子どもは、ソフトボール練習時の成人女子より軽度な内的 or 外的温熱刺激下で活動していたにもかかわらず、直腸温は成人より高かった。

暑熱暴露実験

(環境温を50分間で28°Cから40°Cに上昇させ、その後10分間40°Cを保つ環境)



(Inoue Y et al. 2009)

環境温が皮膚温より高い環境条件(暴露後半)では、子どもが成人より大きな生理的・主観的生体負担を示した。これは、低い発汗量による低い蒸散性熱放散と大きな体表面積/体重比による大きな熱獲得に起因したものと考えられる。

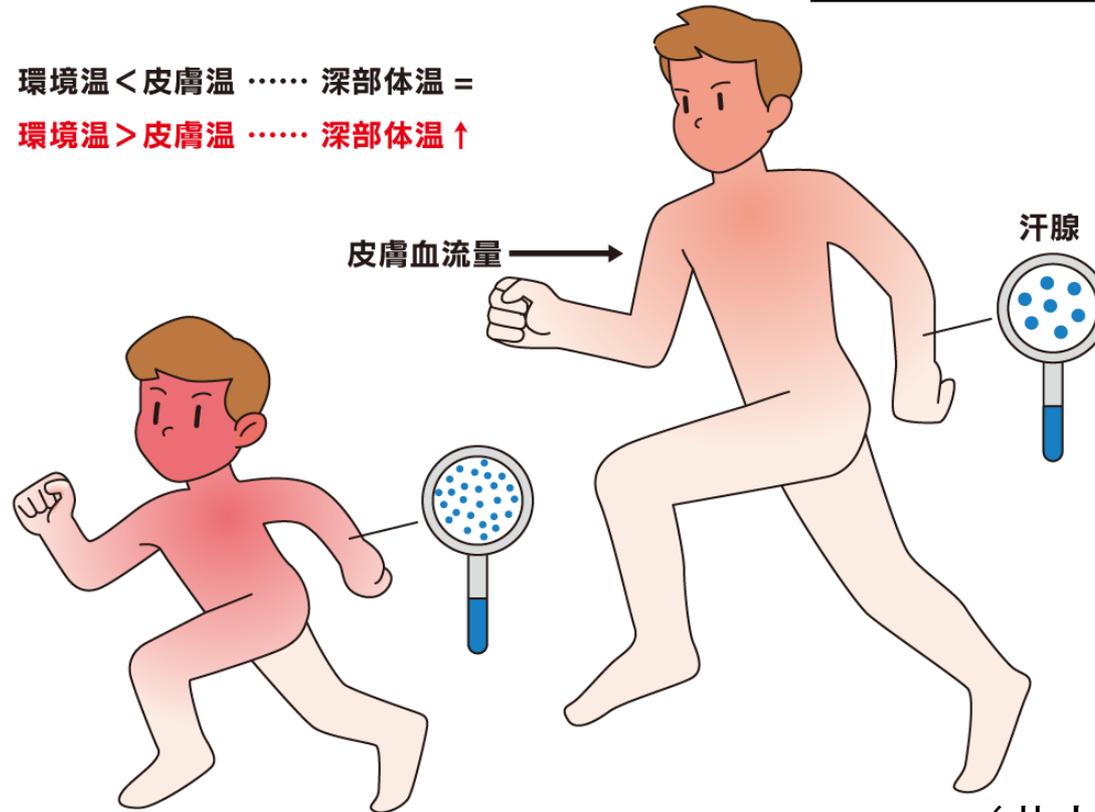
発汗機能は未発達

体表面積／体重
子ども＞成人

環境温＜皮膚温 …… 深部体温 =

環境温＞皮膚温 …… 深部体温↑

子どもは生理学的には「汗っかき」ではない。子どもが真っ赤な顔をして「汗っかき」に見える場合には、温熱ストレス（深部体温上昇）が大きくなっていると捉えるべきである。



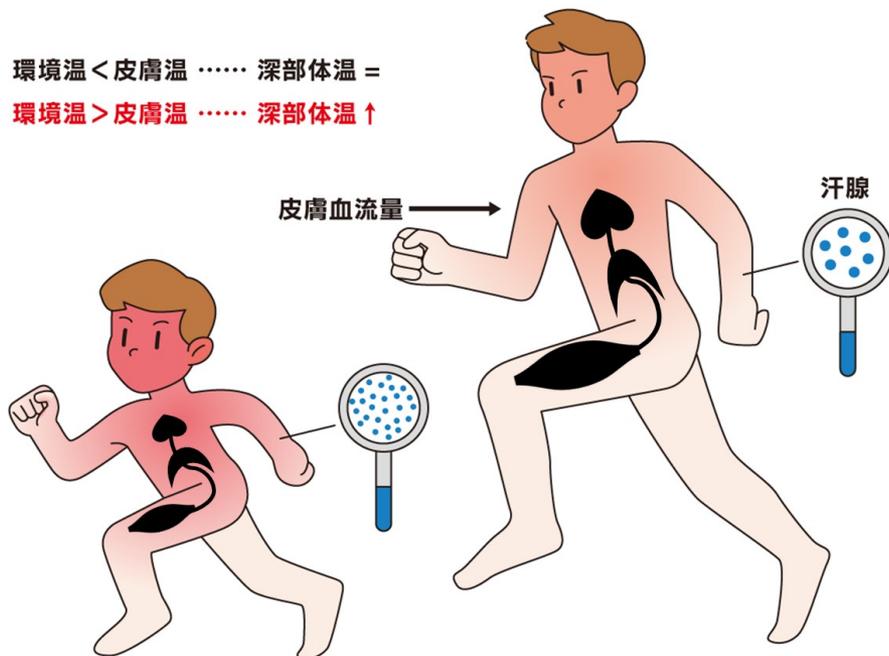
(井上 2002)

環境温が皮膚温より高い条件では、子どもの大きな体表面積/体重比が熱獲得を促進するとともに、未発達な発汗機能が大きく影響し（この環境条件では汗の蒸発が唯一の熱放散経路）、子どもの深部体温上昇が若年成人より大きくなる。そのため、真夏には子どもがより一層熱中症ハイリスクグループになる。

子どもの高温下循環特性

環境温 < 皮膚温 …… 深部体温 =

環境温 > 皮膚温 …… 深部体温 ↑

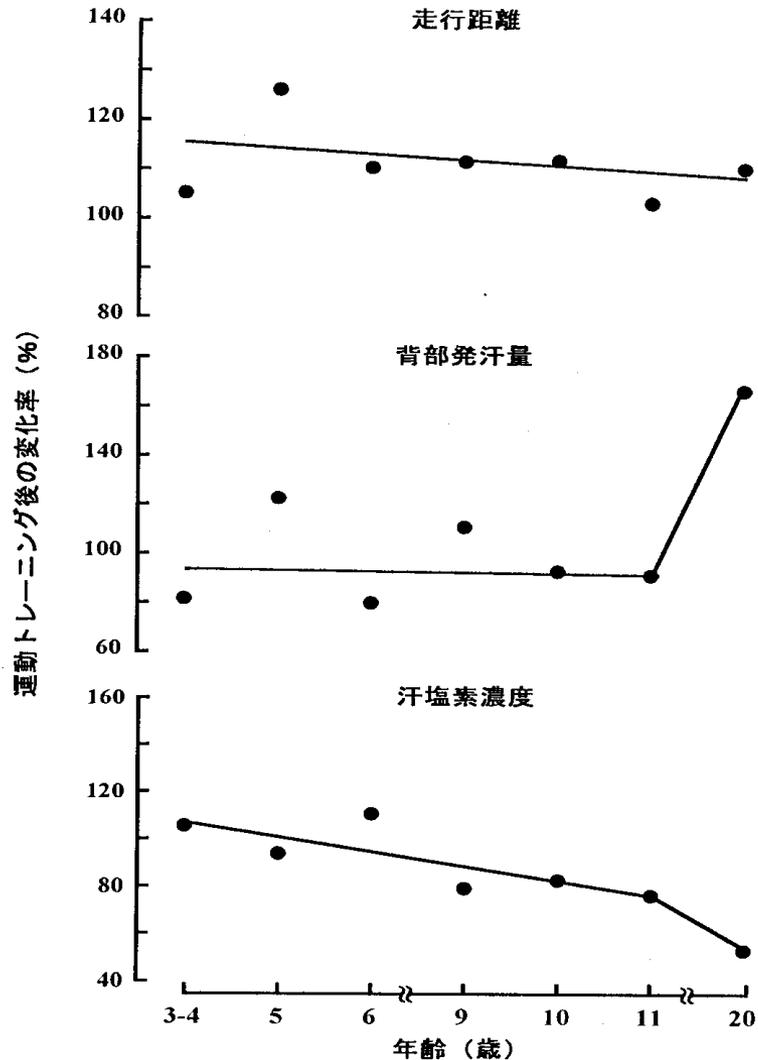


- ↑ 皮膚血流量
- ↓ 心拍出量・一回拍出量
- ↓ 血液量
- ? 血流再配分・筋血流量
- ↓ 血圧

暑熱下運動時において、子どもの皮膚血流量は成人より高い。この特性と子どもの低い心拍出量および血液量を考え合わせると、子どもでは中心血液量や活動筋への血液量が成人より減少し、循環負担度が大きくなることが推察され、それが高温下運動時において、子どものパフォーマンスの低下が大きいことを部分的に説明しているかもしれない。

高温暴露(サウナ70°C, 20%RH, 10分間)において、その終了直後に子どもでは顕著な血圧低下が観察されている。これが子どもによく観察される熱失神の原因かもしれない。

発育と運動トレーニング



運動トレーニング: 9歳以上の者では5分間走を3~4回/週の頻度で5~7週間(4~5月), 3~6歳児では500m走を2~5回/週の頻度で8~16週間(11~2月)

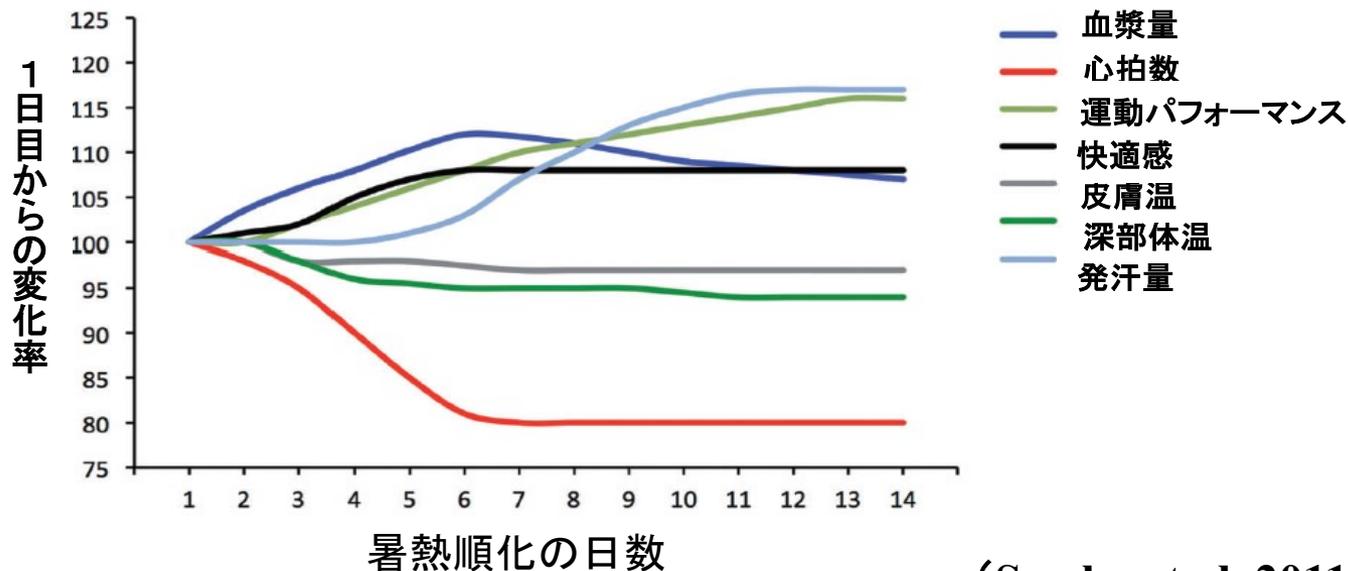
左図は上記の運動トレーニング前後に実施した3分間または5分間走行距離, 背部発汗量, 汗塩素濃度の変化率(運動トレーニング前値を100%)を示す. 運動トレーニングによって, 走行距離はいずれの年齢群でも10%程度改善したが, 発汗量の増加や汗塩素濃度の低下は3~11歳児では若年成人ほど顕著に認められなかった. このことは, 子どもの発汗機能は運動トレーニングで若干亢進したものの, 大人ほど期待できないことを示す.

しかし, 循環に関連する指標には運動の効果が明らかにされていることから, 子どもにも日頃から適度に外遊びを奨励し, 暑熱順化を促進させましょう(運動の習慣化が将来的に発汗機能の亢進に結び付く).

ヒトは暑さに適応する(暑熱順化). しかし, その速度は子どもが成人より遅い.

(1) Bar-Or O (1980): 2週間, 週3回の暑熱プログラム(43°C・21%RHでの軽運動)を負荷した結果, 子どもの暑熱順化速度は成人より遅い.

(2) 荒木 勉 ら(1990): 夏季と冬季における暑熱環境下の発汗量の季節差を検討した結果, その季節的変動は子どもが成人より小さかった.



(Sawka et al. 2011)

子どもの水分補給

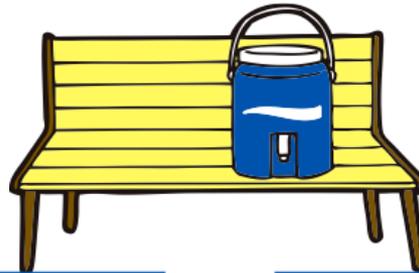
夏季スポーツ活動時にスポーツ飲料を自由に補給させた場合、大人が発汗量の60-70%を水分補給するのに対し、子どもは発汗量とほぼ同等の水分を補給した。そのため、子どもの口渴感が劣っているとは考えられず、安全なスポーツ活動のためには、口渴感に応じて自由飲水ができるように指導し、その能力を磨くべきです。

【運動により失われた水分】



バスケットボール
総発汗量
1.34kg

自由に水分補給
できる環境



【運動時に補給した水分】

バスケットボール
水分補給量
1.29kg



野球
総発汗量
1.49kg

総発汗量: 約1.4kg

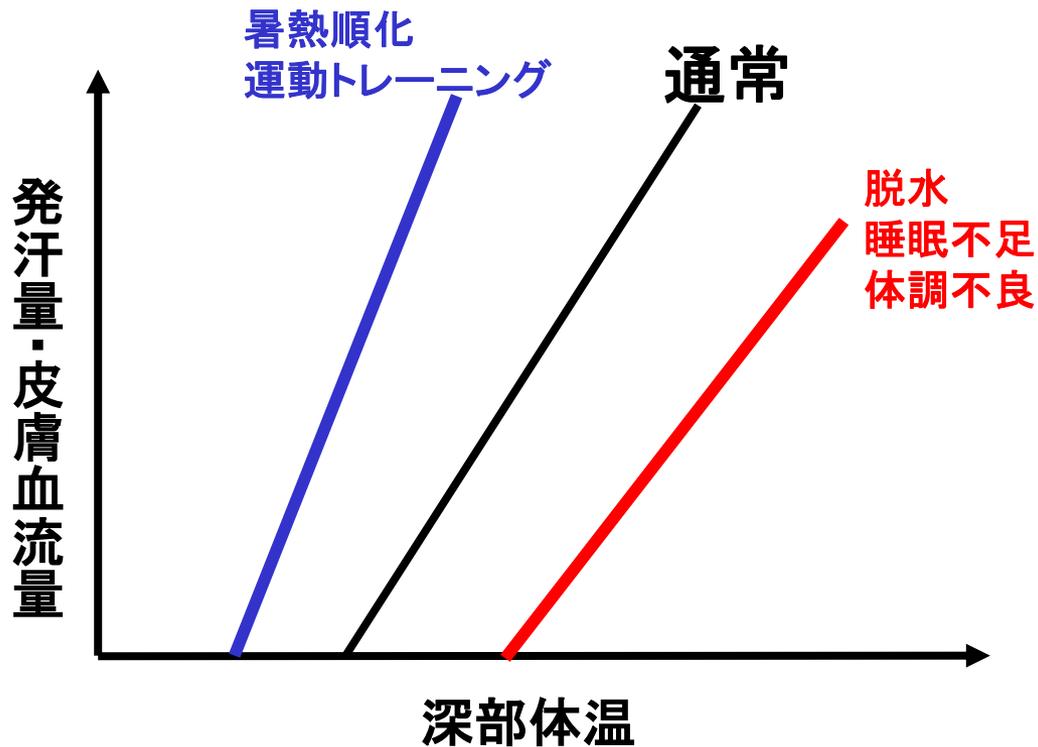


水分補給量: 1.39kg

野球
水分補給量
1.53kg

井上芳光ら, 夏季スポーツ活動時における発汗量と水分補給量の年齢差, 体力科学51(2): 235-244, 2002

練習時間: 約3時間30分, 対象者年齢: 約11歳



通常条件では深部体温が高くなると発汗量や皮膚血流量は増加する。この対応関係は各種要因で変化する。脱水・睡眠不足・体調不良になると、同一体温あたりの発汗量や皮膚血流量が低下し、熱中症を発症しやすくなる。逆に、暑熱順化や運動トレーニングを実施すると同一体温あたりの発汗量や皮膚血流量は増加する。

暑熱順化，運動トレーニング，脱水，睡眠不足，体調不良に伴う発汗量・皮膚血流量の変化の模式図

まとめ

1. 子どもが熱中症になりやすい要因

- (1) 発汗機能が未発達
- (2) 体格的特徴(大きな体表面積/体重比)
- (3) 暑熱順化・季節馴化が遅い

2. 子どもの熱中症を防ぐポイント (熱中症環境保健マニュアル2018, 環境省)

(1) 顔色や汗のかき方を観察しましょう

子どもを観察したとき、顔が赤く、ひどい汗をかいている場合には、深部体温がかなり上昇していると推察できるので、涼しい環境下で十分な休息を与えましょう。

(2) 適切な飲水行動を学習させましょう

喉の渇きに応じて適度な飲水ができる(自由飲水)能力を磨きましょう。

(3) 日頃から暑さに慣れさせましょう

日頃から適度な外遊びを奨励し、暑熱順化を促進させましょう。

(4) 服装を選びましょう

幼児は衣服の選択・着脱に関する十分な知識を身につけていない。そのため、保護者や指導者は熱放散を促進する適切な衣服を選択し、環境条件に応じて衣服の着脱を適切に指導しましょう。