بررسی ارتباط بین عملکرد سرعتی شنای کرال سینه و طول فاسیکل عضلانی در شناگران نوجوان

علی‌رضا نصیرزاده*، علی‌رضا احسان بخش**، سعید ایل بیگی***، حامد ارغوانی****،
مهدی علی‌اکبری بیدختی*****

*کارشناسی ارشد تربیت بدنی دانشگاه بیرجند

**استادیار رادیولوژی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند

***استادیار بیومکانیک ورزشی دانشگاه بیرجند

****کارشناسی ارشد آسیب شناسی ورزشی دانشگاه اصفهان

*****کارشناس تربیت بدنی دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۰۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۰۹

چکیده

هدف این پژوهش بررسی ارتباط بین عملکرد سرعتی شنای کرال سینه و طول فاسیکل عضلانی در ۲۳ شناگر پسر نوجوان بود. آزمودنی‌ها بر اساس عملکرد شنـای کرال سینه ۲۵ متر سرعت به دو گروه ۱۵/۷- ۱۴/۶ ثانیه (S_1 ، تعداد= ۱۱ نفر) و ۱۷- ۱۵/۸ ثانیه (S_2 ، تعداد= ۱۲ نفر) تقسیم شدند. شاخص‌های معماری عضلانی ضخامت عضلانی، زاویه پنیت و طول فاسیکل با استفاده از تصاویر اولتراسونوگرافی نوع B در عضلات دوسر بازویی، سه‌سر بازویی، پهن خارجی، دوقلوی میانی و دوقلوی خارجی اندازه‌گیری شد. S_1 به طور معنی‌دار دارای ضخامت بیشتر در عضلات پهن خارجی، دوقلوی خارجی و سه‌سر بازویی بود. زاویه پنیت تنها در عضله سه‌سر بازویی به طور معنی‌دار در گروه S_1 کوچک‌تر بود.S_1 به طور معنی‌دار در عضلات پهن خارجی، دوقلوی خارجی و سه‌سر بازویی دارای طول فاسیکل مطلق بلندتر و در عضلات پهن خارجی و سه‌سر بازویی دارای طول فاسیکل نسبی (نسبت به طول اندام) بلندتری بود. بین عملکرد سرعتی شنای کرال سینه ۲۵ متر و طول فاسیکل مطلق و نسبی عضلات پهن خارجی (مطلق: $r = -۰/۴۹$ ، نسبی: $r = -۰/۴۳$) و دوقلوی خارجی (مطلق: $r = -۰/۴۷$ ، نسبی: $r = -۰/۴۲$) ارتباط معنی‌داری وجود داشت. به نظر می‌رسد طول فاسیکل عضلانی یکی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد شنای کرال سینه سرعتی شناگران نوجوان باشد.

واژگان کلیدی: معماری عضلانی، طول فاسیکل، اولتراسونوگرافی، شنای سرعتی، کرال سینه.

مقدمه

ویژگی‌های عضلات اسکلتی و چگونگی عملکرد آن‌ها طی قرن گذشته بارها مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است. در این میان مطالعات کلاسیک بیشتر به بررسی خصوصیات میکروسکوپیک و فراساختاری[1] (سلولی) عضلات اسکلتی و فیبرهای آن‌ها پرداخته اند که به بینش وسیعی در ارتباط با چگونگی کارکرد آن‌ها منجر شده است. با این حال مطالعات مختلف توجه کمتری به ویژگی‌های ماکروسکوپیک عضلات اسکلتی داشته‌اند. این آرایش و ترکیب ماکروسکوپی فیبرهای عضلانی (در میان عضله) معماری عضلانی[2] نامیده می‌شود (۱). از نظر تاریخی مطالعه و تحقیق درباره تغییرات در معماری عضلانی بجز آن‌هایی که در ارتباط با اجساد صورت می‌گرفت ناممکن بود. اما اخیراً و با گسترش تکنیک‌های تصویربرداری همچون تشدید مغناطیسی (MRI) (۲) و تصویربرداری فراصوت (۳ و ۴) امکان بررسی این شاخص‌ها همچون طول فاسیکل و زاویه آن حتی در حالت زنده نیز فراهم شده است (۵). معماری عضلانی در واقع "آرایش تارهای عضلانی در میان عضله نسبت به راستای اعمال نیروی آن" می‌باشد (۶)، که در درجه اول شاخص‌هایی همچون ضخامت عضله[3]، زاویه پِنیت[4] و طول فاسیکل را شامل می‌شود و بر اساس آن عضلات به دو دستهٔ دوکی شکل و بالی شکل تقسیم می‌شوند. اگرچه این‌گونه انگاشته می‌شود که عضلات مختلف مقدار نیروی متفاوتی را به دلیل تفاوت در اندازه فیبرهای عضلانی تولید می‌کنند، در واقع اندازه فیبر عضلانی بین عضلات اندکی تفاوت دارد. در نتیجه تفاوت معماری بین عضلات بهترین شاخص برای بررسی چگونگی تولید نیروی آن‌ها است (۱). به عنوان یک قانون کلی عضلات با زاویه پنیت کوچک و طول فاسیکل بلند به دلیل داشتن تعداد زیاد سارکومرهای قرارگرفته در یک ردیف که به طور هم‌زمان فراخوانی و منقبض می‌شوند، برای حرکات با سرعت بالا در دامنهٔ حرکتی زیاد و عضلات با زاویه پنیت بزرگ و طول فاسیکل کوچک برای حرکات با قدرت زیاد در دامنهٔ حرکتی کوچک مناسب هستند (۸).

توافق بسیاری وجود دارد که عملکرد سرعتی نیازمند تولید انقباضات با سرعت بالا در عضلات درگیر در حرکت است. سرعت انقباض عضلانی به وسیلهٔ خصوصیات بیوشیمیایی (فعالیت میوزین ATPase) و شاخص‌های معماری عضله (طول فیبر عضلانی: تعداد سارکومرهای قرارگرفته در ردیف‌ها) تعیین می‌شود (۹). اگرچه خصوصیات بیوشیمیایی در تعیین سرعت انقباض حداکثری عضله اهمیت بالایی دارند (۱۱)، نشان داده شده است که شاخص‌های معماری عضلانی نقش مهمی در تنظیم و تعدیل این خصوصیات بیوشیمیایی ایفا می‌کنند (۱۲ و ۱۳) و تفاوت در حداکثر سرعت انقباض بین عضلات بیشتر در اثر تفاوت طول فیبر عضلانی در عضلات تعیین می‌شود تا خصوصیات بیوشیمیایی آن‌ها. با این حال مطالعات اندکی به بررسی ارتباط بین طول فیبر عضلانی و سرعت انقباض عضلانی پرداخته‌اند. نشان داده شده است که

1. Ultra structural
2. Muscular architecture
3. Muscle thickness
4. Pennation angle

دوندگان سرعتی در مقایسه با دوندگان استقامتی و افراد تمرین‌ندیده دارای فاسیکل بلندتر و زاویه پنیت کوچک‌تری در عضلات موثر پای خود (پهن خارجی و دوقلو) هستند (۱۰). همچنین طول فاسیکل بلندتر با بهترین عملکرد دو سرعت ارتباط معنی‌داری دارد (۹ و ۱۷). این امر نشان می‌دهد که تفاوت در عملکرد سرعتی می‌تواند با تفاوت در طول فاسیکل عضلانی مرتبط باشد. بر اساس این اطلاعات فرض کرده‌ایم که طول فاسیکل عضلانی نقش مهمی در عملکرد شنای سرعتی در انسان ایفا می‌کند. بر اساس اطلاعات ما، تاکنون مطالعه‌ای به بررسی شاخص‌های معماری عضلانی در شناگران نوجوان و ارتباط آن‌ها با عملکرد سرعتی شنای کرال سینه نپرداخته است. بنابراین هدف این مطالعه بررسی ارتباط بین طول فاسیکل عضلات مختلف بدن با عملکرد سرعتی شنای کرال سینه در شناگران نوجوان بوده است.

روش‌شناسی

نمونه: ۲۳ شناگر پسر نوجوان (سن: ۰/۸۶± ۱۳/۸۶ سال) با ۴ تا ۶ سال سابقه تمرین منظم بصورت ۳ جلسه ۲ ساعته در طول هفته در این تحقیق حضور داشتند. پس از انجام رکوردگیری شنای ۲۵ متر سرعتی کرال سینه که در بازه‌ای بین ۱۴/۶۲ تا ۱۶/۹۴ ثانیه قرار داشت، برای مقایسه و بر اساس رکوردها شناگران به دو گروه ۱۵/۷– ۱۴/۶ ثانیه (S_1 ، تعداد= ۱۱ نفر) و ۱۷– ۱۵/۸ ثانیه (S_2 ، تعداد= ۱۲ نفر) تقسیم شدند.

عملکرد شنا: رکوردگیری در استخر ۲۵ متری و با استفاده از تصاویر فیلم‌برداری شده با سرعت ۳۰ فریم در ثانیه از نمای کنار شناگران انجام گرفت. پس از گرم‌کردن به مدت ۱۵ دقیقه، تمامی شناگران دوبار مسافت ۲۵ متر را با ۱۵ دقیقه استراحت فعال بین دو تکرار از طریق شنای کرال سینه با حداکثر فشار و با استارت از درون آب شنا کردند. تکرار بهتر بعنوان عملکرد شناگر در نظر گرفته شد (۱۸).

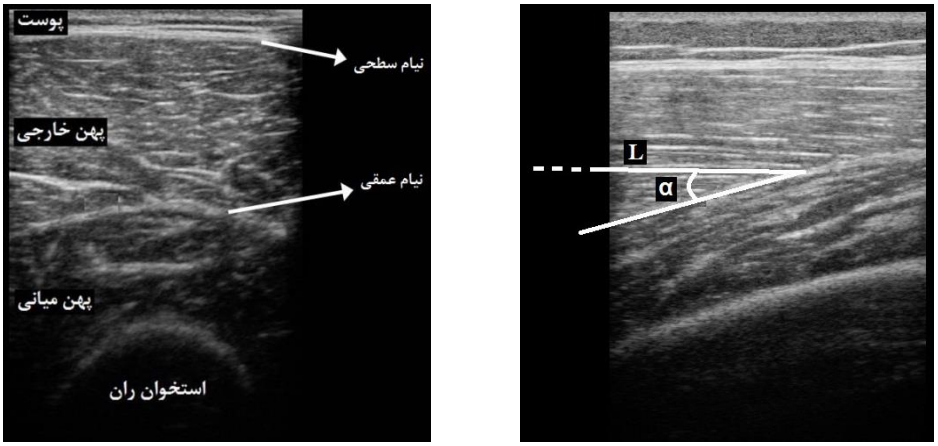
اندازه‌گیری طول اندام‌های بدن: برای محاسبه طول فاسیکل نسبی عضلات تحت بررسی، طول اندام‌های بدن با استفاده از متر نواری و از طریق برجستگی‌های آناتومیکی بدن در حالت ایستاده و از طرف راست بدن بدین صورت اندازه‌گیری شد: طول ران، فاصلهٔ بین برآمدگی خاصره‌ای و اپی کندیل خارجی استخوان ران، طول ساق، فاصلهٔ بین قوزک خارجی نازک نی و اپی کندیل خارجی استخوان درشت نی (۹) و طول بازو، فاصلهٔ بین زائدهٔ آخرومی کتف و اپی کندیل خارجی استخوان بازو (۱۴). اندازه‌گیری شاخص‌های معماری عضلات اسکلتی: در این مطالعه ۵ عضله شامل عضله پهن خارجی (در نقطهٔ وسط طول استخوان ران)، دوقلوی خارجی (در نقطهٔ ۳۰ درصدی طول ساق از سر فوقانی) و دوقلوی میانی (در نقطه‌ای مشابه دوقلوی خارجی) در اندام تحتانی (۹) و عضلات سه‌سر بازویی (سر خارجی) (در نقطهٔ وسط طول بازو) و دوسر بازویی (در نقطه‌ای مشابه سه‌سر بازویی) از اندام فوقانی (۱۴) مورد بررسی قرار گرفت. این عضلات به دلیل به کارگیری آن‌ها برای پیش‌روی شناگر در آب با توجه به الگوی حرکتی شنای کرال سینه (۳۰ و ۳۴) و همچنین قابلیت تصویربرداری توسط دستگاه اولتراسونوگرافی انتخاب شدند. اندازه‌گیری شاخص‌های معماری عضلانی مشابه روش ارائه‌شده در تحقیقات قبلی انجام گرفت (۹ و ۱۴). به طور خلاصه، پس از مشخص‌کردن نقاط اندازه‌گیری و آغشته‌کردن آن‌ها به ژل مخصوص برای ارتباط صوتی مطلوب، پروب

اولتراسونوگرافی ابتدا به صورت عمود بر عضله برای داشتن تصویری از سطح مقطع عضله جهت اندازه‌گیری ضخامت عضلانی در محل مورد نظر قرار گرفت. پس از تصویربرداری و نشانه‌گذاری تصاویر برای بررسی‌های بعدی، پروب در همان نقطه به صورت هم جهت با عضله قرار می‌گرفت تا تصویری طولی از عضله گرفته شود. با استفاده از تصاویر برداشته‌شده، فاصلهٔ بین نیام عمقی[1] و نیام سطحی[2] عضله در تصاویر سطح مقطعی بعنوان ضخامت عضلانی (شکل ۱) و زاویه حاده بین نیام عمقی عضله و راستای فاسیکل‌ها در تصاویر طولی بعنوان زاویهٔ پنیت عضله در نظر گرفته شد (زاویه α در شکل ۱). ضخامت عضلانی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر با استفاده از دستگاه اولتراسونوگرافی و زاویه پنیت با دقت ۰/۱ درجه با استفاده از نرم افزار اتوکد اندازه‌گیری شد.

برای برآورد طول فاسیکل نیز از فرمول هندسی روبرو استفاده شد: طول فاسیکل = ضخامت عضله $\times (\mathrm{Sin}\ (\alpha))^{-1}$، که α زاویه پنیت عضله موردنظر بود (۹). اندازه‌گیری‌های اولتراسونوگرافی زاویه پنیت تنها ۰ تا ۱ درجه با اندازه‌گیری به طور دستی در اجساد تفاوت دارد (۱۸). تمامی اندازه‌گیری‌ها در هنگام صبح، قبل از انجام هرگونه فعالیت عضلانی، از طرف راست بدن و با شرایطی یکسان برای تمامی آزمودنی‌ها انجام گرفت. تصویربرداری از عضلات دوسر بازویی، پهن خارجی در حالت دراز کشیده به پشت و عضلات سه‌سر بازویی، دوقلوی میانی و خارجی در حالت درازکشیده روی شکم انجام گرفت. با توجه به اینکه عضله دوسر بازویی در دسته عضلات دوکی‌شکل قرار دارد، تنها شاخص معماری ضخامت عضلانی در این عضله اندازه گیری شد. همچنین تصاویر با استفاده از دستگاه اولتراسونوگرافی Hitachi EUB-405 نوع B، ساخت کشور ژاپن با پروب آرایه خطی 7.5 MHz انجام گرفت.

روش‌های آماری: مقادیر به صورت انحراف معیار± میانگین ارائه شده است. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنف مورد بررسی قرار گرفت و داده‌ها در تمامی زیرگروه‌ها دارای توزیع نرمال بودند. آزمون تی استیودنت برای گروه‌های مستقل برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها و برای بررسی ارتباط بین شاخص‌های معماری عضلانی با عملکرد سرعتی شنای کرال سینه از ضریب همبستگی گشتاوری پیرسون در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ استفاده شد. در تمامی تحقیق سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

1. Deep aponeurosis
2. Superficial aponeurosis



شکل ۱. تصویر اولتراسونوگرافیک عضله پهن خارجی. سمت چپ: تصویر سطح مقطع عضله که موقعیت آن‌را نشان می‌دهد. سمت راست: تصویر طولی عضله که زاویه پنیت (α) و طول فاسیکل (L) در آن نمایش داده شده است.

نتایج

خصوصیات بدنی آزمودنی‌ها: تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های S_1 و S_2 از نظر شاخص‌های قد (به ترتیب: ۵±۱۷۱ و ۶±۱۷۰ سانتی‌متر)، وزن (به ترتیب: ۶±۵۷/۸ و ۶±۵۹/۹ کیلوگرم)، BMI (به ترتیب: ۱/۵±۱۹/۶ و ۱/۲±۲۰/۵۸ (متر مربع/کیلوگرم))، طول ران (به ترتیب: ۲±۴۰/۰۹ و ۱/۹±۳۹/۷۵ سانتی‌متر) طول ساق (به ترتیب: ۲/۲±۴۱/۲ و ۱/۹±۴۰/۶ سانتی‌متر) و طول بازو (به ترتیب: ۱/۶±۳۷/۵ و ۱/۹±۳۶/۹ سانتی‌متر) وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). اما تفاوت بین بهترین عملکرد سرعتی شناگران گروه‌های S_1 و S_2 به ترتیب ۰/۳۷± ۱۵/۰۷ (دامنه: ۱۵/۷– ۱۴/۶ ثانیه) و ۰/۴۰± ۱۶/۳۱ (دامنه: ۱۷– ۱۵/۸ ثانیه) ثانیه، معنی‌دار بود ($P<۰/۰۰۱$).

شاخص‌های معماری عضلانی: ضخامت عضلانی در عضلات پهن خارجی، دوقلوی خارجی و سه‌سر بازویی به طور معنی‌داری در گروه S_1 بیشتر از گروه S_2 بود، اما تفاوت معنی‌داری از نظر ضخامت عضلانی عضلات دوسر بازویی و دوقلوی میانی بین دو گروه مشاهده نشد (جدول ۱). گروه S_1 دارای زاویه پنیت کوچک‌تری در تمامی عضلات پهن خارجی، دوقلوی میانی، دوقلوی خارجی و سه‌سر بازویی نسبت به گروه S_2 بود، که این تفاوت تنها برای عضله سه‌سر بازویی معنی‌دار بود (جدول ۱). به جز عضله دوقلوی میانی در تمامی عضلات پهن خارجی، دوقلوی خارجی و سه‌سر بازویی گروه S_1 به طور معنی‌دار دارای فاسیکل بلندتری نسبت به گروه S_2 بودند (جدول ۱). طول فاسیکل نسبی (نسبت به طول اندام) در عضلات پهن خارجی و سه‌سر بازویی در گروه S_1 به طور معنی‌داری بیشتر از گروه S_2 بود و علی‌رغم برتری گروه S_1 در عضلات دوقلوی میانی و خارجی، تفاوت بین دو گروه معنی‌دار نبود (جدول ۱). پس از بررسی داده‌های بدست آمده از تمامی شناگران مشاهده شد که در تمامی عضلات سه‌سر بازویی، پهن خارجی، دوقلوی میانی و دوقلوی خارجی ارتباط منفی، قوی و معنی‌داری بین زاویه پنیت و طول فاسیکل نسبی برقرار بود (به ترتیب: $r = -۰/۹۳$ ، $r = -۰/۸۸$، $r = -۰/۸۴$ و $r = -۰/۷۰$ ، همگی $P <۰/۰۰۱$). همچنین در تمامی عضلات ارتباط مثبتی بین ضخامت عضلانی و طول فاسیکل نسبی برقرار بود که این ارتباط برای عضلات

سه‌سربازویی، پهن خارجی و دوقلوی خارجی معنی‌دار (به ترتیب: $r = ۰/۵۳$، $r = ۰/۵۱$ ، هر دو $P <۰/۰۵$ و $r = -۰/۸۰$ ، $P <۰/۰۰۱$) و برای عضله دوقلوی میانی معنی‌دار نبود ($r = ۰/۳۳$ ، $P >۰/۰۵$).

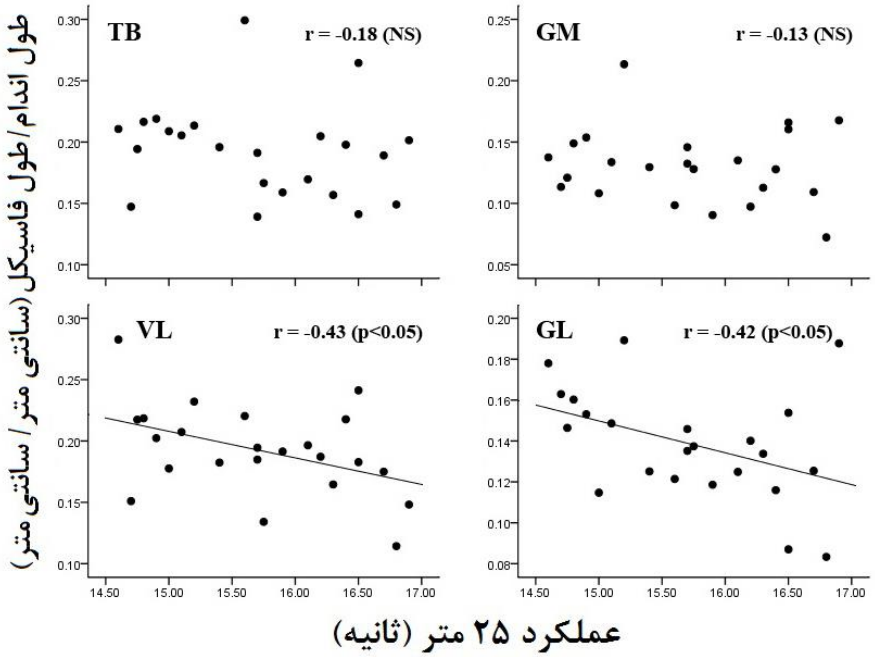
جدول ۱. پارامترهای معماری در عضلات پهن خارجی (VL)، دوقلوی میانی (GM)، دوقلوی خارجی (GL)، سه‌سر بازویی (TB) و دوسر بازویی (BB) در گروه‌های S_1 و S_2 .

متغیر		S_1		S_2	
		انحراف معیار ±	دامنه	انحراف معیار ±	دامنه
ضخامت عضلانی (cm)	* VL	۲/۲۵±۰/۱۲	۲/۰۱ –۲/۴۵	۲/۱۴±۰/۱۱	۱/۹۸ –۲/۳۱
	GM	۱/۸۸±۰/۱۹	۱/۵۲ –۲/۱۵	۱/۷۵±۰/۱۷	۱/۴۱ –۲/۰۲
	* GL	۱/۷۰±۰/۲۱	۱/۱۸ –۲/۰۳	۱/۵۱±۰/۲۰	۱/۰۸ –۲/۰۱
	* TB	۲/۲۴±۰/۱۵	۲/۰۴ –۲/۴۸	۲/۱۰±۰/۱۳	۱۹/۲ –۲/۴۱
	BB	۲/۰۸±۰/۲۱	۱/۷۹ –۲/۴۷	۲/۰۴±۰/۲۲	۱/۷۸ –۲/۵۲
زاویه پنیت (درجه)	VL	۱۶/۰±۲/۶	۱۲/۳ –۲۲/۳	۱۸/۳±۳/۷	۱۲/۵ –۲۵/۱
	GM	۲۰/۲±۳/۸	۱۵/۴ –۲۷/۳	۲۱/۳±۵/۱	۱۳/۳ –۲۹/۰
	GL	۱۶/۱±۱/۶	۱۳/۳ –۱۹/۷	۱۷/۲±۲/۱	۱۴/۱ –۲۱/۲
	* TB	۱۶/۹±۲/۳	۱۲/۶ –۲۱/۶	۱۹/۱±۲/۸	۱۳/۲ –۲۲/۸
طول فاسیکل مطلق (cm)	* VL	۸/۳۰±۱/۱	۶/۱۹ –۱۰/۷	۷/۰۴±۱/۲	۴/۹۱ –۹/۱۶
	GM	۵/۵۹±۱/۰	۴/۲۳ –۸/۱۱	۵/۰۴±۱/۱	۳/۱۸ –۶/۸۷
	* GL	۶/۱۳±۰/۷	۵/۱۳ –۷/۱۹	۵/۲۳±۱/۱	۳/۲۲ –۷/۶۹
	* TB	۷/۸۶±۱/۴	۵/۵۹ –۱۱/۴	۶/۵۵±۱/۱	۵/۰۸ –۸/۹۹
طول فاسیکل نسبی (طول اندام/طول فاسیکل) (cm/cm)	* VL	۰/۲۱±۰/۰۳	۰/۱۵ –۰/۲۸	۰/۱۸±۰/۰۳	۰/۱۱ –۰/۲۴
	GM	۰/۱۴±۰/۰۳	۰/۱۰ –۰/۲۱	۰/۱۲±۰/۰۳	۰/۰۷ –۰/۱۷
	GL	۰/۱۵±۰/۰۲	۰/۱۱ –۰/۱۹	۰/۱۳±۰/۰۳	۰/۰۸ –۰/۱۹
	* TB	۰/۲۱±۰/۰۳	۰/۱۵ –۰/۲۸	۰/۱۸±۰/۰۴	۰/۱۴ –۰/۲۶

* معنی دار در سطح ۰/۰۵.

ضخامت عضلانی در عضلات دوقلوی میانی و دوقلوی خارجی به طور معنی‌داری با عملکرد سرعتی شنای ۲۵ متر کرال سینه ارتباط منفی داشت ($r = -۰/۴۱$ و $r = -۰/۴۵$ ، هر دو $P <۰/۰۵$)، اما این ارتباط در مورد عضلات دوسر بازویی، سه‌سر بازویی و پهن خارجی معنی‌دار نبود (به ترتیب: $r = -۰/۰۱$، $r = -۰/۳۲$ و $r = -۰/۳۰$ ، همگی $P >۰/۰۵$). زاویه پنیت در عضله دوقلوی میانی به طور معنی‌داری با عملکرد سرعتی شنای ۲۵ متر کرال سینه ارتباط داشت ($r = ۰/۴۲$ ، $P <۰/۰۵$)، اما این ارتباط در مورد عضلات پهن خارجی، دوقلوی خارجی و سه‌سربازویی برقرار نبود (به ترتیب: $r = ۰/۳۸$ ، $r = ۰/۳۲$ و $r = ۰/۱۸$ ، همگی $P>۰/۰۵$). در عضلات پهن خارجی و دوقلوی خارجی ارتباط منفی معنی‌داری بین طول فاسیکل مطلق و عملکرد سرعتی شنای ۲۵ متر کرال سینه وجود داشت ($r = -۰/۴۹$ و $r = -۰/۴۷$ ، هر دو $P <۰/۰۵$)، اما این ارتباط در مورد عضلات سه سر بازویی و دوقلوی میانی برقرار نبود ($r = -۰/۲۳$ و $r = -۰/۱۹$ ، هر دو $P >۰/۰۵$). همچنین بین طول فاسیکل نسبی (نسبت به طول اندام) و عملکرد سرعتی شنای ۲۵ متر کرال سینه در

عضلات پهن خارجی و دوقلوی خارجی ارتباط منفی معنی‌داری برقرار بود که این ارتباط در مورد دیگر عضلات تحت بررسی برقرار نبود (شکل ۲).



شکل ۲. ارتباط بین عملکرد سرعتی شنای ۲۵ متر کرال سینه و طول فاسیکل نسبی عضلات سه‌سربازویی (بالا چپ)، پهن خارجی (پایین چپ)، دوقلوی میانی (بالا راست) و دوقلوی خارجی (پایین راست).

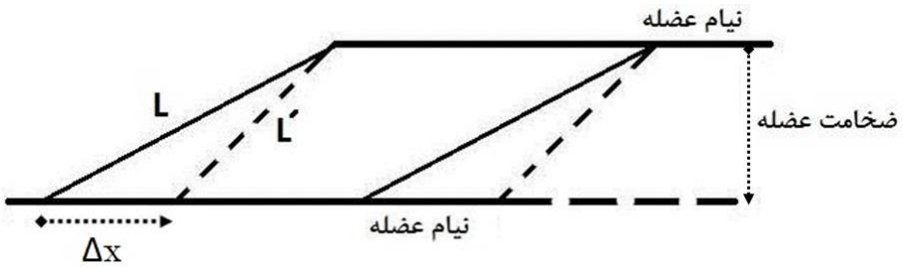
بحث

سرعت انقباض فیبر عضلانی با توجه به نوع تار عضلانی (فعالیت میوزین ATPase) و طول فیبر عضلانی (تعداد سارکومرهای قرار گرفته در یک ردیف) تعیین می‌شود (۹). بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که این عوامل را تعیین‌کننده عملکرد سرعتی و همین‌طور که در این مطالعه بررسی کردیم، عملکرد شنای کرال سینه سرعتی بدانیم. در گذشته، ارتباط بین ترکیب فیبر عضلانی (درصد تارهای تند انقباض) و عملکرد سرعتی شنا مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج نشان‌دهنده آن است که شناگران سرعتی دارای درصد بالایی از تارهای عضلانی نوع دوم هستند (۲۰ و ۲۱). با این حال درصد نوع تار عضلانی می‌تواند بین شناگران، حتی شناگران تمرین‌دیده، برای یک مسافت شنای ویژه بسیار متفاوت باشد (۱۹). از طرف دیگر، به نظر می‌رسد نوع تار عضلانی فاکتور مهمی در تعیین خصوصیات استقامتی عضله باشد، در حالی که معماری فاسیکل‌ها بیشتر خصوصیات طول- تنش و نیرو- سرعت عضله را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۷).

نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده آن است که شناگران نوجوان با عملکرد شنای کرال سینه سرعتی بهتر، در عضلات پهن خارجی، دوقلوی خارجی و سه‌سر بازویی به طور معنی‌دار دارای طول فاسیکل مطلق بلندتر و در عضلات پهن خارجی و دوقلوی خارجی به طور معنی‌دار دارای طول فاسیکل نسبی (نسبت به طول اندام)

بلندتری هستند. با اینکه تاکنون مطالعه‌ای به بررسی تأثیر این شاخص‌ها بر عملکرد شناگران نپرداخته است، مطالعات مشابه این زمینه نشان می‌دهد که طول فاسیکل (مطلق و نسبی) در عضلات حرکت‌دهنده اصلی در دوندگان سرعتی نخبه با عملکرد دوی سرعت بهتر به طور معنی‌داری بلندتر است (۹ و ۱۷). این نتایج نشان‌دهنده آن است که تفاوت در عملکرد سرعتی شنای سینه می‌تواند با تفاوت در طول فاسیکل عضلات درگیر در حرکت سازگار و هماهنگ باشد. همچنین در مطالعه حاضر بین عملکرد سرعتی شنای کرال سینه و طول فاسیکل (مطلق و نسبی) در عضلات پهن خارجی و دوقلوی خارجی ارتباط منفی معنی‌داری وجود داشت. اما علی‌رغم ارتباط منفی در عضلات دوقلوی میانی و سه‌سر بازویی با عملکرد سرعتی شنای کرال سینه، این ارتباط معنی‌دار نبود. در مطالعات انجام گرفته بر روی دوندگان سرعتی مرد (۹) و زن (۱۷) نیز ارتباط منفی معنی‌داری بین طول فاسیکل (مطلق و نسبی) در عضلات حرکت‌دهنده اصلی و بهترین عملکرد دوی سرعت مشاهده شده است.

برای نشان‌دادن تأثیر طول فاسیکل و ضخامت عضلانی بیشتر و زاویه پنیت کوچک‌تر بر سرعت انقباض عضلانی، کوماگای و همکارانش (۲۰۰۰) مدلی تئوریکی را ارائه کردند (شکل ۳). با انقباض فاسیکل، آن حول مبدا خود چرخش می‌کند و زاویه پنیت افزایش می‌یابد (۹)، در حالی که فاصله بین دو نیام عضله (ضخامت عضلانی) تغییری پیدا نمی‌کند (۴). ما نیز بر اساس مطالعه کوماگای و همکارانش (۲۰۰۰) و استفاده از اطلاعات جدول ۱، انقباض متوسط عضلانی معادل ۱۰ درصد طول فاسیکل برای عضله پنیت دوقلوی خارجی و در مدت زمان ۲۵۰ ms را در نظر گرفتیم. در این صورت برای S_2 انقباض فاسیکل cm ۰/۵۲ است که سیر تاندون برابر cm ۰/۵۵ را موجب می‌شود. در نتیجه سرعت انقباض عضله cm/s ۲/۱۹ است. اما با فاسیکل به طول cm ۶/۱۳ برای عضله دوقلوی خارجی گروه S_1 ، سیر تاندون برابر cm ۰/۶۴ و سرعت انقباض عضلانی cm/s ۲/۵۶ خواهد بود. در نتیجه عضله دوقلوی خارجی S_1 ، ۱۴/۳درصد سریع‌تر از S_2 منقبض می‌شود. این مقدار برای عضله دوقلوی خارجی گروه با عملکرد دوی سرعت بهتر در مطالعه کوماگای و همکاران (۲۰۰۰) برابر ۲۲ درصد انقباض سریع‌تر بود. این تفاوت به دلیل بیشتربودن ضخامت عضلانی و طول فاسیکل در گروه‌های تحت بررسی آن مطالعه نسبت به مطالعه حاضر به وجود آمده است. با درنظرگرفتن فرضیات بالا، این مقادیر برای عضلات پهن خارجی و سه‌سر بازویی ۱۴ درصد و ۱۵/۵ درصد انقباض سریع‌تر در S_1 نسبت به S_2 می‌باشد. در نتیجه واضح است که طول فاسیکل بلندتر در یک عضله پنیت، سرعت بیشتر انقباض آن‌را به دنبال خواهد داشت (۹).



شکل ۳. نمایش قیاسی سیر تاندون (Δx) عضله دوقلوی خارجی در اثر انقباض فاسیکل آن. مقادیر میانگین ضخامت عضلانی و طول فاسیکل برای گروه‌های S_1 و S_2 مورد استفاده قرار گرفته است. L نشاندهنده طول فاسیکل در حالت اولیه و L' طول فاسیکل پس از انقباض ۱۰درصد (۰/۶۱ سانتی متر برای گروه S_1 و ۰/۵۲ سانتی متر برای گروه S_2) می‌باشد. Δx برای S_1 ، ۰/۶۴ سانتی متر و برای S_2 ، ۰/۵۴ سانتی متر بوده است. در نهایت برای انقباضی با زمان ۲۵۰ ms سرعت انقباض عضلانی برای گروه‌های S_1 و S_2 به ترتیب ۲/۵۶ cm/s و ۲/۱۶ cm/s خواهد بود.

در حالت کلی دو توضیح برای توجیه اینکه طول فاسیکل بیشتر به عملکرد سرعتی بهتر منجر می‌شود وجود دارد. اولاً، همان‌طور که در بالا آن‌را بررسی کردیم، طول فاسیکل بلندتر موجب حداکثر سرعت بیشتر در انقباض عضلانی می‌شود. سرعت بیشتر منجر به توان بالاتر می‌شود که بهبود عملکرد سرعتی را به دنبال دارد. تام و همکارانش (۲۰۰۷)، برآورد کرده‌اند که کاهش طول فاسیکل در نتیجهٔ از دست دادن سارکومرهای قرار گرفته در یک ردیف، موجب حدود ۵۰ درصد از کاهش کلی در حداکثر سرعت انقباض عضلانی عضله دوقلوی میانی در افراد مسن در مقایسه با افراد جوان می‌شود. ثانیاً بر اساس رابطه هیل[1] (۱۶)، با افزایش سرعت انقباض عضله نیروی تولیدی آن کاهش می‌یابد. با این حال زمانی که تعداد سارکومرهای بیشتری در یک ردیف قرار گرفته باشند، برای یک انقباض با سرعت مشخص کل فیبر عضلانی، سرعت انقباض هر سارکومر در فیبر یا فاسیکل آهسته‌تر خواهد بود و بر اساس رابطه نیرو- سرعت، نیروی سارکومر مشابه افزایش سرعت انقباض فیبر، کاهش نخواهد یافت (۹). بنابراین در انقباضات با سرعت بالا، فاسیکل‌های بلندتر قادر به تولید نیروهای بیشتری هستند (۷). در نتیجه توان نیز بالاتر خواهد بود که به طور بالقوه عملکرد سرعتی را بهبود می‌بخشد.

شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد علاوه بر ورزشکاران رشته‌های سرعتی، ورزشکاران رشته‌های نیازمند بدن حجیم و قدرت بالا همچون کشتی گیران سومو و بدن‌سازان در مقایسه با گروه کنترل نیز دارای طول فاسیکل بلندی در عضلات خود هستند (۷). تفاوتی که در این میان وجود دارد این است که در ورزشکاران رشته‌های قدرتی برای افزایش طول فاسیکل همزمان با افزایش ضخامت عضلانی، زاویه پنیت نیز افزایش می‌یابد. در حالی که ورزشکاران رشته‌های سرعتی به طور معمول در عضلات موثر خود زاویه پنیت کوچکی

1. Hill

دارند. بنابراین باید انتظار داشت که افزایش زاویه پنیت با عملکرد سرعتی تداخل ایجاد کند که این مطلب در مورد زاویه پنیت عضله دوقلوی میانی و عملکرد شنای کرال سینه سرعتی (r = ۰/۴۲) در مطالعه حاضر برقرار است. از طرف دیگر اگر طول فاسیکل نسبی را شاخصی بدانیم که ارتباط مثبتی با عملکرد بهتر سرعتی دارد (۹ و۱۷)، همان‌طور که در این مطالعه در مورد عضلات پهن خارجی و دوقلوی خارجی برقرار بود، ارتباط قوی منفی بین زاویه پنیت و طول فاسیکل نسبی در تمامی عضلات تحت بررسی می‌تواند نشان‌دهنده تأثیرگذاری معکوس افزایش زاویه پنیت بر عملکرد سرعتی شنا باشد و به نوعی مطلب بالا را تصدیق می‌کند. از طرفی، مطالعات دیگر ارتباط مثبتی بین ضخامت عضلانی و طول فاسیکل نسبی در ورزشکاران رشته‌های قدرتی و سرعتی گزارش کرده‌اند (۹ و ۱۷) که در مطالعه حاضر نیز این رابطه در مورد تمامی عضلات تحت بررسی بجز عضله دوقلوی میانی برقرار بود. جدا از پیش‌زمینه‌های ژنتیکی، ارتباط بین طول فاسیکل و ضخامت عضلانی می‌تواند تأییدی بر این فرضیه باشد که افزایش طول فاسیکل در انسان ممکن است در سازگاری به انجام تمرینات رخ بدهد (۲۸). با این حال ما اطلاعی در مورد شیوه تمرینات آزمودنی‌های خود نداریم و از طرف دیگر نحوه و میزان تأثیرگذاری تمرینات ویژه رشته شنا بر ضخامت عضلانی و طول فاسیکل عضلانی تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است.

مطالعات گذشته (۲۵ و ۲۶) تفاوت در حداکثر نیروی تولیدی و حداکثر سرعت انقباض عضلات دوقلوی میانی و دوقلوی خارجی را اساساً به دلیل تفاوت در معماری عضلانی آن‌ها دانسته‌اند. با اینکه ترکیب فیبر عضلانی بین این دو عضله مشابه است (۲۷)، طول فاسیکل بیشتر در دوقلوی خارجی آن را به طور بالقوه برای انقباض با سرعت بیشتر مناسب می‌سازد. اما عضله دوقلوی میانی با طول فاسیکل کوتاه‌تر و زاویه پنیت بزرگ‌تر برای تولید نیروی بیشتر مناسب است. یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که عضله دوقلوی خارجی به طور معنی‌دار دارای ضخامت بیشتری در گروه با عملکرد شنای سرعتی بهتر (S_1) است، در حالی که این عامل برای عضله دوقلوی میانی بین دو گروه مشابه است. ضخامت بیشتر و زاویه پنیت کوچک‌تر عضله دوقلوی خارجی موجب فاسیکل بلندتر در گروه با عملکرد شنای سرعتی بهتر شده است، در حالی که طول فاسیکل عضله دوقلوی میانی بین دو گروه مشابه است. بنابراین نتایج مطالعه حاضر تفاوت در معماری عضلات دوقلوی میانی و دوقلوی خارجی را به نوعی تأیید کرده و تا اندازه‌ای تفاوت در تأثیرگذاری آن‌ها را بر عملکرد سرعتی شنای کرال سینه توصیف می‌کند. در مطالعه آبه و همکارانش (۲۰۰۱)، بین عملکرد دوی سرعت در زنان و طول فاسیکل (هم مطلق و هم نسبی) عضله دوقلوی خارجی ارتباط منفی و معنی‌داری وجود داشت، در حالی که این ارتباط برای عضله دوقلوی میانی برقرار نبود. در مطالعه حاضر نیز طول فاسیکل (مطلق و نسبی) در عضله دوقلوی خارجی ارتباط منفی معنی‌داری با عملکرد سرعتی شنای سینه داشت، در حالی که این ارتباط برای عضله دوقلوی میانی برقرار نبود. در نتیجه به نظر می‌رسد طول فاسیکل عضله دوقلوی خارجی فاکتور مهم‌تری در تعیین عملکرد سرعتی شنای کرال سینه شناگران نوجوان است.

با توجه به نقش تعیین‌کننده عملکرد دست در تولید نیروی محرکه برای پیش‌روی در شنای کرال سینه سرعتی (۲۲ و ۳۱) عضلات دوسر و سه‌سر بازویی از عضلات عمل‌کننده بر مفصل شانه در این مطالعه تحت بررسی قرار گرفت. بر این اساس ضخامت عضلانی در عضله دوسر بازویی بین گروه‌ها مشابه بود، اما گروه S_1 به طور معنی‌دار دارای ضخامت بیشتری در عضله سه‌سر بازویی بود. همچنین گروه با عملکرد شنای سرعتی بهتر به طور معنی‌دار دارای زاویه پنیت کوچک‌تر و طول فاسیکل مطلق و نسبی (نسبت به طول بازو) بلندتر در عضله سه‌سر بازویی بود. بنابراین به نظر می‌رسد شناگران نوجوان با عملکرد سرعتی بهتر از مزیت‌های طول فاسیکل بلندتر عضله سه‌سر بازویی در تولید توان بالاتر بهرمند می‌شوند. هاولی و همکارانش (۱۹۹۲) ارتباط قوی معنی‌داری بین توان متوسط عضلات عمل‌کننده روی مفصل شانه و عملکرد شنای کرال سینه سرعتی در گروهٔ از شناگران نوجوان تمرین دیده با میانگین سنی مشابه مطالعه حاضر را گزارش کرده‌اند ($r=۰/۶۳$ ، $P<۰/۰۱$). از طرف دیگر بیرر (۱۹۸۶) اهمیت عملکرد عضله سه‌سر بازویی در فاز تولید نیروی محرکه تمامی تکنیک‌های شنا از جمله کرال سینه را نشان داده است. در نتیجه انتظار می‌رود بین خصوصیات معماری عضله سه‌سر بازویی و عملکرد سرعتی شنای کرال سینه ارتباطی برقرار باشد. با این حال در مطالعه حاضر هیچ ارتباطی بین شاخص‌های معماری عضله سه‌سر بازویی از جمله طول فاسیکل مطلق و نسبی و عملکرد شنای کرال سینه سرعتی برقرار نبود. این مطلب می‌تواند در نتیجه عوامل متعدد تأثیرگذار بر عملکرد سرعتی شناگران نوجوان همچون پارامترهای تکنیکی (۲۳، ۲۴ و ۳۲)، شیوه تمرینی و پیش‌زمینه‌های شناگران (۱۸) به وجود آمده باشد که تحقیقات مشابه در این زمینه را ضروری می‌سازد.

نتیجه‌گیری

در نهایت، به نظر می‌رسد طول فاسیکل عضلانی در شنای کرال سینه سرعت یکی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد شناگران نوجوان است و طول فاسیکل عضلات پهن خارجی و دوقلوی خارجی با عملکرد بهتر در این زمینه مرتبط است. اما این ارتباط در مورد برخی عضلات دیگر به روشنی برقرار نیست که می‌تواند از طرفی ناشی از عوامل متعدد تأثیرگذار بر عملکرد شنای کرال سینه و از طرفی به دلیل خصوصیات ژنتیکی و در سازگاری تمرینات خاص ورزشکاران این رشته به وجود آمده باشد که انجام مطالعات تکمیلی در این زمینه را ضروری می‌سازد.

سپاس‌گزاری

این مطالعه بدون حمایت و همکاری جناب آقای سید عباس موسوی رئیس محترم هیئت شنای استان خراسان جنوبی و دکتر علی‌رضا احسان بخش رئیس محترم بخش رادیولوژی و سونوگرافی بیمارستان ولیعصر بیرجند به انجام نمی‌رسید، که از ایشان کمال تشکر و سپاس را داریم.

منابع

1. Lieber, R. L., Fridén, J (2001). Clinical significance of skeletal muscle architecture. Clin Orthop Relat Res. 38, 140–51.
2. Scott, S. J., Engstrom, C. M., Loeb, G. E (1993). Morphometry of human thigh muscles: determination of fascicle architecture by magnetic resonance imaging. J Anat. 182, 249-57.
3. Kawakami, Y., Abe, T., Fukunaga, T (1993). Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. J Appl Physiol. 74(6), 2740-4.
4. Narici, M. V., Hoppeler, H., Kayser, B., Landori, L., Claassen, H., Gavardi, C., Conti, M., Cerretelli, P (1996). Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 month strength training. Acta Physiol Scand. 157(2), 175-86.
5. Rutherford, O. M., Jones, D. A (1992). Measurement of fiber pennation using ultrasound in the human quadriceps in vivo. Eur J Appl Physiol. 65, 433-7.
6. Lieber, R. L (1992). Skeletal Muscle Structure and Function: Implications for Physical Therapy and Sports Medicine. 1st Ed. Williams & Wilkins publication, USA.
7. Blazevich, A. J (2006). Effects of Physical Training and Detraining, Immobilization, Growth and Aging on Human Fascicle Geometry. Sports Med. 36(11), 1003-1017.
8. Hamill, J., Knutzen, K. M (2009). Biomechanical Basis of Human Movement. 3rd Ed. Lippincott Williams & Wilkins publication, USA.
9. Kumagai, K., Abe, T., William, F., Ryushi, T., Takano, S., Mizuno, M (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. J Appl Physiol. 88(3), 811-6.
10. Abe, T., Kumagai, K., Brechue, W. F (1999). Muscle fascicle length is greater in sprinters than long-distance runners. Med Sci Sports Exerc. 32(6), 1125-9.
11. Barany, M (1967). ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. J Gen Physiol. 50, 197–218.
12. Spector, S. A., Gardiner, P. F., Zernicke, R. F., Roy, R. R., Edgerton, V. R (1980). Muscle architecture and the force-velocity characteristics of cat soleus and medial gastrocnemius: implications for motor control. J Neurophysiol. 44(5), 951–60.
13. Sacks, R. D., Roy, R. R (1982). Architecture of the hind limb of muscle of cats: functional significance. J Morphol. 173(2), 185–95.
14. Matta, T., Simao, R., de Salles, B. F., Spineti, J., Oliveira, L. F (2011). Strength training's chronic effects on muscle architecture parameters of different arm sites. J Strength Cond Res. 25(6), 1711-7.
15. Friederich, J. A., Brand, R. A (1990). Muscle fiber architecture in the human lower limb. J Biomech. 23(1), 91–5.
16. Hill, A. V (1970). First and Last Experiments in Muscle Mechanics. Cambridge Univ. Press, England.
17. Abe, T., Fukashiro, S., Harada, Y., Kawamoto, K (2001). Relationship between sprint performance and muscle fascicle length in female sprinters. J Physiol Anthropol Appl Human Sci. 20(2), 141-7.
18. Garrido, N., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Costa, A. M., Silva, A. J., Pérez-Turpin, J. A., Marques, M. C (2010). Relationships between dry land strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers. J Hum Sport Exerc. 5(2), 240-9.
19. Sortwell, A (2012). Strength and Power Training For 100m Front Crawl Swimmers. J Int Soc Swimming Coach. 2(1), 4-29.
20. Costill, D (1978). Adaptations in skeletal muscle during training for sprint and endurance training. Swimming Med. 4(6), 59-64.
21. Prins, J (1981). Muscles and their function. In Flavell ER (ed): Biokinetics Strength Training Albany, CA, Isokinetics, 72-7.
22. Deschodt, V. J., Arsac, L. M., Rouard, A. H (1999). Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 80(3), 192-9.

23. Jurimae, J., Haljaste, K., Cicchella, A. Latt, E., Purge, P., Leppik, A., Jurimae, T (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. Padiatr Exerc Sci. 19(1), 70-81.
24. Latt, E., Jurimae, J., Maestu, J., Purge, P., Ramson, R., Haljaste, K., Keskinen, K. L., Rodriguez, F. A., Jurimae, T (2010). “Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers”. J Sports Sci Med. 9; PP: 398-404.
25. Huijing, P. A (1985). Architecture of the human gastrocnemius muscle and some functional consequences. Acta Anat. (Basel). 12, 101–7.
26. Kawakami, Y., Ichinose, Y., Fukunaga, T (1998). Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. J Appl Physiol. 85(2), 398–404.
27. Johnson, M. A., Polgar, J., Weightman, D., Appleton, D (1973). Data on the distribution of fiber types in thirty-six human muscles: an autopsy study. J Neurol Sci. 18(1), 111–29.
28. Kearns, C. F., Brechue, W. F., Abe, T (1998). Training-induced changes in fascicle length: a brief review. Adv Exerc Sports Physiol. 4(3), 77–81.
29. Thom, J. M., Morse, C. I., Birch, K. M., Narici, M. V (2007). Influence of muscle architecture on the torque and power-velocity characteristics of young and elderly men. Eur J Appl Physiol. 100(5), 613-9.
30. Birrer, P (1986). The shoulder, EMG and the swimming stroke. J Swimming Res. 12, 20-3.
31. Sharp, R. L., Troup, J. P., Costill, D. L (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. Med Sci Sports Exerc. 14, 53–6.
32. Strzała, M., Tyka, A (2009). Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short distances in young swimmers. Med Sport. 13(2), 99-107.
33. Hawely, J. A., Williams, M. M., Vickovic, M. M., Handcock, P. J (1992). Muscle power predicts freestyle swimming performance. Br J Sports Med. 26(3), 151-5.
34. McLeod, I (2010). Swimming anatomy. Human Kinetics, USA.

Relationship between sprint performance of front-crawl swimming and muscle fascicle length in young swimmers

Nasirzade, A. R.*, Ehsanbakhsh, A. R.**, Ilbeygi, S.***, Arghavani, H.****, Aliakbari, M.*****

* Master Science in Physical Education and Sport Sciences, Birjand University
** Assistant Professor of Radiology, Birjand University of Medical Science.
*** Assistant Professor of Sport Biomechanic, Birjand University of Medical Science.
****Master Science in Physical Education and Sport Sciences, Esfahan University.
*****Bachelor Science, in Physical Education and Sport Sciences, Birjand University.

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationship between sprint performance of front-crawl swimming and muscle fascicle length in 23 male young swimmers. The sample was divided into two groups by 25-m sprint front-crawl swimming performance: 14.6-15.7 s (S_1, n=11) and 15.8-17 s (S_2, n=12). Muscle thickness and pennation angle and fascicle length of the Biceps Brachii (only muscle thickness) and Triceps Brachii and Vastus Lateralis and Gastrocnemius Medialis and Lateralis muscles were measured by B-mode ultrasonography. S_1 had a significantly greater Vastus Lateralis, Gastrocnemius Lateralis, and Triceps Brachii muscle thickness. Pennation angle only in Triceps Brachii was significantly smaller in S_1. S_1 in Vastus Lateralis, Gastrocnemius Lateralis, and Triceps Brachii muscles had significantly absolute longer fascicle length and in Vastus Lateralis and Triceps Brachii muscles, had relatively (relative to limb length) longer fascicle length. There was a significant relationship between sprint performance of front-crawl and absolute and relative fascicle length in Vastus Lateralis (absolute: r = -0.49, relative: r = -0.43) and Gastrocnemius Lateralis (absolute: r = -0.47, relative: r = -0.42). It is concluded that muscle fascicle length is one of the effective factors on the sprint front-crawl swimming in young swimmers.

Key words: Muscle architecture, fascicle length, ultrasonography, sprint swimming, front-crawl.