پژوهش در علوم ورزشی شماره۲۰، پائیز ۱۳۸۷، صص۷۸-۶۳

آثار تمرین ذهنی بر افزایش قدرت و تغییرات الکترومیوگرافی عضلات فلکسور آرنج

دکتر ارسلان دمیرچی [۱]، دکتر فرهاد رحمانی نیا [۲]، سید محی الدین بهاری [۳]

۱. استادیار دانشگاه گیلان
۲. دانشیار دانشگاه گیلان
۳. کارشناس ارشد تربیت بدنی دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۴/۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۷/۱/۲۷

چکیده

هدف از اجرای این تحقیق بررسی تاثیر تمرین ذهنی بر قدرت و تغییرات الکترومیوگرافی عضلات فلکسور مفصل آرنج بود. ۱۶ مرد سالم و غیرورزشکار با سن۱/۳۶±۲۲/۵سال، قد ۶/۶۲±۱۷۵/۱۸ سانتی متر، وزن ۷/۰۵±۶۸/۷۸ کیلوگرم و توانایی تصویرسازی حرکت ۳/۷۱±۲۰/۸۱ که سابقه آسیب در مفاصل آرنج، شانه، مچ دست و تاندون‌ها و عضلات فلکسور آرنج نداشتند، انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه مساوی تجربی و شاهد تقسیم شدند. گروه تجربی، انقباضات بیشینه ارادی فلکسورهای آرنج را پنج جلسه در هفته و به مدت چهار هفته تصویرسازی کردند. گروه شاهد در هیچ فعالیت جسمانی یا برنامه تمرین ذهنی شرکت نداشتند، اما در تمام اندازه‌گیری‌ها شرکت کردند. برنامه تمرین شامل تصویرسازی۵۰ انقباض بیشینه ارادی در ۲ نوبت ۲۵ تکراری بود. هنگام حداکثر انقباض ارادی MVC و انتگرال الکترومیوگرافی(IEMG) از گروه عضلات فلکسور آرنج در پیش آزمون و پس آزمون اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون t استودنت در سطح معنی‌داری $P \leq ۰/۰۵$ استفاده شد. نتایج افزایش قدرت معنی‌داری عضلات فلکسور آرنج در گروه تجربی ۳۰٪ و در گروه شاهد نزدیک به ۵ ٪ را نشان داد. انتگرال الکترومیوگرافی در گروه تجربی به طور معناداری در عضلات فلکسور آرنج افزایش و در عضلات اکستنسور آرنج کاهش یافت. نتایج نشان دادند که تمرین ذهنی می‌تواند قدرت عضلات فلکسور آرنج را افزایش دهد، که به نظر می رسد تغییرات ایجاد شده به برنامه‌ریزی مرکزی سیستم عصبی نسبت داده می‌شود که موجب افزایش سطح فعالسازی عضلات موافق شده است.

کلید واژه‌های فارسی: تمرین ذهنی، قدرت، الکترومیوگرافی، حداکثر انقباض ارادی.

مقدمه

افزایش در نیروی ارادی عضلات به دلیل سازگاری عصبی[1] و هایپروتروفی[2] عضلات است و افزایش قدرت در مراحل اولیه برنامه تمرین عمدتاً ناشی از تغییرات در سیستم عصبی است (۱و۲). در واقع، تمرین بدنی موجب سازگاری در مغز و نخاع می‌شود که بر اثر این سازگاری توانایی فرد برای فراخوانی واحدهای حرکتی افزایش می‌یابد. که این امر موجب تسهیل انقباض و افزایش توانایی عضله برای تولید نیرو می‌شود (۲و۳). بعلاوه، تحقیقات نشان دادند که تمرین عضلات یک عضو با افزایش قدرت عضلات قرینه بدون فعالیت همراه شده است (۴). هنگامی که عضلات بازو یک طرف بدن تحت تمرین مقاومتی قرار گرفتند، بخشی از تأثیر تمرین به عضلات بازو طرف دیگر منتقل شد. در این مورد افزایش قدرت در بازو تمرین کرده مربوط به هایپروتروفی عضله و افزایش فعالیت واحدهای حرکتی می‌شود؛ اما در بازو بدون تمرین ناشی از سازگاری عصبی است (۵). پدیده افزایش قدرت در عضله بدون تمرین این ذهنیت را ایجاد کرد که قدرت عضله ممکن است بدون فعال‌سازی مکرر عضله یا نرون‌های حرکتی افزایش یابد (۴)، این موضوع با توجه به ارتباط کلینیکی و جهت دار علمی به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار نگرفت. افزایش اولیه قدرت ممکن است در نتیجه تغییرات در برنامه حرکتی حداکثر انقباض ارادی[3] عضله در سیستم عصبی مرکزی باشد؛ بنابراین ممکن است تغییراتی در برنامه حرکتی برای حداکثر انقباض ارادی به واسطه تمرین ذهنی ایجاد شود(۶).

از طرف دیگر، تحقیق روی یادگیری مهارت نشان داد که تمرین ذهنی موجب اجرای بهتر می‌شود. دانشمندانی که در زمینه یادگیری حرکتی تحقیق می‌کنند تا چند سال پیش در مورد اینکه تمرین ذهنی به یادگیری منجر می‌شود شک و تردید داشتند. در آن زمان، برداشتی که از تمرین و یادگیری وجود داشت باعث شده بود که تمرین بدنی ضرورت جدایی‌ناپذیر یادگیری محسوب شود و درک اینکه چگونه ممکن است یادگیری بدون انجام حرکت و تمرین فعال صورت گیرد بسیار دشوار به نظر می‌رسید. بااین حال، در

1. Neural adaptation
2. Hypertrophy
3. Maximal voluntary contraction

تحقیقات گوناگون شواهد قانع کننده‌ای به دست آمد که نشان دادند فرایندهای تمرین ذهنی واقعاً باعث یادگیری حرکتی می‌شوند. بنابراین فاکتورهای عصبی که پارامترهای عضله (دامنه[1]–زمانبدی[2]) را کنترل می کنند می‌توانند به واسطه تمرین ذهنی بهبود یابند. این تفسیر با شواهد پژوهشی که در طول یادگیری حرکت، فعالیت‌های عصبی در نواحی مختلف مغز، براساس سطح دستیابی به مهارت حرکتی تغییر می کنند، حمایت شد (۷و۸). بنابراین این امر ممکن است که تصویرسازی مکرر انقباضات، برنامه تولید نیروی حداکثر در یک مفصل را تغییر دهد. این تغییرات در برنامه‌ریزی سیستم عصبی مرکزی ممکن است موجب افزایش فعال‌سازی نرون‌های حرکتی شود یا سطوح نسبی فعال‌سازی عضلات موافق و مخالف در یک مفصل را تغییر دهد (۶). در نهایت، با توجه به افزایش قدرت در مراحل اولیه تمرین به دلیل سازگاری‌های عصبی، پدیده افزایش قدرت عضلات عضو قرینه و بهبود اجرای مهارت حرکتی با تمرین ذهنی این سؤال مطرح می‌شود که آیا تصویرسازی حداکثر انقباض ارادی عضله می تواند موجب افزایش قدرت در گروه عضلات پروگزیمال[3] از قبیل عضلات فلکسور آرنج[4] شود؟

هدف برنامه‌های درمانی پیشرفته برای بیماری‌های نورولوژیک و ارتوپدی افزایش قدرت عضلات یا گروه‌های عضلانی خاص می‌باشد. تکنیک‌هایی که توسط فیزیوتراپ‌ها برای بهبود قدرت استفاده می‌شود شامل تمرینات مقاومتی با وزنه، باندهای الاستیک و ماشین‌های ایزوکنتیک و ایزوتونیک و همچنین تحریک الکتریکی عصبی عضلانی می‌باشد. در بیشتر این تکنیک‌ها بیمار برای تمرین نیاز به انقباض عضلات دارد و از آنجایی که در برخی از آسیب‌های ارتوپدی و نورولوژیک، انقباض عضله موجب درد می شود و حتی ایجاد انقباض ممکن نیست، تحقیقات نورولوژیکی پیشنهاد می کنند با استفاده از تمرین ذهنی بهبود قدرت بدون نیاز به انقباض در عضله ممکن است (۹). یو[5] در تحقیقی با هدف افزایش قدرت عضله ابداکتور انگشت کوچک، نشان داد که تمرین ذهنی موجب افزایش قدرت به میزان ۲۲٪ شده است. اما تاثیر تمرین ذهنی بر قدرت

1. Amplitude
2. Timing
3. Proximal
4. Elbow flexor muscles
5. Yue

عضلات پروگزیمال که در فعالیت‌های روزانه بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، هنوز مشخص نشده است (۶). در سال ۱۹۹۸ هربرت[1] در تحقیقی تفاوت معنی‌داری بین تغییرات قدرت عضلات فلکسور آرنج بین گروه کنترل و تمرین ذهنی نیافت (۱۰) و رانجانا تاننیز در سال ۲۰۰۴ به نتایج مشابهی دست یافت (۴). به نظر می رسد که در این تحقیقات به دو عامل تصویرسازی داخلی و توانائی تصویرسازی که در موفقیت تمرین ذهنی نقش مهمی را ایفا می‌کنند، توجه نشده است. تحقیقات نشان دادند که کارایی استفاده از تصویرسازی به عنوان شکلی از تمرین ذهنی به توانایی تصویرسازی شخص بستگی دارد. برخی افراد به سختی یک عمل را تصویرسازی می‌کنند در حالی که برخی با وضوح و کنترل بالا این امر را انجام می‌دهند، بنابرین منطقی نیست از یک فرد با توانایی تصویرسازی ضعیف در گروه تمرین ذهنی انتظار داشته باشیم که نسبت به شرکت‌کنندگان گروه کنترل برتری داشته باشد (۱۱و۱۲). بنابراین تحقیق حاضر با در نظر گرفتن توانائی تصویرسازی آزمودنی ها و استفاده از تصویر سازی داخلی به بررسی تاثیر تمرین ذهنی بر قدرت و تغییرات الکترومیوگرافی عضلات فلکسور مفصل آرنج پرداخته است.

روش شناسی تحقیق

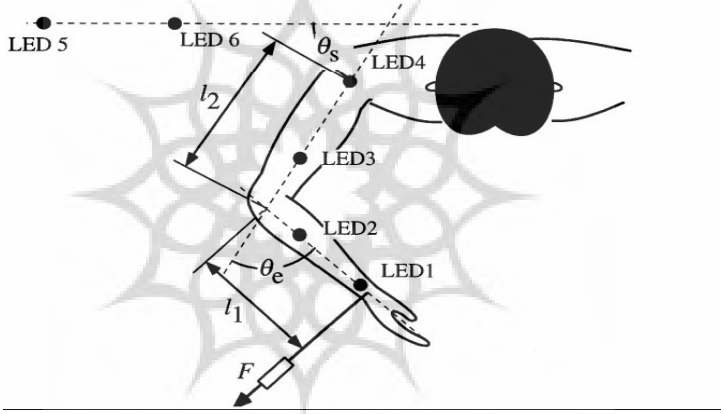
آزمودنی‌ها را ۱۶ دانشجوی پسر سالم تمرین نکرده، راست دست با سن ۱/۳۶±۲۲/۵ سال، قد ۶/۶۲±۱۷۵/۱۸ سانتی‌متر، وزن ۷/۰۵±۶۸/۷۸ کیلوگرم و توانایی تصیرسازی حرکت ۳/۷۱±۲۰/۸۱ تشکیل دادند. قبل از اجرای تحقیق پرسشنامه اطلاعات پزشکی ورزشی و پرسشنامه توانایی تصویرسازی حرکت و فرم رضایت‌نامه را آزمودنی‌ها تکمیل کردند. آنها هیچگونه تمرین مقاومتی منظم یا هر نوع فعالیت وزشی منظم در طول دو سال گذشته و همچنین سابقه درد و ناراحتی یا عمل جراحی در عضلات اندام فوقانی نداشتند که به صورت هدف‌دار انتخاب و پس از آن با روش گزینش تصادفی ساده به دو گروه تمرین ذهنی (۸ نفر) و شاهد (۸ نفر) تقسیم شدند و اندازه‌گیری‌ها در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون، پس از چهار هفته تمرین تکرار شدند (۴و۶).

1. Herbert

آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت ۴ هفته، (۶) هر هفته ۵ جلسه و در هر جلسه۵۰ انقباض در فلکسورهای آرنج را به صورت ذهنی اجرا کردند. آزمودنی‌های گروه شاهد در این مدت هیچ فعالیت بدنی نداشتند، اما در تمام اندازه‌گیری‌ها شرکت کردند. همچنین از همه آزمودنی ها خواسته شد که هر گونه تغییر در سبک زندگی و فعالیت های روزانه خود را سریعاً به اطلاع محقق برسانند (۴). در جلسه های تمرین هر آزمودنی بر روی صندلی می‌نشست و دست‌هایش را بدون هیچ تنشی در کنار بدنش رها می‌کرد. از آزمودنی خواسته شد که چشم‌هایش را ببندد و نفس عمیق بکشد و تمام اعضای بدنش را به مدت ۲ دقیقه شل نگه دارد. سپس با فرمان انقباض توسط تمرین دهنده، آزمودنی به مدت ۵ ثانیه انقباض حداکثری را که در پیش آزمون برای سنجش قدرت فلکسورهای آرنج اعمال کرده بود، به صورت ذهنی در قالب تصویرسازی داخلی ایجاد کرد. بعد از ۵ ثانیه انقباض با فرمان استراحت، آزمودنی ۵ ثانیه استراحت کرد. ۲۵ بار این انقباض ذهنی به صورت متناوب تکرار شد، بعد از آن آزمودنی ۲ دقیقه استراحت کرد و سپس ۲۵ انقباض دیگر به صورت ذهنی انجام داد. عضلات بازوی آزمودنی در طول تمرین بدون تنش و انقباض ارادی آشکار بود، این امر در طول مدت تمرین ذهنی توسط محقق کنترل گردید. .همچنین در دوره تمرین ذهنی به صورت تصادفی هر هفته ۳ بار ضربان قلب یکی از آزمودنی‌ها در حین استراحت و انجام تمرین ذهنی با استفاده از پالس متر دیجیتالی اندازه‌گیری و ثبت شد (۴).

اندازه‌گیری MVC دست راست هر آزمودنی در گروه شاهد و تجربی سه بار با فاصله استراحت ۲ دقیقه‌ای بین آنها تکرار شد و بیشترین مقدار به دست آمده برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفت (۴) و نیروی فلکشن آرنج با استفاده از یک Load cell قرار داه شده بین اهرم و صفحه ثابت، اندازه‌گیری شده که به وسیله کابل به یکدیگر متصل شدند، سیگنال نیرو از Load cell به یک تقویت‌کننده DC (جکسون مدل ۳۲۵۲۸، ساخت کارخانه Lafayette آمریکا) منتقل شد و به وسیله اسکلوسکوپ دستگاه مورد نظر نمایش داده شد و برای این منظور آزمودنی روی صندلی دستگاه نشسته و به منظور استفاده نکردن از عضلات دیگر بدن، تنه آزمودنی با تسمه کاملاً بسته و محکم شد، مفصل شانه در وضعیت ابداکشن ۹۰ درجه به گونه‌ای که بازو در راستای

شانه قرار بگیرد و همچنین زاویه مفصل آرنج نیز در زاویه ۹۰ درجه (شکل۱) با استفاده از گونیامتر مدل SG110 ساخت شرکت Biometrics انگلستان اندازه‌گیری و ثابت شد (۱۳). برای اندازه‌گیری از آزمودنی خواسته که در دو ثانیه به تدریج نیرو بیشینه خود را اعمال کند و پس از رسیدن به حداکثر نیرو آن را به مدت ۳ ثانیه حفظ کند. البته آزمودنی‌ها برای اعمال نیروی بیشتر در حین انجام آزمون به صورت کلامی تشویق می‌شدند و برای افزایش انگیزش آزمودنی‌ها، به آزمودنی‌ها گفته شد که به فردی که بالاترین نیرو را ثبت کند یک جایزه تعلق می‌گیرد(۴).



شکل۱. زاویه مفصل آرنج و شانه(در این حالت آزمودنی در وضعیتی قرار گرفت که برای اعمال نیرو فقط می‌تواند از عضلات فلکسور آرنج استفاده نماید).

برای ثبت EMG از الکترودهای دوقطبی (دو الکترود ثابت کننده سیگنال و یک الکترود زمین) با استفاده از دستگاه MUSCLE Tester هشت کاناله ME3000p8 ساخت شرکت Mega Electroni فنلاند استفاده شد. برای کاهش امپدانس الکتریکی در محل اتصال لیدها، ابتدا موهای زائد پوست از بین برده شدند، سپس پوست با کاغذ سمباده ریز با فشار نرم و کنترل شده سائیده شده آنگاه با استفاده از یک پنبه آغشته به الکل تمیز شد. معیار رسیدن به سطح مطلوب امپدانس پوست، (مقاومت کم) این بود که رنگ پوست به حالت قرمز روشن در آید. سپس از ژل مرطوب Ag نوع Medicotest blue sensor استفاده شد. فاصله

بین الکترودها دو سانتی‌متر بود و مکان الکترودها طبق دستورالعمل شماتیک برنامه Megawin ver.2 با یک ماژیک ماندگاری روی بخش میانی شکم عضله دو سر بازو، عضله بازوئی زند اعلی، عضله سه سر بازو مشخص شد، سپس الکترودها به نقاط(شکل۲)، مورد نظر متصل شدند(۴و۱۴). برای کاهش نویز، سایر دستگاه‌های برقی از دستگاه اندازه‌گیری دور نگه داشته شدند و دمای اتاق نیز تا حد امکان ثابت ماند (۲۵ درجه سانتی‌گراد). EMG هنگام اجرای آزمون MVC و برای اندره‌گیری EMG از آلام صوتی دستگاه EMG برای شروع و خاتمه انقباض استفاده شد. سیگنال EMG دریافت شده از الکترودها با یک پیش تقویت‌کننده (Mega Electronic, Megawin، فنلاند) با محدوده فرکانس ۸HZ(high pass) تا ۵۰۰ HZ(Low pass) تقویت شد. سپس به وسیله یک مبدل آنالوگ یا دیجیتال (A/D) ۱۲ بیت هشت کاناله با حساسیت ۳ میکروولت وResolution ۲/۹۵ میکروولت نوع ۱۱۰db ساخت همان کارخانه نمونه‌برداری و با کابل نوری به کامپیوتر منتقل شد.

شکل۲. محل نصب الکترودها بر بخش میانی شکم عضله دو سر بازو، عضله بازوئی زند اعلی، عضله سه سر بازو

برای پردازش سیگنال و محاسبه IEMG از نرم‌افزار Megawin ver.z طراحی شده توسط شرکت Mega Electronic استفاده شد. IEMG در بازه زمانی ۳ ثانیه به کمک Markerهای نرم‌افزار مربوطه اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون t برای مقایسه متغیرهای مورد مطالعه در دو گروه تجربی و شاهد استفاده شد و ضربان قلب در حالت استراحت و تمرین ذهنی نیز با استفاده از t وابسته با همدیگر مقایسه شد سطح معناداری برای تجزیه و تحلیل‌ها۰/۰۵ ≥ P در نظر گرفته شده بود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار spss (ver۱۱/۵) استفاده شد (۱۵).

نتایج

داده‌هایMVC عضلات فلکسور آرنج، میانگین IEMG عضلات فلکسور آرنج و عضله سه سر بازو در پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو گروه تجربی و کنترل در جدول ۱و۲ نشان داده شده‌اند، تفاوتها نسبت به پیش‌آزمون مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پس از تمرین در آزمودنی‌های گروه تجربی، افزایش معناداری MVC در عضلات فلکسور آرنج به میزان ۳۰ درصد و گروه شاهد به میزان ۵/۵ درصد مشاهده شد، که تغییرات قدرت در گروه تجربی تفاوت معنی‌داری با تغییرات مشاهده شده در گروه شاهد داشت ($P \leq ۰/۰۵$)

جدول۱. نتایج به دست آمده در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه تجربی

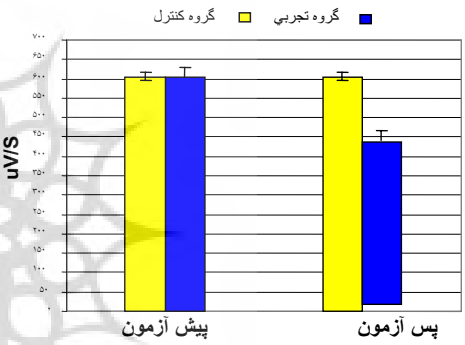
متغیر ها	پیش آزمون	پس آزمون
قدرت(MVC)	۹/۱۷۳±۱/۹۶	۱۱/۹۶۱±۱/۴۵۳
میانگین IEMGعضله سه سربازوئی(uv/s)	۶۰۶±۱۰/۹۹	۵۰۷/۸۸±۳۲/۱۲
میانگینIEMG عضلات فلکسورآرنج(uv/s)	۶۰۳/۳۷±۱۰/۸۸	۷۶۲±۲۳/۱۲

جدول۲. نتایج به دست آمده در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه کنترل

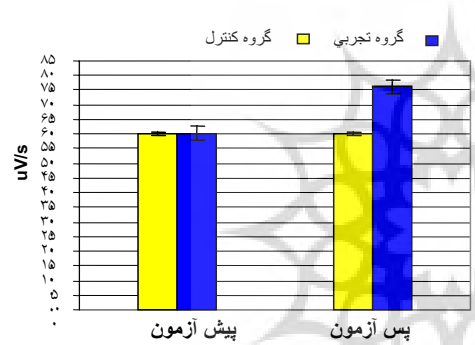
متغیر ها	پیش آزمون	پس آزمون
قدرت(MVC)	۱۰/۲۵۶±۱/۴۵	۱۰/۷۸۵±۱/۶۳۵
میانگین IEMGعضله سه سربازوئی(uv/s)	۶۰۶±۱۰/۶۱	۶۰۵±۱۰/۶۲
میانگینIEMG عضلات فلکسورآرنج(uv/s)	۶۰۱/۸۷±۵/۵۵	۶۰۳±۵/۲۸

نمودار ۱ و ۲ به ترتیب تغییرات در میانگین IEMG عضلات فلکسور آرنج و IEMG عضله سه سر بازو و در دو گروه تجربی و کنترل نشان می‌دهد. در نمودار ۱ ملاحظه می‌شود که بین میانگین IEMG عضلات فلکسور آرنج دو گروه در پیش‌آزمون تفاوت معناداری وجود ندارد. اما پس از تمرین، تفاوت معناداری بین این دو گروه در این فاکتور وجود دارد($P \leq ۰/۰۵$) تمرین ذهنی موجب افزایش معنی‌دار IEMG بعد از دوره تمرین شده است($P \leq ۰/۰۵$) اما تغییرات IEMG در گروه شاهد در طول دوره

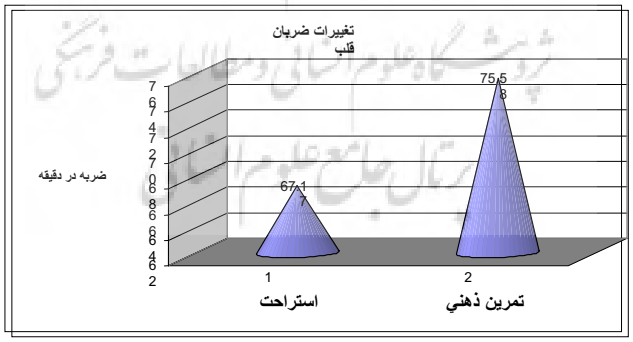
پروتکل افزایش اندکی می‌یابد که معنادار نیست. همان‌طور که در نمودار ۲ ملاحظه می‌شود بین میانگین IEMG عضله سه سر بازو در پیش‌آزمون بین گروه شاهد و تجربی تفاوت معناداری وجود ندارد اما پس از تمرین تفاوت معناداری بین آنها مشاهده می‌شود. ($P \leq ۰/۰۵$) که IEMG در گروه تجربی به طور معناداری کاهش یافت اما در تغییرات گروه شاهد معنادار نیست ($P \leq ۰/۰۵$). همچنین بر اساس نمودار ۳ ضربان قلب در گروه تجربی هنگام تمرین ذهنی نسبت به زمان استراحت به طور معناداری افزایش یافت.($P \leq ۰/۰۵$)



نمودار۱. میانگین تغییرات IEMG عضلات فلکسور آرنج گروه کنترل و تجربی



نمودار۲. میانگین تغییرات IEMG عضله سه سر بازو گروه کنترل و تجربی



نمودار۳. تغییرات ضربان قلب زمان استراحت و تمرین ذهنی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج کلیدی تحقیق حاضر این بود که تمرین ذهنی قدرت ارادی عضلات فلکسور آرنج و سطوح فعال‌سازی این عضلات را افزایش می‌دهد. مکانیزم اولیه افزایش قدرت به واسطه تمرین ذهنی احتمالاً به دلیل تغییرات ایجاد شده در فرمان مرکزی سیستم عصبی برای عضله است (۶). تحقیقات پیشنهاد می‌کنند. که با تلاش‌های ذهنی مکرر برای فعّال سازی بیشینه عضله، مغز برای تولید سیگنال‌های قوی‌تر فعال شده، در نتیجه ممکن است یک فرمان قوی‌تر در سیستم عصبی مرکزی واحدهای حرکتی غیر فعال را به خدمت بگیرد یا واحدهای حرکتی فعال را با شدت بالاتری شلیک کند که در نتیجه موجب تولید نیروی بیشتری می‌شود (۴و۶). معمولاً با فعال شدن یک عضله واحدهای حرکتی با یک روش نا همزمان تصادفی برانگیخته می‌گردند و این موضوع به سادگی به این معناست که اعمال واحدهای حرکتی متفاوت در یک عضله مستقل از یکدیگرند، افزایش قدرت ممکن ناشی از فراخوانی همزمان واحدهای حرکتی بیشتر برای یک عمل معین باشد که موجب تسهیل انقباض و افزایش قدرت عضله برای تولید نیرو می‌شود. همچنین افزایش میزان تحریک نرون‌های حرکتی توسط سیستم عصبی مرکزی، موجب تواتر تحریک بیشتر در واحد حرکتی می‌شود. و تغییر در تواتر تحریکی باعث تغییرات در نیروی تولیدی واحد حرکتی می‌شود. به عبارت دیگر افزایش در تواتر باعث تولید بیشتر نیرو می‌شود (۷و۱۶و۱۷). اگر الکترومیوگرافی یک عضله موافق، هنگام انقباض بیشینه ارادی، قبل و بعد از برنامه تمرینی ثبت شود، افزایش در مقدار (EMG) الکترومیوگرافی با توجه به شاخص انتگرال الکترومیوگرافی نشان خواهد داد که واحدهای حرکتی بیشتری به کار گرفته شده‌انده یا واحدهای حرکتی با تواتر بیشتری تحریک شده یا ترکیبی از هر دو اتفاق افتاده است (۷). بنابراین به نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر افزایش IEMG یا سطح فعّال‌سازی عضلات دوسربازو و بازوئی زند اعلی به دنبال تمرین ذهنی انقباضات بیشینه ارادی به دلیل افزایش هماهنگی در به کارگیری و فرکانس آتش باری واحدهای حرکتی باشد.

سازگاری عصبی دیگر ناشی از تمرین ممکن اثر یادگیری باشد. هنگام اجرای یک تمرین، کار جدید است و هماهنگی بین گروه‌های عضلانی مربوط یعنی حرکت دهنده

اولیه، ثابت کننده‌ها و مخالف ممکن است پائین‌تر از حد مطلوب باشد. اما هنگامی که هماهنگی دستگاه عصبی عضلانی به تدریج با اجرای تمرین ورزیده شد هماهنگی عضلات توسعه می‌یابد و اجرا تسهیل می‌گردد (۱۷و۷). اثر یادگیری بر توسعه قدرت توسط رادفورد و جونز بررسی شد. این محققان گزارش دادند که ۱۲ هفته تمرین با وزنه موجب افزایش ۱۵۰ تا ۲۰۰ درصد در میزان وزنه برداشته شده طی فعالیت تمرینی باز شدن ساق پا شده است. دلیل افزایش قدرت به طور عمده بواسطه هماهنگی بیشتر همه گروه‌های عضلانی درگیر در حرکت است. بهبود هماهنگی در یک مفصل یک مکانیزم بالقوه افزایش قدرت در مراحل اولیه تمرین قدرتی است. بنابراین سازگاری عصبی ایجاد شده به واسطه تمرین ممکن است ناشی از بهبود هماهنگی عضلات مفصل آرنج از قبیل کاهش در فعالیت عضلات مخالف هنگام اجرای MVC عضلات موافق باشد (۱۸و۱۷). در تحقیق حاضر داده‌های IEMG عضله سه سر بازو به طور معناداری تغییر کرد (نمودار۲) و بنابراین کاهش فعالیت عضله سه سر بازو می‌تواند نقش مهمی در افزایش قدرت داشته باشد. اما نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق آقای رانجاناتان در رابطه با سطح فعال سازی عضله سه سربازو، مغایر است. در تحقیق رانجاناتان داده‌های IEMG عضله سه سر بازو بعد از تمرین تغییر معنی‌داری نکرد. به نظر می‌رسد که در تحقیق رانجاناتان تکلیف به قدری برای اجرا ساده بود که آزمودنی‌ها به درستی تکلیف را اجرا می‌کردند (۴). اما در تحقیق حاضر تکلیف یا آزمون اندازه‌گیری قدرت عضلات فلکسور آرنج در وضعیت متفاوتی اجرا شد (۱۳). (۹۰ درجه فلکشن مفصل آرنج، ۹۰ درجه ابداکشن در مفصل بازو) احتمالاً این حرکت، به دلیل اینکه فقط عضلات فلکسور آرنج درگیر هستند، نیاز به هماهنگی بیشتر عضلات موافق و مخالف داشته باشد. در نتیجه فعالیت عضله مخالف کاهش یافته است.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق هربرت در سال ۱۹۹۸ و رانجاناتان در سال ۲۰۰۴ همخوانی ندارد. در تحقیق حاضر تغییرات قدرت در گروه تجربی در مقایسه با دو تحقیق قبلی بیشتر بوده است. تغییرات قدرت دو گروه در تحقیق حاضر باهم اختلاف معنی‌داری دارند. در تحقیق هربرت ۱/۸ ٪ افزایش قدرت در گروه تمرین ذهنی و ۱/۵ ٪ در گروه کنترل مشاهده شد و در تحقیق رانجاناتان افزایش قدرت عضلات فلکسور آرنج در گروه

تمرین ذهنی ۱۳/۵ ٪ و در گروه کنترل ۴/۸ ٪ بود. اما در تحقیق حاضر افزایش قدرت عضلات فلکسور آرنج در گروه تمرین ذهنی نزدیک به ۳۰ ٪ و برای گروه کنترل ۵/۱۵٪ بوده است. در واقع، تمرین ذهنی در تحقیق سال ۲۰۰۴ نسبت به سال ۱۹۹۸ و در تحقیق حاضر نسبت به دو تحقیق قبلی موجب افزایش بیشتر قدرت فلکسورهای آرنج شده است. در تحقیق هربرت به نظر می‌رسد. تصویرسازی ذهنی که برای تمرین آزمودنی‌های استفاده شده است. از نوع تصویرسازی خارجی بوده است (۴). نتایج تحقیقات نشان دادند که تصویرسازی داخلی با افزایش پاسخ‌های فیزیولوژیکی مانند افزایش ضربان قلب و فشار خون همراه است که نسبت به تصویرسازی خارجی کارایی و تاثیر بیشتری بر عملکرد دارد (۱۹) در همین رابطه رانجاناتان[1] و همکاران در سال ۲۰۰۲ نشان دادند که تمرین تصویرسازی خارجی همانند تصویرسازی داخلی در افزایش نیرو موثر نیست (۲۰). که در تحقیق حاضر با اندازه گیری ضربان قلب، این عامل کنترل شد. بنابراین رانجاناتان در سال ۲۰۰۴ در تحقیق خود از تصویرسازی داخلی(جنبشی) استفاده کرد که به نظر می‌رسد این عامل موجب افزایش بیشتر قدرت نسبت به تحقیق قبلی شده است. عامل قویتر دیگری که کارایی تصویرسازی را تحت تاثیر قرار می‌دهد توانایی شخص در استفاده از تصویرسازی است. محققان نشان دادند که تصویرسازی زمانی موثرتر خواهد بود که افراد توانایی تصویرسازی بالاتری داشته باشند. بنابراین از آزمودنی که دارای توانایی تصویرسازی ضعیفی است، منطقی نیست که انتظار داشته باشیم که نسبت به آزمودنی‌های گروه کنترل دارای برتری باشند. مورگان در سال ۱۹۹۳ بیان کرد که توانایی تصویرسازی بر کارایی تصویرسازی تاثیر معنی‌داری دارد و فردی که نمی‌تواند به روشنی اجرای یک مهارت حرکتی را تصور کند، غیرممکن است که از فواید بسیار تمرین ذهنی سود ببرد (۱۲و۱۱و۲۱).بر اساس نتایج تحقیقات ذکر شده در تحقیق حاضر علاوه بر استفاده از تصویرسازی داخلی، توانایی تصویرسازی حرکت آزمودنی‌ها توسط پرسشنامه اصلاح شده هال اندازه‌گیری شد و آزمودنی‌های که دارای توانایی تصویرسازی متوسط به بالا بودند،(افرادی که دارای نمره توانایی تصویرسازی۱۶

1. Ranganathan

به بالا بودند) انتخاب گردیدند. بنابراین می توان افزایش معنی دار قدرت عضلات فلکسور را در مقایسه با تحقیقات قبلی را به کنترل این عامل بسیار مهم نسبت داد. همچنین قدرت آزمودنی‌های گروه کنترل تقریباً ۵/۱۵٪ افزایش یافت که احتمالاً این افزایش قدرت به دلیل آشنایی آزمودنی‌ها با دستورالعمل و وسیله اندازه‌گیری قدرت می‌باشد که برای هر دو گروه یکسان بود.

باید توجه داشت که هنگام اندازه‌گیری انقباضات بیشینه ارادی، فاکتورهای روانی ممکن است موجب افزایش قدرت شوند. بر این اساس در پیش آزمون هر آزمودنی هنگام اندازه‌گیری قدرت عضلات فلکسور آرنج برای اعمال تلاش بیشتر توسط محقق تشویق شد و همچنین به اطلاع آزمودنی‌ها رسیده شد که یک جایزه برای آزمودنی که بالاترین رکورد را ثبت کند، در نظر گرفته شد. که این امر موجب تمرکز آزمودنی‌ها بر اجرایشان در طول اندازه‌گیری قدرت و بالا رفتن انگیختگی شد که احتمال افزایش تلاش را برای اندازه‌گیری‌های پس آزمون کاهش داد. همچنین به دلیل اینکه ملاک افزایش قدرت داده‌های پس آزمون بود. بسیار مهم بود که شرکت کنندگان دارای انگیختگی بالا جهت اعمال بهترین تلاش باشند. بنابراین در پس آزمون نیز همانند پیش‌آزمون آزمودنی‌ها برای اعمال نیروی بیشینه تشویق شدند (۶). از آنجایی که آزمودنی‌ها به صورت جداگانه تحت نظر محقق تمرین کردند. محقق از نزدیک هر گونه فعال‌سازی ارادی آشکار در عضلات دست آزمودنی‌ها را حین انجام تمرین کنترل کرد. همچنین مکرراً به آزمودنی‌ها گفته شد که در برنامه‌های تمرینی مانند تمرین مقاومتی، تمرین شدید هوازی شرکت نکنند و کار فیزیکی را فراتر از یک سطح طبیعی (نسبتاً متوسط) اجرا نکنند. و هر گونه تغیرات ناگهانی در سبک زندگی یا الگوهای فعالیت و تقاضاهای شغلی‌شان را گزارش دهند. که همه شرکت‌کنندگان گزارش دادند که میانگن فعالیت روزانه نشان تغییر نکرده و در هیچ برنامه تمرینی شرکت نداشته‌اند. به ویژه بیان کردند که هرگز به طور عمدی عضلات فلکسور آرنجشان را تمرین ندادند. از آنجائیکه مطالعات اولیه نشان دادند که برنامه تمرینی کمتر از ۶۰ درصد بیشینه به بهبود معنادار قدرت منتهی نمی‌شوند. بنابرین حتی اگر شرکت کنندگان نوساناتی را در فعالیت‌های روزانه‌شان در طول مدت تحقیق تجربه کرده باشند بعید به نظر می‌رسد که اینچنین نوساناتی در عضلات مورد نظر

نزدیک به ۶۰ درصد بیشینه باشد (۴). بر اساس تحقیقات قبلی هایپرتروفی عضله می‌تواند بر قدرت عضله به طور معنی‌داری تاثیر داشته باشد. اما برای ایجاد هایپرتروفی عضلانی نیاز به فعال‌سازی شدید و مکرر عضله است که در برخی مطالعات گزارش شده که حتی ۲۰ جلسه تمرین قدرتی نزدیک به بیشینه منجر به هایپرتروفی عضلانی نشده است (۱۸و۶)بنابراین بحث تاثیر هایپرتروفی عضلانی بر قدرت عضلات فلکسور آرنج احتمالاً در تحقیق حاضر منتفی است.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج یو[1]، اسمیت[2] و گانک[3] که عضله ابداکتور انگشت کوچک را تمرین داده‌اند، (۲۳و۱۶)و همچنین نتایج تحقیق سیدوی، همخوانی دارد. افراد بندرت از ابداکتور انگشت کوچک استفاده می‌کنند به عبارت دیگر، کمتر این عضله را در فعالیت‌های روزانه منقبض می‌کنند. در حالی که عضلات فلکسور آرنج در مقایسه با عضله ابداکتور انگشت کوچک در زندگی روزانه بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند و تقریباً در همه فعالیت‌های بالاتنه که ساعد درگیر است عضلات فلکسور آرنج مورد استفاده قرار می‌گیرند. با اینکه، عضله ابداکتور انگشت کوچک و عضلات فلکسور آرنج مربوط به دو گروه عضلات متفاوت هستند. عضله ابداکتور انگشت کوچک یک عضله دیستال است که در بازنمایی قشری، طرح تک سیناسپی مغزی نخائی از فلکسورهای آرنج (عضلات پروگزیمال) که در کنترل حرکات ظریف انگشتان دست شرکت ندارند. متفاوت هستند (۴) اما به نظر می‌رسد. تحقیق حاضر به دلیل کنترل فاکتورهای موثر در موفقیت تمرین ذهنی و همچنین تمرکز بیشتر بر بُعد تمرین ذهنی توانست به نتایج مشابهی دست یابد.

نتیجه‌گیری

افزایش قدرت ارادی با تمرین ذهنی و تشریح مکانیزم افزایش قدرت، گام مهمی در جهت مطالعه تمرین ذهنی در حوزه نروسایکولوژی و همچنین مکانیزم‌های عصبی افزایش قدرت ارادی می‌باشد و نتایج این پژوهش نشان داد که ذهن توان قابل ملاحظه‌ای

1. Yue
2. smith
3. Guang

فراتر از بدن و عضلاتش دارد، بنابراین افرادی که دارای توانایی تصویرسازی بالایی می‌باشند می‌توانند با استفاده از تصویرسازی داخلی قدرت عضلات فلکسور آرنج را افزایش دادند این پژوهش ما را نسبت به مزایایی برنامه‌های تمرین ذهنی آگاه می‌سازد، در این پژوهش نشان داده شد که بعضی مزایا وجود دارد که تمرین ذهنی را می توان برای تقویت عضو بی‌حرکتی که به دلایل آسیب‌دیدگی، دررفتگی یا آسیب‌های ورزشی ثابت شده، مورد استفاده قرار دهیم. این موضوع کاربردهای کلینیکی و توانبخشی روشنی دارد و برای افرادی مفید است که دارای شکستگی یا آسیب‌های جدی در آرنج خود هستند و به ثابت نگاه داشتن عضو آسیب‌دیده برای یک دوره طولانی مدت نیاز دارند استفاده از این روش سبب می‌شود که پس از اتمام دوره آسیب‌دیدگی عوارض ناشی از بی‌تمرینی در عضو آسیب‌دیده به حداقل برسد یا به عنوان یک تکنیک توانبخشی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

منابع:

1. Enoka, R. M 1988. Muscle strength and its development; new perspective, sport medicine, 1,141-118.

۲. رجبی، حمید ۱۳۷۴. *سازگای عصبی با تمرینات قدرتی*. فصلنامه المپیک، سال سوم، شماره۳، ۴، انتشارات کمیته ملی المپیک.

3. Broughton, A 2001. Mechanisms are the most important determinants of strength adaptations, Exercise Physiology Educational Resources.
4. Ranganathan,V.K., Siemionow, V.,& Liu, J.Z 2004. From mental power to muscle power- gaining strength by using the mind, Neuropsychologia ,42, 944-951.
5. Power,E. &Scott, K 2004. Exercise physiology theory and application to fitness and performance, MCGraw-hil.
6. Yue, G., Cole K.J 1992. Strength increases from the motor program comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contraction, J Neurophysiol, 17, 1114-1123.

۷. رحمانی‌نیا، فرهاد ۱۳۷۹. *یادگیری حرکتی*. انتشارات بامداد کتاب.

8. Mulder, T 2004. The role of motor imagery in learning a totally novel movement, EXP Brain Res,154, 211-217.

9. Sidway, Ben. & Trzaska, A 2005. Can mental practice increase ankle dorsiflexor torque, J Am Physical The Associatition, 85, 10.

10. Herbert, R. & Dean,C., & Gandevia, S.C 1998. Effects of real and imagined training on voluntary muscle activation during maximal isometric contraction, Acta Physiological Scand, 113, 311-318.

11. Smith, D. and Collins,D 2003. Impact and mechanism of mental practice effects on strength , Int J Sport Psychology ,1, 293-301.

12. Magill, R.A 2004. Motor learning and control concepts and applications, seventh edition, MCGraw-hill.

13. Takonri, U., Bessho,T.,& Akazawa, K 1998. Static torque-angle relation of human elbow joint estimated with artificial neural network technigue, J Biomech, 31, 545-554

14. Medved, V 2001. Measurement of human locomotion, CRC press, p;119-213.

۱۵. دلاور، علی ۱۳۸۳. احتمالات و آمار کاربردی در روان‌شناسی و علوم تربیتی. انتشارات رشد.

۱۶. طاهری، گندمانی، روح الله ۱۳۸۳. *بررسی و مقایسه تاثیر تمرینات پلایومتریک و با وزنه بر سرعت دویدن و توان انفجاری پای ورزشکاران*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان.

۱۷. بلوم فیلد، جی؛ آکلند تی.آر؛ الیوت، بی.سی ۱۳۸۲. *بیومکانیک و آناتومی کاربردی در ورزش*. ترجمه سعید ارشم، انتشارات فردانش پژوهان.

18. Mcdonagh, M. j. & Davies, C 1984. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads, EUR, J. Appl, Physiol, 52;139-155.

19. Morgan,W.P., & Wang,Y 1992. The effect of imagery perspectives on the psychophysiological responses to imagined exercise, Behavioral Brain Research, 52, 117-174.

20. Ranganathan, V 2001. Increasing muscle strength by training the central nervous system without physical exercise, society for neuroscience, abstract, 31, 118, 97.

21. Weinbery, R 2003. Foundations of sport and exercise psychology, Human kinetics.

22. Smith, D. and Collins,D 2004. Mental practice, motor performance and the late cnv, Journal of Sport & Exe Psychol,21, 412-421.