پژوهش در علوم ورزشی شماره۲۱، زمستان ۱۳۸۷، صص۱۴۳-۱۳۱

تعیین ارتباط بین شاخص های ارزیابی شدت تمرین هنگام فعالیت ارگومتری زیر بیشینه در کودکان اسپاستیک

مجتبی ایزدی[۱]، فرزاد ناظم[۲]، دکتر قدرت الله باقری[۳]، داود خورشیدی[۴]، حمید رضا ثمری خلج[۵]، سمیه نامدار تجری[۶]

۱و۴و۵و۶. مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه
۲. دانشگاه بوعلی سینا همدان
۳. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی ساوه

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۵/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۷/۴/۲

چکیده

کالج آمریکایی پزشکی ـ ورزشی (ACSM) ادعا می‌کند که برای پیش‌بینی شدت تمرین، ارزش‌های درصد ضربان قلب ذخیره (%HRR) و درصد حداکثر اکسیژن مصرفی ($\%VO_{2Max}$) همسان می‌باشند. اخیراً مطالعات آشکار کرده اند که برخی عوامل اثرگزار به ویژه نوع بیماری الگوی ارتباط بین شاخص‌های شدت تمرین را متأثر می‌کنند. هدف از این تحقیق تعیین ارتباط بین شاخص‌های شدت تمرین (%VO2Reserve, %VO2Max, %HRR) در کودکان فلج مغزی اسپاستیک هنگام فعالیت ارگومتری زیر بیشینه بود.

آزمون‌ها شامل ۲۵ کودک بیمار فلج مغزی اسپاستیک (۱۴-۹ سال) بودند که داوطلبانه (رضایت والدین و تأیید پزشک متخصص) در این تحقیق شرکت کردند. ضربان قلب و اکسیژن مصرفی (VO_2) در حالت‌های استراحت، پایان هر مرحله و پایان فعالیت هنگام اجرای پروتکل زیر بیشینه مک متر (ویژه کودکان) روی چرخ کارسنج اندازه‌گیری شدند. از این متغیرها برای محاسبه شاخص‌های شدت تمرین استفاده گردید و با استفاده از نرم افزار SPSS، رگرسیون همبستگی میان شاخص‌ها تعیین شد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که در هر مرحله از آزمون ارگومتری، تنها $\%VO_{2Max}$ با $\%VO_{2Reserve}$ همپوشانی کامل دارد و الگوی رگرسیون آنها با اختلاف جزئی بر خط برازندگی منطبق است (R=0/99) و با وجود ارتباط خطی بین سایر شاخص‌ها ($\%VO_{2Max}$, %HRR) و($\%VO_{2Reserve}$, %HRR) هنگام اجرای فعالیت، همبستگی بین آنها به مراتب کمتر و الگوی رگرسیون آنها با خط برازندگی متفاوت است.

داده‌ها آشکار می‌کند که برای ارائه و تجویز برنامه تمرینات توانبخشی _ ورزشی در بیماران فلج مغزی اسپاستیک، دو روش $\%VO_{2Reserve}$, $\%VO_{2Max}$ شدت های یکسانی را نشان می‌دهند، طوری که تجویز شدت تمرین بر پایه این دو شاخص همسان و از یک الگو پیروی می‌کند و ارتباط بین شاخص‌های شدت کار در این بیماران با سایر یافته‌ها در مورد افراد بزرگسال و سالمند سالم و بیمار متفاوت است.

کلید واژه‌های فارسی: فلج مغزی اسپاستیک، شدت تمرین، فعالیت هوازی، ارگومتر

مقدمه

مزایای فیزیولوژیکی تمرینات ورزشی در درجه اول به شدت تمرین متکی است. شدت تمرین معمولا" به دو شیوه نسبی و مطلق اعمال می‌شود. شدت مطلق در واقع اعمال یک بار کار معین در یک دوره زمانی نظیر بار کار ۸۰ وات روی دوچرخه ارگومتر می‌باشد (۱). شدت نسبی به وسیله فشار فیزیولوژیکی نسبی که روی بدن اعمال می‌شود مشخص می‌شود و به عنوان درصدی از یک ظرفیت بیشینه نظیر حداکثر ضربان قلب، اکسیژن مصرفی بیشینه یا حداکثر ظرفیت تمرین تعریف می‌شود (۱). مطالعات علمی روشن می‌کنند که شدت تمرین مهم‌ترین فاکتور تداوم و گسترش آمادگی قلبی _ تنفسی است (۲،۳،۴).

برای تجویز شدت تمرین در افراد سالم به طور گسترده‌ای از روش درصد ضربان قلب ذخیره (%HRR) استفاده می‌شود (۵). روش دیگر تجویز شدت تمرین شاخص $\%VO_{2Max}$ است (۶). شواهد پژوهشی آشکار می‌کند که این شاخص‌ها بسته به برخی عوامل اثرگذار، میزان متفاوتی از فشار کاری که هنگام فعالیت روی بدن اعمال می‌شود را به نمایش می‌گذارند. طوری که فعالیت در هر سطحی (درصد) از یکی از شاخص‌ها ممکن است از دید شاخص دیگر با میزان متفاوتی از درصد بیشینه آن شاخص بیان شود (۲) که مربیان ورزشی و فعالیت‌های توانبخشی را در ارائه برنامه تمرینی مناسب، مؤثر و بدون عوارض جانبی دچار اشتباه می‌کند. کالج آمریکایی پزشکی _ ورزشی (ACSM) بیان می‌کند که برای ارائه شدت تمرین در افراد سالم، شاخص‌های$\%HRR$,$\%VO_{2Max}$ شدت‌های یکسانی را اعمال می‌کنند (۷). در حالی که یافته‌های سیمونس در خصوص ارتباط شاخص‌های شدت تمرین در بیماران انسداد ریوی با دستورالعمل ACSM متفاوت است (۸). یافته‌های سایر مطالعات در این زمینه نیز ناهمگون و دو سویه است (۹،۱۰،۱۱).

در همترازی ارزش های %HRR ,$\%VO_{2max}$ عوامل سن، سطح آمادگی بدن، شدت‌های کار بیشینه یا زیر بیشینه، وضعیت قلبی عروقی و دمای محیطی اثرگذار هستند (۲،۳).
اخیرا" برخی منابع علمی روش دیگری را برای ارائه یا تجویز شدت تمرین به ویژه در فعالیت‌های توانبخشی بیماران، تحت عنوان درصد اکسیژن مصرفی ذخیره گزارش کرده‌اند $\%VO_{2Resreve} = \frac{VO2exercise - VO2rest}{VO2\max - VO2rest}$ (۴،۶،۱۱،۱۲). در این زمینه سوین و همکارانش بیان می‌کنند که هنگام فعالیت روی چرخ کارسنج، ارزش‌های نسبی %HRR ,$\%VO_{2max}$ همسنگ نیستند (۱۳). در رابطه با ارتباط مستقیم بین %VO2R, $\%VO_{2max}$ یافته‌های جامع به چشم نمی‌خورد، ولی برخی منابع علمی بیان کرده‌اند که %HRR با $\%VO_2R$ همطراز است نه $\%VO_{2max}$ (۴،۱۲،۱۳،۱۴) و برخی دیگر از همسانی %VO2max با %HRR حکایت می‌کنند (۱۶، ۱۵) که به نظر می‌رسد تا اندازه‌ای به تفاوت ارتباط بین دو شاخص%VO2R, $\%VO_{2max}$ در افراد مختلف اشاره می‌کنند.

نکته اینجاست که آیا با کاهش عملکرد قلبی _ عروقی یا اختلال سیستم عصبی _ عضلانی در نتیجه برخی بیماری‌ها که نقش برجسته‌ای روی فعالیت بدنی یا تمرینات توانبخشی دارند، در میزان همترازی یا عدم همترازی شاخص‌های ارزیابی شدت‌های تمرین باید همسان افراد سالم عمل کرد یا هر نوع بیماری بسته به اثر آن روی دستگاه قلبی _ عروقی یا عصبی _ عضلانی یا...، از الگوی خاصی پیروی می‌کند. در این زمینه، مطالعات نشان داده‌اند که مصرف برخی داروها توسط بیماران به اختلال ضربان قلب استراحت، ضربان قلب تمرین و حداکثر ضربان قلب منجر می‌شود (۵) که به مشکلاتی در ارائه برنامه تمرینی با شدت مناسب بر پایه %HRR منجر می‌شود و از میزان اعتبار آن در تجویز شدت تمرین برنامه‌های توانبخشی _ ورزشی بیماران می‌کاهد. در این رابطه، دستورالعمل‌های جدید، استفاده از روش %VO2R را برای تجویز شدت تمرین هوازی در بیماران قلبی توصیه می‌کند (۱۱،۱۷). از طرفی برخی یافته اشاره می‌کنند که برای تجویز شدت تمرین در هر بیماری، ارتباط بین %HRR با $\%VO_2R$ باید به طور جداگانه بررسی شود (۱۸). یافته‌های وونیسچ کاهش قابل توجه ضربان قلب استراحت و حداکثر ضربان

قلب را به واسطه مصرف بتابلوکرها در بیماران قلبی _ عروقی گزارش می‌کند (۵). مطالعه مزانی خاطرنشان می‌کند که برای تجویز شدت تمرین در بیماران ناتوانی قلبی مزمن، مقادیر %HRR با $\%VO_2R$ همسان نبوده و ارتباط این شاخص‌ها در فعالیت‌های توانبخشی هر نوع بیماری باید جداگانه بررسی شود (۱۸). یافته‌های کولبرگ اشاره می‌کند که بیماران دیابتی به واسطه مصرف برخی داروها دارای ضربان قلب استراحت بالاتر و حداکثر ضربان قلب پائین تر از افراد سالم هستند (۱۹). در همین رابطه شری و همکارانش با استناد به یافته‌های خود، ارتباط خطی فوق العاده‌ای را بین %VO2Resreve و %HRR در بیماران دیابتی گزارش کردند (۱۲). شواهد نشان می‌دهند که سطح آمادگی بدنی در افراد سالم و بیمار، ارتباط بین شاخص‌های شدت تمرین را متأثر می‌کند (۸،۱۳،۲۰،۲۱). مطالعات تکمیلی به وضوح نتایج متناقضی را در این خصوص بین جمعیت‌های سالم و بیماری‌های مختلف نشان می‌دهند. از این رو، نقش تأثیر انواع بیماری‌ها روی این شاخص‌ها قابل طرح و بررسی، و به نظر می‌رسد که تعیین میزان ارتباط این شاخص‌ها در این بیماری‌ها ضروری است.

به نظر می‌رسد که ضایعات و آسیب‌های سیستم عصبی در بیماران اسپاستیک به کاهش کارایی دستگاه قلبی _ عروقی، سیستم انتقال خون و هماهنگی عصبی _ عضلانی به ویژه هنگام فعالیت بدنی و برنامه‌های ورزشی _ توانبخشی منجر شود (۲۲) و در زمینه ارتباط بین شاخص‌های شدت تمرین که از عناصر برجسته ارائه و تجویز برنامه تمرینی بهینه با شدت منسب و ایمن در برنامه‌های توانبخشی و کار درمانی که به عوارض جانبی برگشت ناپذیر نظیر غش، تهوع، تشنج، صرع و... در این بیماران منجر نشود یافته‌های جامع به چشم نمی‌خورد. از این رو، با توجه به تأثیر نوع بیماری روی ارتباط بین شاخص‌های شدت تمرین، هدف عمده این تحقیق همسنجی ارتباط و تعیین شاخص‌های ارزیابی شدت کار ($\%VO_{2Reserve}$, %HRR, $\%VO_{2max}$) در بیماران فلج مغزی اسپاستیک دایپلژی به منظور تجویز برنامه‌های ورزشی _ توانبخشی ایمن و کارا بر پایه هر یک از این شاخص‌ها می باشد.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری را کودکان فلج مغزی اسپاستیک دایپلژی همدان تشکیل می‌دهند. آزمودنی‌ها شامل ۲۵ بیمار اسپاستیک پسر (۲± ۱۱ سال) با سابقه معلولیت دائم بودند که داوطلبانه (رضایت نامه والدین) و با تأیید پزشک متخصص و متخصص کار درمانی در تحقیق شرکت کردند. شدت ضایعه اسپاستیک بیماران مطابق ارزیابی پزشک اعصاب کودکان، از درجه متوسط تا شدید و همسان با درجه ۳ مقیاس تون عضلانی آشورد (۲۳) گزارش شد. آزمودنی‌ها به مدت ۲۴ ساعت قبل از اجرای آزمون، از هرگونه ورزش جدی منع و یک ساعت قبل از آزمون از خوردن هرگونه مواد مغذی پرهیز کردند. بعد از آشنایی آزمودنی‌ها با شیوه فعالیت روی چرخ کارسنج، پروتکل ارگومتری مک مستر (۲۴) به منزله یک آزمون ویژه کودکان در محیطی با میانگین دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۴ درصد روی چرخ کارسنج تنتوری (نوع E604، ساخت فنلاند) اجرا شد.

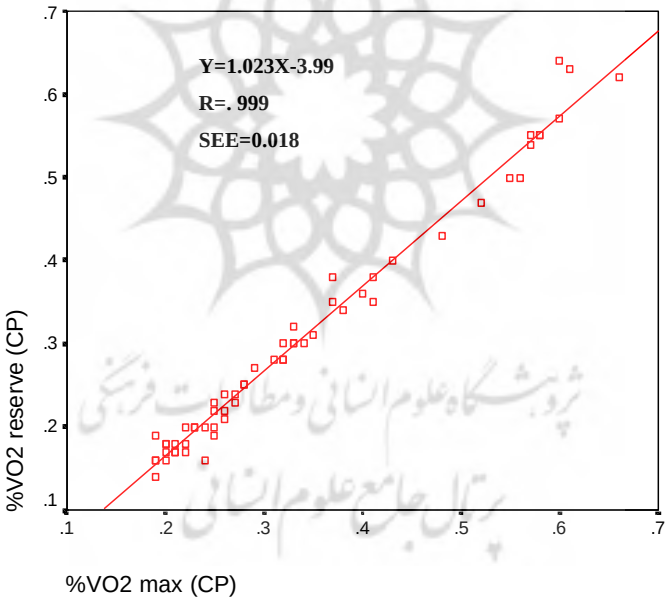
در آزمون مک مستر ابتدا فرد به منظور گرم کردن، حدودا" ۲ دقیقه روی دوچرخه ثابت پدال می‌زند، سپس مراحل اصلی آزمون که شامل ۴ مرحله متوالی ۲ دقیقه‌ای می باشد اجرا می‌شود. طوری که شخص باید ابتدا مرحله ۲ دقیقه‌ای اول را با شدت یکسان و مشخص شده (۱۲/۵ وات) مطابق دستورالعمل پروتکل پدال بزند و در ۱۵ ثانیه آخر ضربان قلب او به وسیله دستگاه تله متری یادداشت می‌شود. مراحل ۲ دقیقه ای دیگر این آزمون نیز به همین شیوه ادامه می‌یابد با این تفاوت که بار کار در هر مرحله نسبت به مرحله قبل به میزان مشخصی (۲۵ وات) افزایش می‌یابد و این برنامه تا مرحله چهارم ادامه می‌یابد. چنانچه فرد در هر مرحله از آزمون، احساس یا خستگی اختیاری کند آزمون متوقف می‌شود و ضربان قلب آن مرحله به عنوان ضربان قلب نهایی آزمون ثبت می‌شود. از اطلاعات مربوط به ضربان قلب و VO2 در مراحل آزمون برای محاسبه شاخص‌های شدت کار استفاده شد. البته بهترین روش اندازه‌گیری VO_{2max}، روش مستقیم می‌باشد اما به دلیل هزینه بالا و عدم امکانات و پیچیدگی این روش، از اندازه‌گیری غیر مستقیم آن با استفاده از تعیین VO_{2max} به روش چند مرحله‌ای / نمودار استفاده شد (۲۵). پس از محاسبه شاخص‌های شدت تمرین ($\%VO_{2Reserve}$, %HRR, $\%VO_{2max}$)، ارتباط بین این شاخص‌ها به وسیله آنالیز

رگرسیون خطی در محیط SPSS برای تعیین ارتباط این شاخص‌ها مشخص شد و الگوی رگرسیون و فرمول رگرسیون خطی بین هر جفت از شاخص‌های شدت کار در آزمودنی‌ها مشخص شد.

یافته های پژوهش

نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون چندگانه بین شاخص‌های برگزیده شدت تمرین در آزمودنی‌ها نشان داد که رابطه بین دو شاخص $\%VO_{2Reserve}$ و $\%VO_{2Max}$ کاملا" خطی و با خط برازندگی اختلاف جزئی دارد (R=0.99). معادله رگرسیون این دو شاخص به صورت زیر است.

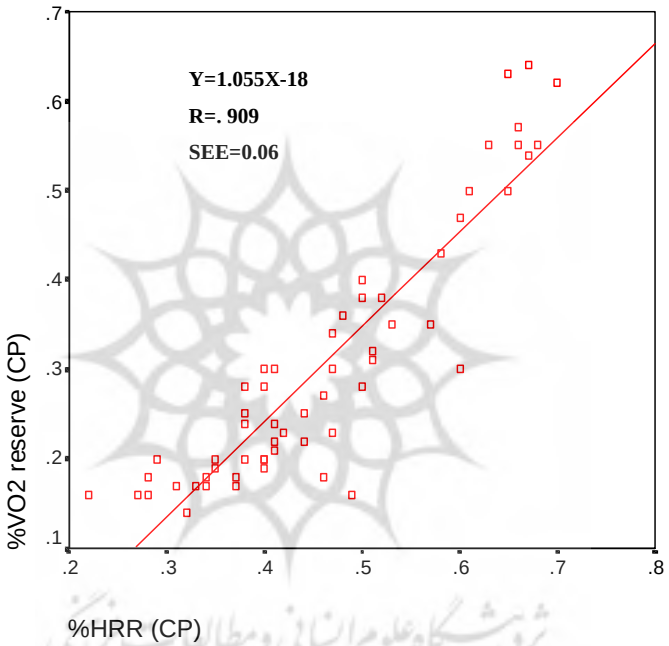
$$(\%VO2_{reserve}=1.023\times\%VO2_{max}-3.99)$$



نمودار ۱. الگوی رگرسیون خطی شاخص‌های شدت کار
($\%VO_{2Reserve}$ و $\%VO_{2Max}$) در بیماران CP هنگام فعالیت ارگومتری

از سوی دیگر، ارتباط بین دو شاخص %VO2Resreve و %HRR الگوی خطی دارد، اما درجه همبستگی این دو شاخص به مراتب کمتر از دو شاخص ($\%VO_{2Reserve}$ و $\%VO_{2Max}$) است (R=0.91). می‌توان گفت که در هر سطح از فعالیت ارگومتری، اندازه شدت کار از جنبه %HRR به میزان قابل توجهی بالاتر از $\%VO_{2Reserve}$ است (نمودار۲). معادله رگرسیون این دو شاخص به صورت زیر است.

(%VO2reserve=1.055×%HRR-18)

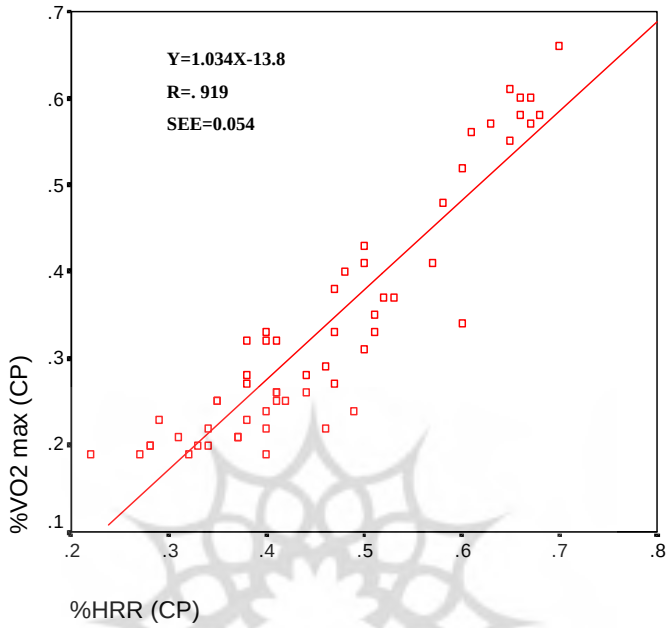


نمودار ۲. الگوی رگرسیون خطی شاخص‌های شدت کار (%HRR و $\%VO_{22Reserve}$) در بیماران CP هنگام فعالیت ارگومتری

یافته‌های تحقیق نشان می دهد که نمایش ارتباط بین مقیاس‌های شدت ورزش ($R=0.92, \%HRR, \%VO_{2Max}$) با ارتباط ($\%HRR, \%VO_{2Reserve}$) مشابهت دارد و به این نکته نیز اشاره می‌کند که در مراحل فعالیت پدال زنی زیربیشینه، مقادیر شدت تمرین بر پایه %HRR به میزان معنی‌داری بالاتر از $\%VO_{2Max}$ است (نمودار ۳).

معادله رگرسیون این دو شاخص به صورت زیر است.

(%VO2max = 1.034×%HRR-13.8)



نمودار ۳. نیمرخ ارتباط شاخص‌های شدت کار
($\%VO_{2Max}$ و %HRR) در بیماران CP هنگام فعالیت ارگومتری

بحث و نتیجه‌گیری

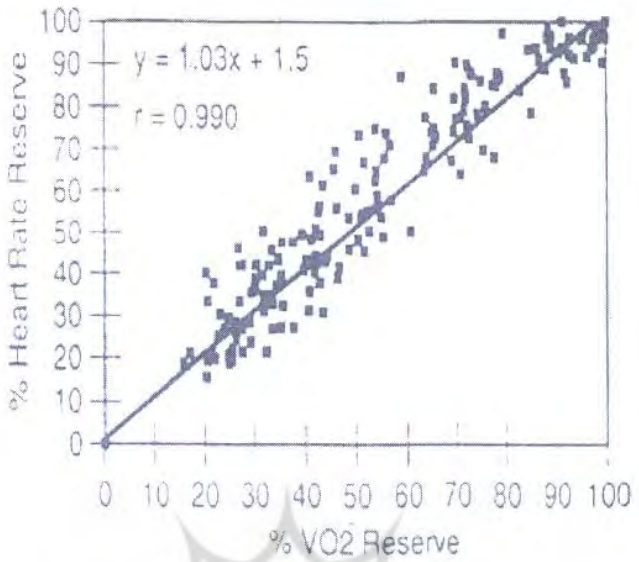
کارونن در سال ۱۹۵۷ نوعی روش ارزیابی شدت تمرین را ارائه کرد که در آن ضربان قلب هدف با درصد معین تفاوت ضربان قلب استراحت از ضربان قلب بیشینه برآورد می‌شد (۲۶). وی این روش را به عنوان روش درصد ضربان قلب ذخیره (%HRR) معرفی کرد و برای تجویز شدت برنامه تمرینی به طور گسترده در تمرینات ورزشی و توانبخشی در افراد سالم و بیمار استفاده می‌شد (۴). از طرفی انجمن ACSM در پیش بینی شدت کار، مقادیر %VO2Max, %HRR را همسان اعلام کرده که از سوی برخی از پژوهشگران علوم ورزشی نیز حمایت شده است و از توازن میان این دو شاخص شدت کار بتدریج در اغلب مطالعات علمی استفاده گردید. مطالعه ون روی بیماران انسداد ریوی مزمن از این نظریه حمایت می‌کند (۱۵). اما برخی از مطالعات اخیر بیان می‌کنند که هنگام فعالیت روی چرخ

کارسنج ارزش های %HRR همتراز با $\%VO_{2Max}$ نیست، بلکه مقادیر %HRR همسان با $\%VO_{2Reserve}$ می‌باشد (۲۷). یافته‌های سایر مطالعات روی افراد سالم و بیماری‌های مختلف نیز به نوعی از الگوی متفاوت همسانی بین هر یک از شاخص‌های شدت تمرین بسته به سطح آمادگی، وضعیت قلبی _ عروقی و نوع بیماری آنها حکایت می‌کند که در مقدمه تحقیق به آنها اشاره شد (۲،۴،۹،۱۰،۱۴،۱۸).

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در بیماران اسپاستیک در هر سطح از فعالیت، دو شاخص $\%VO_{2Max}$,$\%VO_{2Reserve}$ با اندکی اختلاف بر هم منطبق هستند و با افزایش سطح فعالیت آزمون از هر مرحله به مرحله بعد از مقدار این تفاوت جزئی نیز کاسته می‌شود. چنین همپوشانی اشاره می‌کند که در این بیماران این دو شاخص در هر سطح از فعالیت شدت‌های یکسانی را نمایان می‌کنند و خط پیشگویی رگرسیون با چشم پوشی از اختلاف جزئی بر خط برازندگی منطبق است و تفاوت %HRR با این دو شاخص قابل توجه است که با یافته‌های میلر و همکارانش روی مردان و زنان چاق مطابقت دارد (۲۸). دلیل این فرایند احتمالا" اثر اختلالات عصبی این بیماران روی دستگاه قلبی _ عروقی می‌باشد.

یافته‌های استنلی روی کودکان سالم به ضریب همبستگی R=0.95 بین دو شاخص %VO2reserve, %HRR اشاره می‌کند (۱۶). از طرفی دیوید نیز ضریب همبستگی بین این دو شاخص را R=0.99 گزارش می‌کند (۴) که در نمودار زیر مشاهده می‌شود (نمودار ۴).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار٤. الگوی رگرسیون شاخص های $\%VO_{2Reserve}$, %HRR (دیوید ۱۹۹۶)

همچنین استنلی ضریب همبستگی دو شاخص %HRR ,$\%VO_{2max}$ را R=0.95 گزارش می‌کند (۱۶) که با یافته‌های تحقیق حاضر روی بیماران فلج مغزی متفاوت هستند.

به طور کلی، نتایج این مطالعه آشکار می‌سازد که در کنار پدیده دگرگونی‌های فیزیولوژیک بالیدگی و عوامل مداخله گر، این امکان هست که بیماری فلج مغزی نمایش همپوشانی الگوی خطی این مقیاس‌ها شدت کار را تا اندازه‌ای بر هم زند. زیرا یافته‌های تحقیق حاضر روی کودکان CP بیانگر این است که در هر سطح از شدت کار ارگومتری، شاخص $\%VO_{2Max}$,$\%VO_{2Reserve}$ مطابقت دارد. با مرور کلی مطالعات روی بیماران استنتاج می‌شود که نوع بیماری و داروهای مصرفی بسته به تأثیر آنها روی دستگاه‌های قلبی _ عروقی و سیستم عصبی _ عضلانی تأثیر برجسته ای روی ارتباط شاخص‌های شدت تمرین دارد (۶،۱۲،۱۴) و ارائه برنامه تمرینی مناسب نیازمند شناخت روابط بین این شاخص‌های شدت تمرین است. با به دست آوردن الگوی ارتباط بین این شاخص‌ها طبق فرمول‌های مذکور به ویژه در برنامه‌های ورزشی_ توانبخشی روی افرادی که به نوعی دچار ناتوانی حرکتی هستند، ارائه برنامه تمرینی ایمن و کارا میسر شده و ایجاد تمرین‌های مستمر

با شدت‌های مناسب بر پایه هر یک از این شاخص‌ها نه تنها به آسیب‌های جدی و جبران ناپذیر در این بیماران منجر نشده بلکه نتایج سودمندی نیز به دنبال خواهد داشت.

منابع:

1. Mcardle, W., Katch, F., Katch VED 1991. "Exercise physiology energy, nutrition and human performance". Philadelphia, Lea & Febiger.
2. Lynn, B., James, E 1996. "Relative heart rate, heart rate reserve and VO_2 during submaximal exercise in elderly". J Gerontol A Biol Med Dci. Jul, 51(4); 165-71.
3. David, P., Swain, D.P., Brian, C 1996. "Heart rate reserve is equivalent to $\%VO_{2Reserve}$, not to $\%VO_{2Max}$". Wellness Institue and Reserch center. (17):235-39.
4. David, P., Swain, D.P., Brian, C., Michele, E 1996. "Relationship between %Heart rate reserve and $\%Vo_{2reserve}$ in treadmill exercise". Wellness Institute Research Center. Old Dominon University, Norfolk. VA. $(11):227-31.
5. Wonisch, M., et al 2003. "Influence of beta-blocker use percentage of heart rate exercise prescription'. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. Aug; 10(4): 296-301.
6. Jeremy, A., Steve, E., Selig, Ralph, H 2005. "Comparing For Prescribing Exercise For Individuals With Chronic Heart Failure". *JEP* online. 8 (4):9-19.
7. Davis, J.A., Convertio, V.A 1975. "A comparison of heart rate methods for predicting endurance training intensity". Med, Sci. Sports. 7: 295-298.
8. Simmons, D.N., Berry, M.J., Hayes, S.I., Walschlager, S.A 2000. "The relationship between %HRpeak and %VO2peak in patients with chronic obstructive pulmonary disease". Med Sci Sports Exerc. May; 32(5):881-6.

9. Jonatan, E., Andrew, J 2005. "Ccardiovascular Drift is related to reduced maximal oxygen uptake during heat stress". Med Sci Sports Exerc. 37(2):248-255.
10. Malley, M.T., Kohrt, W.M., Coggan, A.R., Ehsani, A.A., Holloszy, J.O 1990. "Exercise prescription in healthy older adults". Med Sci., Sports Exerc. 22:23-28.
11. Weltman, A.D 1990. "Percentage of maximal heart rate, heart rate reserve and VO_{2Max} for determining endurance training intensity in male ranners". Med Sci. Sports Exerc. 14:495-502.
12. Sheri, R., David, P., Swain, D.P., Aaron, I., Vinik, M.D 2003. "Use of heart rate reserve and rating of perceived exertion to prescribe exercise intensity in diabetic autonomic neuropathy". Diabetes Care. 26:980-990.
13. Swain, D.P 1997. " %Heart rate reserve is equivalent to $\%VO_{2Reserve}$. Not to $\%VO_{2Max}$". Med Sci Sports Exerc. 29:410-414.
14. Brawner, C.A., Keteyian, S.J., Ehrman, J.K 2002. "The relationship of heart rate reserve to VO2 reserve in patients with heart desease". Med Sci Sport Exerc. 34:418-422.
15. Wen, H., Gao, Y., An, J.Y., Chen, Q.L., Zheng, J.P 2007. "Evaluation of exercise intentensity for pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease". Zhonghua Jie He Hu Xi Za Zhi. Jan; 30(1):27-30.
16. Hui, S.S., Chan, J.W 2006. "The relationship between heart rate reserve and oxygen uptake reserve in children and adolescents". Res Q Exerc Sport. Mar; 77(1):41-9.
17. Swain, D.P., Franklin, B.A 2002. "Is there a threshold intensity for aerobic training in cardiac patients?". Med Sci Sports Exerc. Jul;34(7):1071-5.
18. Mezzani, A., Corra, U., Giordano, A., Cafagna, M., Adriano, E.P., Giannuzzi, P 2007. "Unreliability of the %VO2 reserve versus %heart rate reserve relationship for aerobic effort relative intensity assessment in chronic heart failure patients on or off beta-blocking therapy". Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. Feb: 14(1):92-8.

19. Colberg, S.R., Swain, D.P., Vinik, A.I 2003. "Use of heart rate reserve and rating of perceived exertion to prescribe exercise intensity in diabetic autonomic neuropathy". Diabetes Care. Apr; 26(4):986-90.
20. Swain, D.P., Abernathy, K.S., Smith, C.S., Lee, S.J., Bunn, S.A 1994. "Target heart rates for the development of Cardiorespiratory fitness". Med Sci Sports Exerc. Jan; 26(1): 112-6.
21. Strath, S.J., Swartz, A.M., Bassett, D.R. J.R., O'Brien, W.L., King, G.A., Ainsworth, B.E 2000. "evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity". Med Sci Sports Exerc. Sep; 32(9 Suppl): S465-70.
22. Lundberg, A 1975. "Oxygen consumption in relation to work load in student with cerebral palsy". J Apple Physiol. 40(60):873-5.
23. Bove, A.A., Lowenthal, D.T 1983. "Exercise medicine, physiological principles and clinical applications". Academic Press Orlando.
24. American college of Sport Medicine. Guidelines for Exercise testing and prescription, 4et Ed. Philadelphia, Lippincott.Wiliams & Wilkins. 2000.
25. Golding, L.A., Meyers, C.R., Sinning, W.E 1989. "Ys way to physical fitness: the complete guide to fitness testing and instruction". 3rd. Champaigen IL, human Kinetics Publishers.
26. Karvonen, M.J 1957. "The effects of training on heart rate: a Longitudinal study". Ann., Med. Exp. Biol, Fenn. 35:307-315.
27. Rotstein, A., Mechel, Y 2000. "Estimation of $\%VO_{Reserve}$ from heart rate during arm exercise and running". Eur J Appl Physiol. Dec,83(6).545-50.
28. Miller, W.C., Wallace, J.P., Eggert, K.E 1993. "Predicting max HR and the HR-VO2 relationship for exercise prescription". Med Sci., Sport Exerc. 25:1077-81.