پیشگفتار مترجم

۱. ساعت دقیقاً ۶ بعدازظهر و آهنگ تند زمان مدتی است نیم‌روز خود را پشت سر گذاشته است. گاه تپش قلبی و گاه صدای ندایی، آهنگ زیبای زندگی را می‌سراید. بهاران زیبا با نغمه‌های شادی پرندگانش بر شاخسار درختان عظمت خلقتی را وامی‌تاباند که خورشید گاه در تکامل و بزرگی آن سر به جیب تفکر فرو می‌برد. همهٔ این آیات الهی نغمه‌ها و لحظات جاودانی است که بشر را به راز خلقت می‌کشاند و با عبور از روشنایی روح، فضل و رحمت الهی را که همه اعطای مفتی است به چنگ می‌آورد. در پهنای سبز بهاران که ندا می‌زند: «تا فضل خدا ما و شما را دربرنگیرد، هیچ‌کدام از ما پاک نمی‌شویم» و «در این باران پاک هرچه خودمان را بشوییم باز هم تمیز نمی‌شویم، مگر صاحب باران و باد را بشناسیم و چراغ بزرگ‌تری از نور خدا نصیبمان شود. در امواج ماوراءالطبیعه که محیط ما را پر از خوبی کرده است می‌آموزیم: «عقاید و آموزه‌هایی که انسان را تیره‌روز می‌کنند پوچ‌اند و هر آنچه او را به اندوه و یأس مبتلا کند، دروغ است. چرا که هدف انسان این است که بر روی زمین شادمان باشد، روبه‌سوی شادی داشته باشد، و عقاید خود را هر جا که بخواهد بیان کند. آنکه سلطنت خداوند را در این دنیا نبیند، در آخرت هم نخواهد دید. ما با تبعید پا به این جهان نگذاشته‌ایم، بلکه چون آفریده‌های معصوم خداوند آمده‌ایم تا ستایش روح مقدس جاوید را بیاموزیم و اسرار نهان درون خود را از زیبایی زندگی طلب کنیم». بشر جاودان این پیام قرآنی را می‌شنود که «**وَ اَنَّ الی ربکَّ المُنتهی**»: آخر کار همهٔ انسان‌ها خداست. به قول آن عارف سینه‌فراخ «خدایا تو تو هستی: الهی أنتَ أنت. اگر انسان با خدا توافق نکند،

با چه‌کسی توافق کند؟ توافق با خدا توفیق است». ره‌پویندگان دانش از توفیق‌یافتگان‌اند که عطر خداوندی در زندگی‌شان جاری است و قلبی همیشه سبز و بهاری دارند.

از نگاه نگارنده، مؤلف این کتاب از جملهٔ این انسان‌های توفیق‌یافته است که قلبش مالامال از یاد خداوندی است. آنجا که سرآغاز مقدمهٔ کتاب خود را این‌گونه از دیگران وام می‌گیرد و آغاز می‌کند این راز آشکار می‌شود: «تنها خداست که می‌داند. همه‌چیز در ید قدرت اوست. بدانچه او می‌داند، بشر فانی را راه نیست». یقیناً مصلحی است که توافق با خدا را در زندگی علمی خود جاری ساخته است.

۲. توماس دبلیو. رولند، مؤلف کتاب *فیزیولوژی ورزشی کودکان*، مدیر بخش کاردیولوژی کودکان در مرکز پزشکی بای‌استیت[1] در اسپرینگ‌فیلد ماساچوست است؛ جایی که وی آزمایشگاه آزمون فعالیت ورزشی را بنا نهاد. وی نویسندهٔ مباحث *فعالیت ورزشی و تندرستی کودکان* و سردبیر مجلهٔ *علوم فعالیت ورزشی کودکان* در ۱۵ سال گذشته بوده است و تجربیات پژوهشی فراوانی در فیزیولوژی ورزشی کودکان دارد. دکتر رولند که ریاست جامعهٔ ورزشی کودکان امریکای شمالی (NASPEM) را نیز عهده‌دار است، از اعضای کالج پزشکی ورزشی امریکاست. وی رئیس پیشین بخش نیوانگلند این کالج است و جایزهٔ بزرگ این کالج را به پاس خدماتش در سال ۱۹۹۳ دریافت کرد. وی از زمان دریافت درجات علمی BS و MD از دانشگاه میشیگان در سال‌های ۱۹۶۵ و ۱۹۶۹، استادیار و دانشیار طب کودکان در دانشگاه ماساچوست، مدرسهٔ پزشکی وُرچستر (۱۹۹۷ تا ۱۹۹۰)، و استادیار و دانشیار طب کودکان در دانشگاه تافتس، مدرسهٔ پزشکی (۱۹۷۵ تاکنون) بوده است. وی اکنون استادیار پزشکی کودکان در مدرسهٔ پزشکی دانشگاه تافتس و استاد همکار علوم فعالیت ورزشی در دانشگاه ماساچوست است. به علاوه، پژوهش‌های فراوان، تألیفات، و سخنرانی‌های بسیارش دربارهٔ فیزیولوژی فعالیت

1. Baystate

ورزشی دوران رشد، آثار روش زندگی بر عملکرد قلبی ـ عروقی کودکان، کمبود آهن در ورزشکاران نوجوان، و تعیین‌کننده‌های اجرای فعالیت ورزشی در کودکان از دیگر فعالیت‌های وی به‌شمار می‌روند.

این همه آثار و خدمات به کودکان از یک‌سو، و روح بزرگ و منش انسانی وی از سوی دیگر، از وی انسانی بی‌بدیل ساخته است که نزدیک به ۵ دهه است به دانش پزشکی کودکان و فیزیولوژی ورزشی کودکان خدمت می‌کند و روزبه‌روز نوشته‌ها و مقالات علمی جدیدی از آخرین کارهای پژوهشی منتشر می‌کند که جویندگان دانش نوپای فیزیولوژی ورزشی کودکان را چشمهٔ جوشان دیگری در پیش رو می‌گشاید.

۳. ویراست اول این کتاب با عنوان *فیزیولوژی ورزشی دوران رشد* در سال ۱۹۹۶ نگاشته شد و نگارنده به طور کامل آن را ترجمه کرد و در سال ۱۳۷۸ در پژهشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی منتشر شد. این کتاب پس از دگرگونی برنامه‌های دوره‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد، و دکتری تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، منبع اصلی درس «فیزیولوژی ورزشی دوران رشد» شد. در سال ۲۰۰۵ ویراست دوم کتاب کاملاً بازنویسی شد و از ۱۵ فصل ویراست اول به ۱۳ فصل تقلیل یافت. بازآرایی کامل کتاب فرصت استفاده از ترجمهٔ پیشین را میسر نساخت و ناگزیر کل کتاب از نو ترجمه شد. خوانندگان گرامی با خواندن و مقایسهٔ دو کتاب به این نکته واقف خواهند شد.

۴. از آنجا که رسم مألوفی برای نگارنده شده است که کارهای جدید را با همراهی دیگران شروع کند و به پایان برد، در آغاز، کار را شخصاً به پیش بردم و در میانهٔ راه، به دلیل حجم زیاد مطالب، از سرکار خانم ندا خالدی، یکی از دانشجویان خوبم در مقطع دکتری رشتهٔ فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تهران و بورسیهٔ دانشگاه تربیت معلم، علی‌رغم حجم زیاد دروس دورهٔ دکتری و تلاش‌های ایشان برای ورود به دورهٔ پژوهشی خود، یاری گرفتم. وی سه فصل دوم، سوم، و ششم کتاب را به خوبی

ترجمه کرد. بنابراین، علاوه بر ترجمهٔ سایر فصل‌ها، به منظور یکدست‌سازی واژه‌ها و اصطلاحات، این سه فصل را ویرایش کردم. امیدم این است که تلاش ما توانسته باشد کار قابل‌قبولی را به پیشگامان و سرآمدان جامعهٔ فیزیولوژی ورزشی و دانشجویان همیشه پویای این حوزه عرضه کند. پیشاپیش بابت تذکراتی که این قوم فرزانه برای خطاهای احتمالی در ترجمه می‌دهند سپاسگزاری می‌کنم و برایشان رفاقت با خدا را خواهانم.

۵. آرزویم در ویرایش ادبی کتاب نیز تحقق یافت و با پیشنهادم از سوی سازمان سمت موافقت شد و سرکار خانم زهرا جلال‌زاده، ویراستار توانا، بزرگوارانه این مسئولیت را پذیرفتند. به دلیل همسویی در تفکر و احترام قلبی به کار مترجم، احساس قرابت خاصی در همکاری با ایشان دارم و به راستی ایشان کار را با تمام ویژگی‌هایش و مترجمان را با همهٔ ناتوانی‌هایشان درک می‌کند و با رسم انسانی به تقویت کار می‌پردازد. پویایی ایشان در کوتاه کردن جملات و تبحر خاصشان در درک ساده‌تر مفاهیم پیچیده، بسیاری از نواقص احتمالی در متن را برطرف ساخت. به سهم خود از همراهی ایشان، علی‌رغم گرفتاری در کارهای سازمانی خود، سپاسگزارم و از خداوند بزرگ برایشان عافیت می‌خواهم. همچنین از سرکار خانم‌ها میترا ریحانی و فاطمه جزءخراسانی سپاسگزارم که در اسرع وقت دلسوزانه کار حجیم حروفچینی و نمونه‌خوانی و کنترل اثر را به پایان رساندند.

۶. در جستجوی جمله‌ای بزرگ بودم تا این مقدمه را با آن آذین کنم و کار را به پایان برسانم. در کتاب *طوبای محبت ۲* آن سالک حق، حاج‌اسماعیل دولابی، که خداوند روحش را با شهدا ـ ماندگاران در قلبها ـ قرین فرماید، این جملات را یافتم که به همهٔ شما خوانندگان حق‌جو تقدیم می‌کنم: «اگر قلبت را حفظ کنی، دستگاه الهی خیلی منظم است. سرسوزنی در این عالم بی‌نظمی و تعدی نیست. اگر با دلت نگاه کنی، می‌بینی که هیچ بی‌نظمی نیست. هرچه را که نشانت می‌دهد منظم است. هرچه را هم که نشانت نمی‌دهد، لازم نداری. اما اگر انسان بیرون بیاید و سرش را در زندگی دیگران فروکند، همه چیز را خراب می‌بیند. اگر انسان نور

همراهش باشد، این کارها را نمی‌کند. مالش را بدهد، وقتش را هم بدهد، اما بی‌بهره! حج برود بی‌بهره. اینها به واسطهٔ نداشتن نور است. اما اگر نور باشد، هیچ وقت انسان نمی‌آید، وقتش را بدهد، مالش را بدهد، بهره‌ای هم نبرد. یقین این نور تقوی است. لذا، از خدا بخواهید که به شما تقوی بدهد و شما را اهل نور قرار دهد». آمین یا رب‌العالمین.

عباسعلی گائینی
استاد دانشگاه تهران
۸۹/۲/۱۹

مقدمه

چالش‌های فیزیولوژی ورزشی کودکان

«تنها خدا است که می‌داند. همه‌چیز در ید قدرت اوست. بدانچه او می‌داند بشر فانی را راه نیست.»

پائول سیمون

کار فیزیولوژی ورزشی کودکان، کار بسیار پیچیده‌ای است. بی‌تردید، اصلی‌ترین ویژگی آن، شناسایی فرایند *تغییر* است. اگر درست بنگریم درست مثل اَبعاد شناختی، روانی، پیکری، و تقریباً همهٔ ابعاد زیستی، آن دسته از عوامل فیزیولوژی که اَبعاد حرکت را در دوران کودکی مشخص می‌کنند پیوسته در حال تغییر و تکامل‌اند.

ویژگی‌های پسربچه‌ای ۱۲ ساله را با ویژگی‌های همان پسربچه در ۵ سالگی مقایسه کنید. مسلماً، بلندقدتر و سنگین‌تر است، حداکثر اکسیژن برداشتی، ظرفیت بی‌هوازی، قدرت عضلانی، اقتصاد دویدن، نمرهٔ هوازی، تهویهٔ دقیقه‌ای، برون‌ده قلبی، حجم ضربه‌ای، کارآیی تهویه‌ای، و جز آن بیشتری دارد. با وجود این، معدود شاخص‌های فیزیولوژی بی‌تغییر می‌مانند (از جمله، حداکثر تواتر قلبی و کارآیی مکانیکی عضله). فیزیولوژی کودکان پویاست و نمی‌توان آن را صرفاً مدل کوچک بزرگسالان دانست. این بدان معناست که در زمان ارزیابی پاسخ‌های فیزیولوژی کودکان و نوجوانانِ کم‌سن به فعالیت ورزشی باید این زمینهٔ تغییر را در نظر گرفت.

متأسفانه، کودکان، در سال‌های رشد از الگوی *تغییرات* یکسانی تبعیت نمی‌کنند و هر کودک ویژگی خود را دارد که کار فیزیولوژی ورزشی کودکان را

دشوارتر می‌سازد. به‌لحاظ زیستی، کودک زودرس و دیررس داریم، درست مثل کودک الف و کودک ب در شکل م ـ۱. چنانچه در شکل می‌بینید در ۸ سالگی، متغیرهای قدرت و سرعت تفاوت‌هایی دارند که از روی آنها نمی‌توان مقادیر این دو متغیر را در ۱۳ سالگی برآورد کرد.

شکل م ـ۱ آثار زمان بالیدگی زیستی و آمادگی بدنی ذاتی بر تکامل فیزیولوژی و عملکردی. کودک الف زودرس، کودک ب دیررس، و کودک ج از نظر ذاتی بسیار ورزیده است.

با توجه به این تغییرات در میزان بالیدگی متوجه می‌شویم تفاوت‌های بین فردی ذاتی‌اند (ریشهٔ ژنتیکی دارند). این موضوع باعث می‌شود تا کودکی نسبت به کودک دیگر ـ حتی زمانی که اندازهٔ بدن و میزان تکامل زیستی یکسان باشند ـ آماده‌تر شود. کودک ج شکل م ـ۱ خیلی خوش‌شانس است و همیشه می‌تواند وزنهٔ بیشتری را برای مدت طولانی‌تری بلند کند تا کودک الف.

در ادامهٔ این کتاب خواهیم دید که پیچیدگی ناشی از این الگوهای فیزیولوژی گوناگون هنگام رشد با تأثیر متغیرهای بیرونی ترکیب می‌شود. هرگونه تغییر در ترکیب بدن، میزان فعالیت بدنی عادتی، و دورهٔ تمرین‌های ورزشی جملگی بالقوه می‌توانند وضعیت این منحنی‌های تکاملی را تغییر دهند یا جابه‌جا کنند.

خمیدگی منحنی‌های تکامل فیزیولوژی

فیزیولوژیست‌های ورزشی کودکان نه‌تنها در تشریح الگوی تغییرات متغیرهای فیزیولوژی توأم با گذشت زمان، بلکه در توصیف عوامل تعیین‌کنندهٔ جداگانهٔ آنها ـ یا شاید تأثیر متقابل آنها ـ با چالش‌هایی مواجه‌اند. همچنین، فیزیولوژیست‌های ورزشی کودکان مایل‌اند بدانند که این منحنی‌ها چگونه بر اثر عوامل خارجی ـ که مهم‌ترینشان به‌ویژه از نظر آنها فعالیت بدنی و تمرین ورزشی است ـ منحرف می‌شوند.

حال موضوع پیچیده‌تر می‌شود. فرض کنید می‌خواهیم بدانیم دورهٔ تمرین استقامتی ۱۲ هفته‌ای چگونه VO_2max را در گروهی از کودکان ۱۰ ساله تغییر می‌دهد. باید ساختار چنین مطالعه‌ای را طوری طراحی کنیم که نتایج معتبری به ارمغان داشته باشد (یعنی، شدت، مدت، و تواتر فعالیت ورزشی مناسب)، اما باید چگونه نتایج آن را تفسیر کنیم؟ تصور کنید در مقایسه با گروه کنترل غیرتمرینی، VO_2max تا ۱۰ درصد در گروه تمرین افزایش یابد. آیا این بدان معناست که صرفاً تمرین باعث افزایش میزان تکامل زیستی شده بی‌آنکه مقدار نهایی بالیدگی تغییر کند (افزایش پیشرفت به موازات منحنی الف در شکل م‌ـ۱)؟ یا آیا تمرین باعث تغییر میزان تکامل VO_2max (جابه‌جایی از الف به ب) بدون تغییر در میزان نهایی آمادگی هوازی شده است؟ یا آیا این افزایش VO_2max ناشی از تمرین مستقل از میزان تکامل زیستی است (جابه‌جایی از الف به ج)؟

سازوکارهایی که به‌موجب آنها آمادگی هوازی در پاسخ به تمرین افزایش می‌یابد، می‌توانند (یا نمی‌توانند) به سه آثار قبلی‌ای که وارد عمل می‌شوند وابسته باشند. در هر سه مورد، با افزایش اندازهٔ قلب و حجم ضربه‌ای، VO_2max توأم با تمرین افزایش می‌یابد، اما تحریک به احتمال زیاد فرق می‌کند که به این موضوع بستگی دارد که تکامل زیستی چگونه تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. آیا اَعمال هورمون رشد موجود در خون یا عوامل آناتومی قلبی موضعی، اندازهٔ قلب را افزایش می‌دهند؟ یا بیشتر شدن اندازهٔ قلب نسبت به پاسخ اولیهٔ افزایش حجم پلاسما، جنبهٔ ثانوی دارد و احتمالاً پیامد افزایش مقادیر پروتئین‌های سرمی است؟ یا می‌توانیم آن را نشانهٔ افزایش تون پاراسمپاتیکی در نظر بگیریم که با کاهش ضربان قلب

استراحتی و افزایش اندازهٔ حفرهٔ بطن چپ در زمان دیاستول همراه است؟ این بدان معناست که محرک ← پاسخ ژنتیکی ← بیان رخ‌مانه به نوعی با تغییر منحنی تکاملی VO_2max ارتباط دارد.

زمانی که سؤال را در شرایط واقعی‌تری مطرح می‌کنیم، همین موضوع مطرح است (اما به‌ندرت بدان توجه می‌شود): هدف از قرار دادن کودک در معرض برنامهٔ تمرین ورزشی شدید چیست؟ در شرایط طبیعی، زمان‌های دوی سرعت ۴۵ متر کودک ـ حتی بدون هیچ‌گونه تمرینی ـ بهتر خواهد شد. اگر کودکی را در برنامهٔ تمرینی سرعتی توأم با کارهای مقاومتی و پلیومتریک شرکت دهیم، می‌کوشیم چه کاری انجام دهیم؟

فرض کنید که منحنی پیوستهٔ (توپر) شکل م‌ـ۲، پیشرفت‌های طبیعی توأم با سن در دوهای سرعت کودک غیرورزشکار تا زمان بلوغ باشد. تصور کنید که تمرین سرعتی فردی بالغ عملکرد را در سطح الف افزایش می‌دهد. با تمرین سرعتی دادن کودک، احتمالاً می‌کوشیم منحنی تکاملی را به سمت چپ منحرف کنیم (یعنی، عملکرد بهتر در همان سن). اما نتیجه به کجا ختم می‌شود؟ از طریق تمرین، آن منحنی تا کجا افزایش خواهد یافت؟ در سطح الف؟ یا تمرین سرعتی باعث خواهد شد تا عملکرد نهایی کودک در زمان بلوغ به سطح ب افزایش یابد؟

شکل م‌ـ۲ پیامدهای احتمالی تمرین فعالیت ورزشی در کودکان

این سؤال برخی کاربست‌های مهم را به دنبال دارد. اگر همه این تمرین را انجام دهند، آیا منحنی طبیعی به چپ، بدون هیچ‌گونه پیشرفت نهایی در عملکرد در زمان بلوغ، جابه‌جا می‌شود؟آیا این جابه‌جایی فایده‌ای برای کودک دارد؟ اگر با تمرین ورزشی نمی‌توان بیش از آنچه عامل ژنتیکی از پیش تعیین‌شده به ارمغان می‌آورد سرعت را افزایش داد، باعث بهتر شدن مهارت‌های ابتدایی، راهبردها، آموزش‌های تمرینی، و لذت بردن می‌شوند یا آنکه باعث می‌شوند کودک تحت تأثیر تمرین‌های شدید قرار گیرد و آسیب ببیند یا در همان آغاز دلزده شود و از ورزش فاصله بگیرد.

هستی‌زایی و تبارزایی

در کودک در حال رشد، تغییرات فیزیولوژی معرف تغییرات *هستی‌زایی*اند: تغییراتی که هنگام تکامل فرد از وضعیت نابالغی تا وضعیت زیستی بالغ شده رخ می‌دهند. این تغییراتی را که در کودک ۵ ساله تا ۱۲ ساله مشاهده می‌کنیم آثار هستی‌زایی‌اند. انتظار می‌رود این تغییرات عوامل ژنتیکی و محیطی را انعکاس دهند و بر رشد و تکامل عملکردی دستگاه‌های زیستی تأثیر گذارند.

از سوی دیگر، تفاوت‌هایی را که به‌لحاظ زیستی در افراد بالغ دیده می‌شوند، *تبارزایی* گویند. تعیین‌کننده‌های این تفاوت‌ها، در بیشتر بخش‌ها، همان‌هایی نیستند که بر میزان تغییر تأثیر می‌گذارند، بلکه آنهایی هستند که ویژگی‌های اندازه و عملکرد ایستای معینی را که در قالب دهش ژنتیکی فرد قرار می‌گیرند اختصاصی می‌کنند (ظرفیت ژنتیکی فرد بزرگسالی که آمادگی بدنی توأم با تمرین را افزایش می‌دهد، مثالی از این تبارزایی است). اگر تفاوت‌های مربوط به تبارزایی در اندازه، به‌خودی خود، در شناخت فیزیولوژی فعالیت ورزشی مهم باشند (در فصل اول خواهیم دید که خیلی مهم‌اند)، پس باید انتظار داشت کودک در حال رشد تحت‌تأثیر این عوامل نیز قرار گیرد. در حقیقت، بسیار دشوار است که بتوانیم آثار هستی‌زایی را از آثار تبارزایی بر پاسخ‌های فیزیولوژی کودک در حال رشد متمایز کنیم.

برای مثال، رابطهٔ بین اکسیژن برداشتی و اندازهٔ بدن در گونه‌های مختلف پستانداران بزرگ چنین است که VO_2 مطلق استراحتی آنها با وزن بدن با توان ۰/۷۵ ارتباط دارد. به‌لحاظ تبارزایی، این نما مشتقی است که باید با برخی سازوکارهایی توجیه شود که بر میزان سوخت‌وساز و اندازهٔ حیوانات بالغ از نظر زیستی، از جمله انسان، تأثیر می‌گذارد. از آنجا که حیوانات بالغ، اندازه‌های متفاوتی هنگام رشد دارند، می‌توان انتظار داشت که این همان سازوکار تبارزایی است. با وجود این، انتظار می‌رود در کودک در حال رشد، هر گونه *تغییر* در VO_2 و تعیین‌کننده‌هایش که به ایجاد نمای بین نماهای معیار هستی‌زایی و تبارزایی ویژهٔ متغیرهای فیزیولوژی می‌انجامد، اطلاعاتی را دربارهٔ تعیین‌کننده‌های فیزیولوژی در کودک در حال رشد تأمین می‌کند.

تعیین‌کننده‌های تکامل فیزیولوژی

در دوران کودکی، انبوه عواملی را که در تکامل فیزیولوژی نقش دارند می‌توان به عواملی تقسیم کرد که با افزایش اندازهٔ بدن ارتباط دارند و عوامل دیگری که از دیرباز مستقل از اندازهٔ بدن در نظر گرفته شده‌اند. عوامل وابسته به اندازهٔ بدن به‌طور کلی شناخته شده‌اند و معمولاً به آسانی کمّی می‌شوند: به همان اندازه که قلب بزرگ می‌شود، حداکثر حجم ضربه‌ای، برون‌ده قلبی، و اکسیژن برداشتی نیز افزایش می‌یابند. با بزرگ شدن سطح مقطع عضلات، کودک قوی‌تر می‌شود.

در هر دو جنس، تقریباً همهٔ عواملی که بر اثر افزایش اندازهٔ بدن تأثیر می‌پذیرند، از منحنی‌هایی تبعیت می‌کنند که در شکل م-۳ می‌بینید. در اوایل کودکی، افزایش پیش‌رونده‌ای، تقریباً خطی، مشاهده می‌شود که مقادیر متوسط آن در پسران نسبت به دختران تا حدودی بیشتر است اما به شکل پایدار ادامه می‌یابد. هنگام بلوغ، تأثیر فزایندگی هورمون‌های جنسی بر رشد پیکری باعث شتاب‌گیری آن در پسران می‌شود (که دلیل آن افزایش مقادیر تستوسترون موجود در خون است)

و در دختران تا زمانی که به بلوغ جنسی برسند حالت فلات دارد. البته، زمانی که متغیرهای فیزیولوژی به اندازهٔ بدن وابسته‌اند الگوهای تکاملی موجود در شکل م-۳ تغییر می‌کنند. دربارهٔ ابزارهای مناسب مقادیر وابسته به اَبعاد بدن در فصل اول بحث می‌کنیم.

شکل م-۳ منحنی‌های نمونه تکامل فیزیولوژی و آمادگی عملکردی در پسران و دختران که نوعاً در اندازه و قدرت عضله، آمادگی هوازی (VO_2max)، و اندازهٔ قلب و ریه‌ها دیده می‌شود.

از سوی دیگر، عوامل مستقل از اندازه، الگوهای گوناگونی از تغییر را در دوران کودکی به نمایش می‌گذارند. حداکثر تواتر قلبی، انقباض‌پذیری میوکاردی، و مقادیر هموگلوبین خون بدون تغییر باقی می‌مانند. فشار خون و ظرفیت سوخت‌وساز گلیکولیزی افزایش می‌یابد. برخی متغیرهای مستقل از اندازه مثل تعداد تنفس به‌آسانی شناسایی و سنجیده می‌شوند. ارزیابی عوامل دیگر مثل درون‌دادهای نورولوژی که مسئول افزایش قدرت عضلانی است، دشوار است و تأثیر آنها بر بیان رخ‌مانه‌ای تا حد زیادی جنبهٔ حدس و گمان دارد.

چنانچه در فصل اول بحث خواهیم کرد، متغیرهای مستقل از اندازه‌ای که با زمان ارتباط دارند (برای مثال، تواتر قلبی، تواتر تنفسی) ممکن است مستقل از اَبعاد بدن نباشند. شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهند زمان فیزیولوژی رابطهٔ مستقیمی

با وزن بدن دارد و همهٔ عملکردهای وابسته به زمان در این رابطه مشابه‌اند.

فیزیولوژیست‌های ورزشی کودکان درصدد شناسایی تأثیر متقابل و درون‌دادهای نسبی اندازهٔ بدن و عوامل مستقل از اندازهٔ بدن به‌ازای هر پیامد فیزیولوژی معینی‌اند. در مورد حداکثر برون‌ده قلبی که حاصل‌ضرب حداکثر تواتر قلبی و حجم ضربه‌ای است، این موضوع منطقاً درست است. متغیر مستقل از اندازهٔ بدن یعنی حداکثر تواتر قلبی متناسب با سن تغییر نمی‌کند، در حالی که، عامل وابسته به اندازه یعنی حداکثر حجم ضربه‌ای تغییر می‌کند. از این‌رو، علت نهایی افزایش حداکثر برون‌ده قلبی است (اینکه *چرا* این الگوی ویژه درون‌دادهای نسبی انتخاب شده است، ریشه در جنبهٔ محافظتی آن دارد).

در سایر انواع آمادگی، نقش و تأثیر متقابل بین عوامل مستقل از اندازه و اندازه کمتر شناخته شده‌اند. افزایش قدرت توأم با سن عمدتاً انعکاسی از افزایش اندازهٔ عضله است، اما *تجزیه و تحلیل رشدسنجی* نشان می‌دهد که این عامل دلیل کامل افزایش قدرت در دوران کودکی نیست. شناخت ماهیت تأثیر اندک اما احتمالاً مهم و مستقل از اندازه بر افزایش قدرت عضلانی در کودکان چالشی است که به قوت خود باقی است.

چنانچه در عملکرد *آزمون دوچرخهٔ وینگیت* نشان داده شده است، در افزایش آمادگی بی‌هوازی، عوامل مستقل از اندازه بیشتر جنبهٔ ابزاری دارند. به‌علاوه، با مقایسهٔ افزایش مقادیر مطلق توان بی‌هوازی اوج با مقادیری که برحسب کیلوگرم وزن بدن بیان می‌شوند، منطقاً می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عوامل مستقل از اندازه و اندازهٔ عضله هر کدام تقریباً در نیمی از افزایش آمادگی بی‌هوازی در کودکان نقش دارند.

اصل هم‌شکل‌گیری تکاملی

تیلور و ویبل (۱۹۸۱) این اندیشه را مطرح کرده‌اند که در هر دستگاه فیزیولوژی،

ظرفیت عملکردی هیچ بخشی به تنهایی نباید از بخش دیگری از دستگاه فراتر رود. این اصل *هم‌شکل‌گیری* از این اندیشه تبعیت می‌کند که بخشی از دستگاه زیستی نباید این‌گونه بنا شود که ظرفیت عملکردی آن نسبت به دستگاه که کل باشد بزرگ‌تر شود. از دید داروینیسم، نیروهای تکاملی برای رخداد این عمل وجود ندارند.

نتیجهٔ منطقی اینکه هنگام رشد هستی‌زایی، هیچ جزئی از دستگاه نباید سریع‌تر از باقی‌ماندهٔ دستگاه که کل باشد تکامل یابد. این بدان معناست که سرعت افزایش اندازه یا عملکرد ریه‌ها نباید از سرعت افزایش اندازه و عملکرد قلب فراتر رود، یا در مورد قلب انتظار می‌رود پمپی کارآمد به اندازه‌ای رشد کند که نیاز اندازه و عملکرد فعلی عضلات اسکلتی را تأمین کند. در حقیقت، باید انتظار داشته باشیم اجزاء دستگاه فیزیولوژی، مثل تحویل اکسیژن، به شکلی متوازن تکامل یابد. به‌علاوه، به‌نظر می‌رسد مورد این باشد که: در کودکان، اندازهٔ قلب رابطهٔ تنگاتنگی با وزن خالص بدن داشته باشد، و نماهای معیار مربوط به هستی‌زایی قلب و ریه‌ها مثل هم‌اند.

این مفهوم باعث به‌وجود آمدن پرسش‌های جالب توجهی دربارهٔ هماهنگی تعیین‌کننده‌های ظرفیت فیزیولوژی *بین* انواع آمادگی می‌شود. آیا هم‌شکل‌گیری تکاملی بین دستگاه‌های مسئول آمادگی هوازی و بی‌هوازی واقعیت دارد؟ یعنی، آیا عوامل مستقل از اندازه‌ای که در آمادگی بی‌هوازی نقش دارند به همان اندازهٔ عضلانی تکامل می‌یابند که در VO_2max، قدرت و عملکرد آزمون دوچرخهٔ وینگیت مؤثرند؟ چنانچه در فصل‌های کتاب ملاحظه خواهید کرد، مشاهداتی وجود دارند که نشان می‌دهند مقادیر مطلق انواع گوناگون آمادگی (هوازی، بی‌هوازی، قدرت) هنگام رشد کاملاً به یکدیگر وابسته‌اند.

در کودک در حال رشد، این مشاهدات از اعتبار هم‌شکل‌گیری در تکامل تعیین‌کننده‌های فیزیولوژی ورزشی حمایت می‌کنند. به‌علاوه، به پاسخ جدیدی منجر می‌شوند: اگر این عوامل همسو تکامل می‌یابند، آیا نشانهٔ این نیست که همگی

در نهایت تحت هدایت همان عامل (یا عوامل) کنترل‌کنندهٔ ذاتی‌اند؟ در فصل اول بحث خواهیم کرد، چنین عاملی که همگونی تکامل زیستی را تأمین می‌کند باید به طریقی با اندازهٔ بدن ارتباط داشته باشد و ضمناً تأثیر کنترل‌کنندگی تکامل همگون نه‌تنها بر عوامل بدیهی و وابسته به بُعد (برای مثال، حجم ضربه‌ای قلب)، بلکه بر آن دسته از متغیرهایی که به زمان وابسته‌اند باید تأثیر گذارد. بنابراین، پیچیدگی، و نیز چالش و تب و تاب فیزیولوژی ورزشی کودکان با رشد ادامه می‌یابد.