



نویسنده:  
**مالینا و بوچارد**  
ترجمه‌ی  
**دکتر بهروز عبدلی**  
عضو هیئت علمی  
دانشگاه شهید بهشتی



## تنظیم گرمای بدن در طول رشد

همان گونه که می‌دانیم، کودکان در مقایسه با نوجوانان و بزرگسالان، هزینه‌ی سوخت و ساز بالاتری در کیلوگرم توده‌ی بدن (وزن) در خلال فعالیت‌هایی مانند راه رفتن یا دویدن دارند. یکی از کاربردهای چنین تفاوتی این است که تولید گرمای سوخت و سازی در کیلوگرم توده‌ی بدن، در خلال چنین فعالیت‌هایی در کودکان بالاتر است. با این که این ویژگی ممکن است در هوای سرد مفید باشد، ولی برای کودکی که در گرما تمرین می‌کند، عوارضی به همراه دارد.

چهار مسیری که گرما از طریق آن‌ها بین بدن و محیط انتقال می‌یابد، شامل هدایت، انتقال، تابش و تبخیر است. میزان هدایت، تابش و تبخیر، بستگی به شیب حرارت بین پوست و محیط دارد. موقعی که حرارت پوست بالاتر از حرارت محیط است، گرما از پوست به محیط جریان می‌یابد. در مقابل، موقعی که محیط سردتر از پوست است، گرما از بدن به محیط منتقل می‌شود. میزان سرد

فعالیت بدنی در هوای سرد و گرم وجود دارد. این نوشتار، ابتدا اصول جسمانی و فیزیولوژیکی تنظیم حرارت را شرح می‌دهد و سپس اثرات نمود بالیدگی را بر پاسخ به فشار هوای سرد و گرم مطرح می‌کند.

### فیزیک انتقال گرما

گرما به عنوان محصول سوخت و ساز، دائماً در بدن تولید می‌شود. در خلال فعالیت بدنی، گرمای سوخت و سازی متناسب با شدت و مدت فعالیت افزایش می‌یابد. گرمای زیاد موجب افزایش درجه‌ی حرارت بدن می‌شود، مگر این که تحلیل یابد.

افزایش بیش از حد حرارت مرکزی بدن (۳۹ درجه یا بالاتر)، ممکن است موجب اختلال در کارکرد بدن، بهزیستی و سلامت شود. به علاوه، موقعی که از دست دادن گرمای بدن بیش از تولید آن است، حرارت افت می‌کند. افت بیش از حد حرارت مرکزی بدن (۳۶ درجه یا کمتر) نیز موجب اختلال در کارکرد بدن، بهزیستی و تندرستی می‌شود.

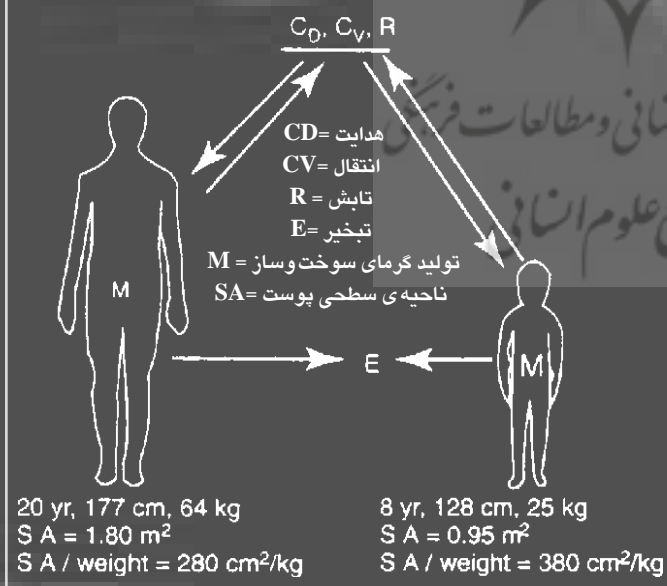
هر فعالیت بدنی، همراه با تولید گرمای حاصل از سوخت و ساز است. موقعی که گرمای بدن به میزان زیادی افزایش یابد، ممکن است کارکرد جسمانی و روانی مختل شود. تجمع بیشتر گرما احتمالاً به بیماری ناشی از گرما می‌انجامد. از سوی دیگر، قرار گرفتن در معرض سرما نیز ممکن است همراه با از دست دادن شدید دمای بدن باشد که مشکلاتی را برای کارکرد جسمانی و سلامت پدید می‌آورد. در زمینه‌ی تنظیم حرارت، بدن به بخش مرکزی و پیرامونی تقسیم می‌شود. این تقسیم‌بندی بیشتر کارکردی است تا آناتومیکی. بخش مرکزی بدن شامل عضلات و اندام‌های درونی است، و بخش پیرامونی شامل پوست و چربی زیرپوستی.

هدف اصلی تنظیم حرارت، جلوگیری از افزایش یا افت شدید حرارت مرکزی بدن است. این هدف توسط سازوکارهای جسمانی، فیزیولوژیکی و رفتاری متعددی به دست می‌آید. گرچه اصول فیزیولوژیکی تنظیم حرارت در همه‌ی انسان‌ها مشابه است، ولی تفاوت‌هایی در الگوی پاسخ افراد به

شدن به وسیله‌ی تبخیر، بستگی به مقدار تابش گرما بین کودک و محیط، سریع‌تر مایعات در دسترس برای تبخیر (تعریق در انسان)، رطوبت محیط (رطوبت بیشتر = تبخیر کمتر)، و سرعت باد (حرکت هواروی پوست تبخیر را افزایش می‌دهد) دارد.

تابش گرما بین کودک و محیط، سریع‌تر از بزرگسالان است. هم‌چنین، حتی اگر میزان تعریق در واحد ناحیه‌ی سطحی در کودکان و بزرگسالان مشابه باشد، میزان تبخیر در کیلوگرم جرم بدن در کودکان سریع‌تر است. با این حال، میزان تعریق در کودکان کمتر از بزرگسالان است. در نتیجه، سرد کردن تبخیری در کودک، معمولاً کمتر از بزرگسال است.

### تولید و انتقال گرما: کودک در مقابل بزرگسال



شکل ۱. نمایش طرحواره‌ای تولید و انتقال گرما در کودک و بزرگسال. طول پیکان‌ها نشان دهنده‌ی میزان بیشتر انتقال گرما در واحد توده (وزن) در کودک است. M بزرگ‌تر، تولید گرمای بیشتر در واحد توده در کودک را نشان می‌دهد.

در حالی که میزان تولید گرما در خلال تمرین متناسب با توده‌ی بدن است، میزان دفع گرما از طریق هریک از چهار مسیر مذکور، به ناحیه‌ی سطحی پوست بستگی دارد. بنابراین، نسبت ناحیه‌ی سطحی به توده، بر نسبت دفع گرما به تولید گرما در هوای سرد و گرم مؤثر است. این نظریه، به‌ویژه در درک اثرات نموبر تنظیم حرارت، حائز اهمیت است؛ زیرا افراد کوچک‌تر نسبت سطح به توده‌ی بزرگ‌تری دارند. همان‌گونه که در شکل ۱ می‌بینیم، کودک ۸ ساله علی‌رغم جثه‌ی کوچک خود، به‌طور قابل توجهی نسبت سطح به توده‌ی بزرگ‌تری (۳۸۰ سانتی‌متر مربع بر کیلوگرم) در مقایسه با فرد بزرگسال دارد (۲۸۰ سانتی‌متر مربع بر کیلوگرم).

در نتیجه، صرف نظر از فرایندهای فیزیولوژیکی، میزان هدایت، انتقال و

## معنی فیزیولوژیکی تنظیم حرارت

دو سازوکار برای پیشگیری از ایجاد بیش از حد گرما در بدن انسان وجود دارد: افزایش جریان خون پوست که انتقال گرما از مرکز بدن به پوست را افزایش می دهد، و تعریق که سرد شدن تبخیری پوست مرطوب را آسان می کند. در خلال قرار گرفتن در معرض سرما نیز، دو سازوکار برای پیشگیری از سرد شدن بیش از حد بدن وجود دارد: کاهش جریان خون پوست که انتقال گرما از مرکز به محیط بدن را کاهش می دهد و افزایش میزان سوخت و ساز برای تولید گرمای اضافی.

افزایش ملایم در تولید گرمای سوخت و سازی می تواند بدون لرزیدن به دست آید، اما برای تولید سریع تر گرما، لرزیدن (یعنی انقباض های عضلانی غیر ارادی ولی ریتمیک) نیز رخ می دهد. لرزش شدید می تواند میزان سوخت و ساز را تا پنج برابر یا بیشتر افزایش دهد. همه ی این کارکردهای فیزیولوژیکی از طریق مراکزی در مغز، به ویژه در هیپوتالاموس که به علائمی مانند درجه ی حرارت مرکزی بدن و پوست پاسخ می دهد، فعال می شوند.

## ارتباط پاسخ به گرما با نمو و بالیدگی

الگوی پاسخ به گرما در خلال کودکی و نوجوانی متفاوت است. بخشی از پاسخ ها، در ارتباط با تغییراتی هستند که با نمو و بالیدگی ارتباط دارند.

## الگوی تعریق

میزان تعریق کودکان پایین تر از نوجوانان و بزرگسالان است. این تفاوت به ویژه موقعی بارز می شود که میزان تعریق با حجم در واحد زمان محاسبه شود و هم چنین موقعی که برای تشخیص تفاوت ها، در ناحیه ی سطحی بدن اصلاح شود (مثلاً، میلی متر در دقیقه در متر مربع ناحیه ی سطحی پوست). بر اساس داده های مقطعی، میزان تعریق از کودکی تا نوجوانی و بزرگسالی به تدریج افزایش می یابد. مشاهدات طولی در پسران نشان داده است، افزایش میزان تعریق موقعی شروع می شود که کودک به اوایل بلوغ می رسد [فالک و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۲]. روند مشابهی در دختران رخ می دهد، اما به طور کلی تفاوت در میزان تعریق مرتبط با بالیدگی، در زنان کمتر از مردان است [کاواهااتا<sup>۲</sup>،

۱۹۶۰].

افراد کوچک‌تر، چگالی تراکمی بیشتری از غدد عرق دارند. بنابراین، میزان تعریق پایین‌تر در کودکان در نتیجه‌ی تولید کمتر در غدد است. یک غده‌ی عرقی مرد بزرگسال، به‌طور متوسط ۲/۵ تا ۳ برابر بیشتر از پسری که هنوز به بلوغ جنسی وارد نشده است، عرق تولید می‌کند. نسبت مربوطه برای زنان، تنها ۱/۵ تا ۲ برابر است [بار-اور<sup>۲</sup>، ۱۹۸۰؛ فالک و همکاران، ۱۹۹۲؛ کاواهااتا، ۱۹۶۰].

دلایل تولید کمتر عرق در کودکان به‌طور کامل روشن نیست. تولید پایین عرق ممکن است به دلیل کوچک‌تر بودن

مصرفی معین، در خلال تمرین در محیطی با حرارت معمولی، کمی پایین‌تر از بزرگسالان است [آتورلی و ویلمور<sup>۴</sup>، ۱۹۹۷]، اطلاعات مشابهی برای قرار گرفتن در معرض گرما وجود ندارد. مانند جریان خون پیرامونی، مشاهدات در زنان [درینک و اتر و همکاران<sup>۵</sup>، ۱۹۷۷] و مردان [فالک و همکاران، ۱۹۹۲] نشان می‌دهد که افزایش جریان خون پوست کودکان، بیشتر از نوجوانان و بزرگسالان است. این افزایش در جریان خون پوست، سازوکار جبرانی مهمی برای ظرفیت تبخیر پایین‌تر در کودکان است.

می‌کند. به‌ویژه ضربان قلب، حرارت مرکزی بدن و حرارت پوست، به‌طور قابل توجهی بالاتر از زمانی است که تکلیف در محیط سردتر اجرا می‌شود. علاوه بر این، شدت تلاش بیش از حد واقع ادراک می‌شود. در خلال دوره‌ی سازگاری، این کارکرد به تدریج به سطوح ظاهر شده در محیط سردتر برمی‌گردد و عملکرد جسمانی بهبود می‌یابد. راه‌حل چنین تغییراتی، افزایش تدریجی در میزان تعریق است که سرد شدن بدن را آسان می‌کند. افراد کاملاً سازگاری یافته، اغلب دو برابر هم‌تایان سازگاری نیافته عرق می‌کنند.

آیا کودکان با گرما سازگار می‌شوند؟ دختران و پسرای که در نواحی گرمسیری زندگی می‌کنند و به‌طور طبیعی با هوای گرم سازگاری دارند، در هر فعالیت جسمانی معین، به‌طور قابل توجهی میزان تعریق بیشتر و حرارت بدنی کمتری نسبت به کودکان هم‌سال خود که در مناطق آب و هوایی معتدل یا سرد زندگی می‌کنند، دارند [ریورا براون و همکاران<sup>۶</sup>، ۱۹۹۹]. تحقیقات در اتاق محصور با پسران ۸ تا ۱۰ ساله نشان می‌دهد که آن‌ها می‌توانند سازگار شوند، اما کمتر از مردان جوان. پسران ممکن است دو برابر مردان جوان نیاز داشته باشند، در معرض هوا قرار گیرند تا به درجه‌ی معینی از سازگاری برسند [اینبار<sup>۷</sup>، ۱۹۷۸]. داده‌های مقایسه‌ای مشابهی برای دختران وجود ندارد.

اگرچه بهبود کارکردهای فیزیولوژیکی کودکان مدت زمان طولانی‌تری نیاز دارد، اما پیشرفت ذهنی آن‌ها که به وسیله‌ی مقیاس فشار ادراک شده اندازه‌گیری می‌شود، اغلب سریع‌تر از بزرگسالان است [بار-اور و اینبار، ۱۹۷۷]. سازگاری آهسته در کودکان،



شپوشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

### خوگیری و سازگاری با هوا

انتقال از هوایی سرد یا معتدل به هوای گرم‌تر، موجب کاهش عملکرد جسمانی (و گاهی روانی) می‌شود. این پدیده به‌ویژه در ورزشکاران، سربازان یا افرادی که باید تکالیف جسمانی را پس از تغییری ناگهانی در شرایط آب و هوایی اجرا کنند، بارز است. چنین کاهش‌ی در عملکرد موقتی است و تکرار تمرین در محیط جدید، به تدریج کارکرد فیزیولوژیکی و عملکرد جسمانی را بهبود می‌بخشد. فرد سازگاری نیافته، موقعی که با آب و هوای جدیدی مواجه می‌شود، تکلیف بدنی را در فشار فیزیولوژیکی بالایی اجرا

غدد عرقی باشد، اما در دسترس بودن انرژی کمتر برای تولید عرق نیز می‌تواند دلیلی برای این موضوع باشد. اندازه‌گیری سطوح لاکتات در عرق، بازده انرژی غیرهوازی کمتری را در غدد عرقی پسران قبل از بلوغ، در مقایسه با پسران نوجوان نشان می‌دهد [فالک و همکاران، ۱۹۹۱].

### پاسخ قلبی عروقی

تحقیقات در خصوص تغییرات مرتبط با نمو و بالیدگی، در پاسخ قلبی عروقی به هوای گرم محدود است. در حالی که برون‌ده قلبی کودکان در اکسیژن

## مربیان شنا، شیرجه و واترپلو و ورزش های آبی باید توجه ویژه ای به کودکان، افراد دارای چغنی کوچک و افراد لاغر داشته باشند. چنین افرادی ممکن است به سطوح خطرناکی از سرد شدن گرمای مرکزی بدن برسند، مگر این که زمان ماندن آن ها در آب کوتاه شود

بروز عوارض جدی مانند خستگی، گرفتگی عضلات، عدم کارایی بدن و تهوع شود، به معلمان و مربیان توصیه می شود که اجازه دهند کودکان ورزشکار به دفعات، یعنی قبل، در حین و پس از فعالیت ورزشی آب بنوشند و حتی آن ها را تشویق به نوشیدن آب کنند.

۲. چون ظرفیت تنظیم گرمای بدن در کودکان از کارایی کمتری نسبت به بزرگسالان برخوردار است، از تمرین شدید و طولانی مدت آن ها در هوای گرم باید جلوگیری شود.

۳. با توجه به این که یکی از راه های خنک کردن بدن، تبخیر عرق از طریق پوست است، به معلمان و مربیان توصیه می شود، از تمرین شدید کودکان در هوای مرطوب که تبخیر عرق کارایی چندانی مؤثری در دفع حرارت ندارد، جلوگیری کنند و اجازه ندهند، کودکان از لباس های ورزشی یا بادگیر پلاستیکی استفاده کنند. در عوض، آن ها را به پوشیدن لباس های نخی، سبک و رنگ روشن تشویق کنند.

۴. چون کودکان برای سازگاری با محیط گرم به زمان بیشتری نیاز دارند، ضمن دادن زمان بیشتر برای سازگاری به آن ها، بهتر است در این دوره، از تمرینات سبک تر از حد معمول استفاده شود.

۵. در هوای سرد کودکان را باید راهنمایی کرد، از لباس مناسب برای فصل استفاده کنند تا از اتلاف بیش از حد گرمای بدن آن ها جلوگیری شود.

معنی داری، بالاتر از مردان قرار گرفت. دلیل رخ دادن چنین پاسخ هایی این بود که پسران کاهش مؤثرتری در جریان خون پوست داشتند و افزایش ناشی از سرما در میزان سوخت و ساز آن ها دو برابر بیشتر از مردان بود. بنابراین علی رغم نسبت ناحیه ی سطحی بزرگ تر بدن به توده (وزن)، کودکان جبران فیزیولوژیکی را انجام دادند و از سرد شدن بیشتر بدن خود جلوگیری کردند. دلیل تضاد یافته ها در آب و هوا این است که هدایت گرمایی آب در حدود ۳۰ برابر بالاتر از هوا است. در نتیجه، جریان گرما از پوست به آب به طور قابل توجهی سریع تر است.

این یافته ها کاربردهای متعددی دارند. مربیان شنا، شیرجه و واترپلو و ورزش های آبی باید توجه ویژه ای به کودکان، افراد دارای چغنی کوچک و افراد لاغر داشته باشند. چنین افرادی ممکن است به سطوح خطرناکی از سرد شدن گرمای مرکزی بدن برسند، مگر این که زمان ماندن آن ها در آب کوتاه شود. برای فعالیت هایی که در خشکی و در روزهای سرد انجام می شوند، توجه ویژه ای را باید به پیشگیری از آسیب ناشی از سرما در پوست معطوف داشت. چون تدارک خون در پوست در کودکان کم است، درجه ی حرارت پوست آن ها (به ویژه در انگشتان، پنجه ی پا، نوک بینی و گوش ها) ممکن است بسیار پایین باشد. این شرایط ممکن است در کودکان بیشتر از نوجوانان و بزرگسالان موجب سرمازدگی شود. برای پیشگیری از سرد شدن بیش از حد، اطمینان حاصل کنید که کودکان لباس کافی پوشیده اند.

### توصیه های کاربردی برای معلمان تربیت بدنی و مربیان ورزش<sup>۹</sup>

۱. با توجه به این که کاهش آب بدن به ویژه در هوای گرم ممکن است موجب

مثلاً برای ورزشکارانی که به یک مکان گرم تر مسافرت می کنند، کاربردهای عملی دارد. باید به کودکان ورزشکاری که تحت چنین شرایطی قرار دارند، توجه ویژه ای شود. آن ها در مقایسه با افراد بالغ تر، به بار تمرینی سبک تر از حد معمول برای دوره ای طولانی از زمان نیاز دارند.

### پاسخ ها به هوای سرد

در خلال قرار گرفتن در معرض هوای سرد، نقش تنظیم حرارت، پیشگیری از سرد شدن بیش از حد بدن است. موقعی که حرارت محیط کمتر از حرارت پوست است، گرما از پوست به محیط انتقال می یابد. بالاتر بودن درجه ی حرارت بدن، موجب از دست دادن سریع تر گرمای می شود. عوامل دیگری که میزان از دست دادن گرما را تعیین می کنند، عبارت اند از: واسطه هایی که پوست را احاطه کرده اند (مثل آب یا هوا)، ناحیه ی تماس بین پوست و واسطه های احاطه کننده و درجه ی عایق گذاری گرمایی (مثل لباس یا چربی زیرپوستی). همان گونه که قبلاً ذکر شد، دو سازوکاری که می توانند از سرد شدن بیش از حد بدن جلوگیری کنند، شامل کاهش جریان خون پوست و افزایش تولید گرمای سوخت و سازی است.

اخیراً، پاسخ های فیزیولوژیکی پسران ۱۱ تا ۱۲ ساله و مردان جوان در حالت استراحت و تمرین (۳۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) در حین قرارگیری در معرض هوای سرد (پنج درجه ی سانتی گراد) مقایسه شد [اسمولاندر و همکاران<sup>۸</sup>، ۱۹۹۲].

پسران نه تنها درجه ی حرارت مرکزی بدن را در طول ۶۰ دقیقه حفظ کردند، بلکه درجه ی حرارت آن ها در طول استراحت و تمرین دائماً افزایش یافت و به طور

پی نویس .....

1. Falk et al
2. Kawahata
3. Bar-or
4. Turley and Wilmore
5. Drinkwater et al
6. Rivera Brown et al
7. Inbar
8. Smolander et al
۹. این توصیه ها براساس اصول علمی مندرج در مقاله، توسط مترجم اضافه شده است.

منبع.....  
Malina, R. M and Bouchard, C(2004). "Growth, Maturation and Physical activity", Human Kinetics.