

پژوهش در علوم ورزشی

شماره پانزدهم، صص ۱۷۱ - ۱۶۱

دریافت: ۸۶/۲/۲

پذیرش: ۸۶/۴/۴

بررسی نقش اطلاع از ترتیب توالی حرکتی در یادگیری آن

وحید نجاتی^۱، دکتر حسن عشایری^۱، دکتر میرتقی گروسی فرشی^۲، دکتر محمدتقی افدسی^۳

۱. دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، گروه علوم اعصاب، ۲. استاد دانشگاه علوم پزشکی ایران

۳. دانشیار دانشگاه تبریز، ۴. استادیار دانشگاه تبریز

چکیده

توالی حرکتی اساس بسیاری از رفتارهای هوشیارانه انسان است، چراکه رفتارهای پیچیده حرکتی زنجیره‌ای از رفتارهای اولیه است. توضیح در مورد هدف و شیوه اجرای یک مهارت حرکتی همواره توسط مربیان ورزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف این پژوهش بررسی نقش اطلاعات قبل از انجام تکلیف توالی حرکتی در سرعت و دقت اجرای تکلیف و یادگیری آن است.

برای این منظور ابتدا نرم افزار تخصصی ارائه محرک‌های متوالی و ثبت زمان و خطای پاسخ طراحی گردید. در این نرم افزار تکلیف یادگیری حرکتی به صورت فشار دادن کلیدهای تعریف شده صفحه کلید خاص در پاسخ به یک سری محرک‌های رنگی که روی صفحه نمایشگر ظاهر می‌شدند، بود. این پژوهش به وسیله دو گروه (هر گروه ۱۵ نفر) مطلع از اجزای توالی (یادگیری صریح) و غیر مطلع از ترتیب توالی (یادگیری ضمنی) انجام شد.

آزمون و تحلیل واریانس برای اندازه گیری‌های مکرر زمان پاسخ و خطای پاسخ، نی زوج شده برای مقایسه داده‌های منظم و نامنظم یک گروه و نی مستقل برای مقایسه داده‌های دو گروه یادگیری صریح و ضمنی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد در هر دو گروه صریح و ضمنی زمان پاسخ با تمرین کاهش می‌یابد، ولی خطای پاسخ فقط در گروه صریح کاهش می‌یابد. مقایسه دو نوع یادگیری صریح و ضمنی در سرعت (زمان پاسخ) و دقت (خطای پاسخ) با استفاده از تحلیل واریانس چند طرفه نشان داد که در گروه صریح تعداد خطاها کمتر از گروه ضمنی است، اما بین زمان پاسخ و نوع تکلیف تفاوت معنی داری نشان داده نشد.

با استفاده از یافته‌های پژوهش، در صورتی که دقت یکی از اجزای مهم برای توالی حرکتی باشد، تشریح ترتیب توالی از اهمیت برخوردار است ولیکن چنانچه دقت اهمیت نداشته باشد و هدف اصلی آموزش مهارت، سرعت باشد؛ تشریح اجزای توالی نمی‌تواند بر افزایش سرعت مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: توالی حرکتی، یادگیری صریح، یادگیری ضمنی، مهارت حرکتی

مقدمه

اهمیت یادگیری توالی حرکتی ریشه در اصل توالی برای حرکات دارد. اجزای هر حرکت با ترتیب خاصی بروز می‌یابند تا هدف حرکتی مورد نظر انجام گیرد. بر این اساس، مطالعه توالی حرکتی می‌تواند به نمایندگی از مطالعه کنترل توالی‌ها صورت گیرد. در انسان بسیاری از یادگیری‌ها ضمنی هستند و نیازی به حضور آگاهی ندارند (۱).

یادگیری و حافظه می‌تواند بدون آگاهی صورت گیرد. مباحث بسیار زیادی در مورد تفاوت‌های ساختاری و عملکردی یادگیری صریح و ضمنی وجود دارد. یادگیری توالی حرکتی امروزه بیشترین نمونه رفتاری است که برای بررسی یادگیری بدون آگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲).

فرایند یادگیری به طور کلی بر دو نوع است: یادگیری صریح^۱ و یادگیری ضمنی^۲. در صورتی که به یادگیرنده در مورد هدف و چگونگی انجام تکلیف حرکتی^۳ توضیحات لازم داده شود، این یادگیری از نوع صریح است. اما اگر یادگیرنده تکلیف حرکتی را بدون آگاهی از آنچه باید یاد بگیرد انجام دهد، یادگیری از نوع ضمنی یا تلویحی خواهد بود (۳).

ربر معتقد است برای اینکه یادگیری از نوع ضمنی باشد، باید مجموع اطلاعات در دسترس به صورت ناخودآگاه از مجموع اطلاعات در دسترس آگاهانه بیشتر باشد (۴).

البته برخی از صاحب‌نظران مانند شانکر^۴ معتقدند که اطلاعات در دسترس در سطح آگاهانه نباید وجود داشته باشد در حالی عملاً امکان حذف این اطلاعات وجود ندارد. لذا ربر توصیه می‌کند که شرایط یادگیری ضمنی زمانی حکم فرماست که شناخت آگاهانه^۵، جنبه غالب^۶ فرایند یادگیری باشد (۵).

یادگیری صریح و ضمنی دارای تفاوت‌های ماهوی است و توسط شبکه‌های عصبی متفاوتی کنترل می‌شود. اعتقاد بر این است که شبکه عصبی کنترل کننده یادگیری ضمنی شامل عقده‌های قاعده‌ای، مخچه و قشر پری فرونتال است. در حالی که یادگیری صریح توسط قشر گیجگاهی، هیپوکامپ، تالاموس و قشر پیشانی آهیانه‌ای کنترل می‌شود (۶ و ۷).

یادگیری هر حرکت جدید نیازمند مشارکت دو فرایند است: (۱) راهبردی که پیرو آن تعیین می‌شود چه حرکاتی باید انجام شوند و (۲) دوره مهارت حرکتی که تناسب بین حرکات آموخته شده برای یک کارایی بهینه صورت می‌گیرد (۸).

در بیشتر مطالعات حیوانی و انسانی، یادگیری مهارت‌های حرکتی با کاهش در زمان عکس العمل، کاهش تعداد خطا و تغییر در الگوی حرکت مورد بررسی قرار می‌گیرد (۹ و ۱۰).

یکی از مهم‌ترین ابزارهایی که در مطالعات رفتاری برای مطالعه عملکردهای یادگیری مورد استفاده قرار

می‌گیرد، زمان عکس العمل متوالی است که به وسیلهٔ نیشن و بولمر^۱ مطرح گردید. در این مورد محرک هدف در چندین محل فضایی ظاهر می‌گردد و مشارکت کنندگان باید هر چه سریع‌تر با فشار دادن کلید مرتبط به محل تحریک پاسخ دهند (۱۱).

زمانی که ترتیب مکان‌ها تصادفی است، این عملکرد بیانگر تمرین مهارت حرکتی ساده است. در حالی که اگر توالی تکراری از محل ظهور تحریک ظاهر گردد، شرکت کنندگان کاهش در زمان عکس العمل را در توالی‌های منظم (تابع الگو) در مقایسه با توالی‌های نامنظم (تصادفی) نشان می‌دهند، که بیانگر برخی تخمین‌ها در مورد محل ظهور تحریک بعدی است (۱۱).

تکرار سادهٔ یک حرکت اختصاصی، دو حرکت با هم و یا مجموعه‌ای از حرکات (یک توالی حرکتی در انگشتان) می‌تواند به سرعت نقشهٔ حرکتی قشر حرکتی اولیه را تغییر دهد. این تغییر در قشر می‌تواند در ۵ الی ۱۰ دقیقه تکرار سریع حرکات عارض گردد (۱۲).

یکی از روش‌های رایج در بررسی و ارزیابی یادگیری ضمنی و صریح، استفاده از زمان عکس العمل متوالی^۲ می‌باشد. این نوع تکالیف حرکتی دارای دو جزء حرکتی و شناختی هستند و لازم است که آزمون شونده به یک محرک شناختی (مثلاً محرک بینایی یا شنیداری) پاسخ حرکتی دهد (۱۳).

در این روش چند ردیف محرک در مقابل آزمون شونده قرار می‌گیرد و از افراد خواسته می‌شود که به محض ارائهٔ محرک هدف به آن پاسخ دهند و مثلاً محل خاصی را در حناقل زمان ممکن لمس کنند و این کار به صورت متوالی و به تعداد مشخص تکرار می‌شود و مجموع زمان یک توالی تکلیف حرکتی اندازه‌گیری می‌شود. این آزمایش به دو شکل قابل انجام است: در یک حالت، محرک‌ها با ترتیب مشخص فعال می‌شوند (توالی منظم) و در حالت دوم، فعال شدن محرک‌ها کاملاً تصادفی (توالی نامنظم) است. در یادگیری ضمنی در مورد ترتیب محرک‌ها هیچ توضیحی به آزمون شونده داده نمی‌شود. اگر در انتهای آزمایش، آزمون شونده به نوعی ترتیب در ارائهٔ محرک‌ها پی برد، این آزمایش از نوع صریح است، اما اگر فرد متوجه ترتیب مشخصی بین محرک‌ها نشود، آزمایش از نوع ضمنی است. یادگیری نیز به صورت کاهش زمان کلی انجام آزمایش خود را نشان می‌دهد، یعنی با تکرار آزمایش، آزمون شونده آن را در زمان کوتاه‌تری انجام می‌دهد. مقیاس دیگری که برای یادگیری در نظر گرفته می‌شود، کاهش خطای آزمودنی در پاسخ به محرک هدف است که نمودی از دقت اجرای تکلیف حرکتی است (۱۴).

ضرورت و اهمیت مطالعهٔ حاضر در این است که توضیح در مورد هدف و شیوهٔ اجرای یک مهارت حرکتی همواره توسط مربیان ورزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه نقش اطلاعات پیش از انجام تکلیف توالی حرکتی در سرعت و دقت اجرای تکلیف و یادگیری آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

روش پژوهش

روش پژوهش به صورت نیمه تجربی و از نوع کارآزمایی بالینی تصادفی^۱ بود و به صورت آینده نگر اجرا گردید. در فرایند پژوهش، گروه بندی به صورت تصادفی بود و نمونه‌ها به طور تصادفی در یکی از دو گروه یادگیری صریح و ضمنی قرار گرفتند و مداخله در هر دو گروه یکسان بود.

برای محاسبه حجم نمونه مقادیر انحراف معیار در مطالعات مشابه مورد بررسی قرار گرفت و حجم نمونه برای هر گروه تحلیلی ۱۵ نفر در نظر گرفته شد. برای همسان کردن نمونه‌ها کلیه نمونه‌ها با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال و راست دست انتخاب شدند.

نخستین مرحله اجرایی پژوهش، طراحی نرم افزار مورد نیاز این پژوهش بود. با توجه به مشخصه‌های مورد لزوم و نوع تکلیف حرکتی، نرم افزاری در محیط جاوا اسکریپت^۲ نوشته شد و پس از طراحی اولیه طی چند مرحله مورد آزمون قرار گرفت و تقابص آن برطرف گردید تا این که نسخه نهایی آن به عنوان ابزار پژوهش در نظر گرفته شد.

اجرای آزمون بدین نحو بود که نمونه روی یک صندلی پشتی دار در مقابل یک رایانه می‌نشست. روی صفحه نمایشگر، چهار مربع با چهار رنگ مختلف ظاهر می‌شدند و روی صفحه کلید رایانه نیز چهار کلید با چهار رنگ مشابه متناسب با رنگ‌های ظاهر شده قرار داشت. از نمونه خواسته می‌شد که به محض مشاهده هر مربع، کلید هم رنگ آن را فشار دهد.

هر توالی آزمایش شامل ده تحریک (مربع رنگی) بود و در هر مرحله آزمایش ده توالی وجود داشت. پس از پایان، هر مرحله آزمودنی می‌توانست یک دقیقه استراحت کند. کل مداخله ده مرحله بود که تمام مراحل به جز مرحله اول و ششم از توالی رنگ‌ها تبعیت می‌نمودند. محرک‌ها (مربع‌های رنگی) در مرحله اول و ششم به صورت تصادفی ظاهر می‌شدند. در دو گروه تحلیلی مطالعه حاضر مداخله کاملاً یکسان بود، فقط در گروه یادگیری صریح ترتیب موجود در توالی‌های حرکتی به آزمودنی اطلاع داده می‌شد و در گروه یادگیری ضمنی هیچ اطلاعاتی در مورد ترتیب محرک‌ها ارائه نمی‌گردید.

ترتیب ظاهر شدن مربع‌ها عبارت بود از زرد، سبز، زرد، آبی، قرمز، سبز، آبی. نمونه‌ها آزمون را با انگشت نشانه دست غالب خود (در همه نمونه‌ها راست) انجام می‌دادند. زمان هر مرحله آزمایش و تعداد پاسخ‌های غلط به محرک‌های هدف اندازه‌گیری می‌شد. زمان پاسخ در مرحله معیاری از سرعت یادگیری و تعداد پاسخ‌های غلط معیاری از دقت یادگیری در نظر گرفته شد.

در مورد روایی و پایایی ابزار، از روش مورد استفاده در این مطالعه در مطالعات متعدد خارجی استفاده شده و مطالعات نشان داده است که این آزمون وابسته به فرهنگ نیست (۳) و از طرفی ثبت‌ها به وسیله رایانه انجام می‌شد که شرکت سازنده آن را کالیبره می‌نمود. زمان به هزارم میلی ثانیه و خطا با تعداد ثبت می‌شد

و اندازه‌گیری‌ها کمی بود و توسط رایانه صورت می‌گرفت و خطای انسانی در ثبت دخیل نبود.

یافته‌ها

جدول ۱ یافته‌های مطالعه حاضر را در دو گروه مورد بررسی نشان می‌دهد.

جدول ۱. جمع بندی یافته‌های مطالعه

گروه صریح		گروه ضمنی		گروه‌های مورد بررسی	یافته‌ها
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین		
۲/۷۹	۹۷/۸	۲/۸۰	۹۷/۷۱	درصد پاسخ صحیح در توالی‌های منظم	
۷/۶۶	۹۶/۳۳	۴۰/۰۷	۸۶/۷۸	درصد پاسخ صحیح در توالی‌های نامنظم	
۲۵۹۳۱/۲۶	۷۱۵۲/۰۳	۲۵۲۸۸/۶۶	۷۸۴۱۹/۴۷	میانگین زمان پاسخ برای توالی‌های منظم (میلی ثانیه)	
۵۶۰۰/۲/۳	۱۰۳۸۷/۰/۳	۵۷۶۶۷/۶۸	۱۰۳۵۹۵/۸	میانگین زمان پاسخ برای توالی‌های نامنظم (میلی ثانیه)	
۵۶۷۲/۲۱	۲۰۵۲۹/۹۷	۲۳۲۳/۶۵	۱۳۲۱۵/۰۷	اثر یادگیری: تفاوت در زمان پاسخ	

در این مطالعه، کاهش خطا و یا افزایش پاسخ‌های صحیح به محرک‌های ارائه شده و زمان پاسخ به عنوان معیار دقت در یادگیری حرکتی در نظر گرفته شد. تکلیف حرکتی ارائه شده به آزمودنی‌ها در ده مرحله بود که مراحل اول و ششم به صورت نامنظم (بدون رعایت توالی) و سایر مراحل منظم و با رعایت توالی بود. جهت تحلیل اطلاعات متغیرهای وابسته مطالعه (زمان پاسخ و خطای پاسخ) در مراحل منظم آزمون با استفاده از تحلیل واریانس مورد بررسی قرار گرفت.

برای مراحل نامنظم نیز آزمون تی جفت شده برای مقایسه متغیرهای وابسته تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی اثر اختصاصی یادگیری از آزمون تی زوج شده بین داده‌های مراحل منظم و نامنظم استفاده شد. برای مقایسه بین گروه صریح و ضمنی در هر مطالعه از آزمون تی مستقل استفاده گردید.

یادگیری ضمنی توالی حرکتی

کاهش خطا

در مطالعه حاضر، بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس تفاوت خطاها در گروه یادگیری ضمنی در مراحل

منظم معنی دار نشان داده نشد.^۱ آزمون تی جفت شده برای کاهش تعداد خطا در توالی‌های غیر منظم در مورد دادها انجام گرفت و معنی دار نشان داده نشد^۲ که بیانگر این است که در توالی‌های نامنظم نمونه‌ها خطای یکسان دارند.

کاهش زمان پاسخ

یکی دیگر از متغیرهای وابسته مورد بررسی در مطالعه حاضر کاهش زمان پاسخ بود. با آزمون تحلیل واریانس تفاوت زمان‌های پاسخ در گروه ضمنی در مراحل منظم معنی دار نشان داده شد.^۳ آزمون توکی نشان می‌دهد، تفاوت بین مرحله دوم و دهم معنی دار است. کاهش زمان پاسخ در توالی‌های نامنظم نشان داد در توالی‌های نامنظم نیز زمان پاسخ کاهش می‌یابد.

برای بررسی اثر اختصاصی یادگیری توالی حرکتی، آزمون تی جفت شده بین زمان پاسخ مراحل منظم و نامنظم انجام گرفت. بر اساس نتایج آزمون تی جفت شده تفاوت زمان‌های پاسخ در مراحل منظم و نامنظم در یادگیری ضمنی معنی دار بود.^۴ بر این اساس، زمان پاسخ در توالی‌های حرکتی منظم سریع‌تر از توالی‌های حرکتی نامنظم است. لذا کاهش زمان پاسخ در یادگیری ضمنی در مراحل منظم را نمی‌توان صرفاً به افزایش ساده کارایی حرکتی مرتبط دانست بلکه بخشی از این کاهش مرتبط با پیشگویی محرک بعدی است، که با توجه به توالی‌های پیشین یاد گرفته شده است. از آنجایی که در این مطالعه فرد از ترتیب توالی‌ها اطلاعی ندارد، این یادگیری حرکتی ضمنی است.

یادگیری سریع توالی حرکتی

کاهش خطا

در گروه یادگیری سریع، تفاوت خطاها در مراحل منظم معنی‌دار نشان داده شد.^۵ آزمون توکی نشان می‌دهد، کاهش تعداد خطا بین مرحله دوم و مراحل نهم و دهم معنی‌دار است. کاهش تعداد خطا در توالی‌های غیر منظم نیز معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که میزان خطا در مرحله ششم از مرحله اول کمتر است. بر این اساس در گروه یادگیری سریع تمرین موجب کاهش خطا در توالی‌های غیر منظم نیز می‌گردد.^۶ علاوه بر این تعداد خطاها در مراحل منظم کمتر از مراحل نامنظم است.^۷

1. $F(7,119) = 0.177, P = 0.861$

2. $T(29) = 1.161, P = 0.259$

3. $F(7,119) = 2.227, P = 0.003$

4. $T(149) = 2.132, P = 0.000$

5. $F(7,119) = 2.123, P = 0.044$

6. $T(119) = 1.007, P = 0.000$

7. $T(119) = 1.087, P = 0.279$

کاهش زمان پاسخ

در گروه صریح نیز تفاوت زمان‌های پاسخ در مراحل منظم معنی‌دار بود.^۱ آزمون توکی نشان می‌دهد، کاهش خطا بین مرحله دوم و هشتم و دهم معنی‌دار است. در این گروه کاهش زمان پاسخ در توالی‌های غیر منظم نیز معنی‌دار بود. در توالی‌های نامنظم نیز زمان پاسخ کاهش می‌یابد.^۲ برای بررسی اثر اختصاصی یادگیری توالی حرکتی آزمون تی بین زمان پاسخ مراحل منظم و نامنظم صورت گرفت و تفاوت زمان‌های پاسخ در مراحل منظم و نامنظم معنی‌دار بود.^۳

بر این اساس، با مقایسه میانگین‌ها مشخص می‌شود که زمان پاسخ در توالی‌های حرکتی منظم سریع‌تر از توالی‌های حرکتی نامنظم است. این موضوع نشان می‌دهد که در گروه مطلع از ترتیب توالی‌ها (یادگیری صریح) در زمانی که ترتیب توالی‌ها رعایت می‌گردد، زمان پاسخ کوتاه‌تر است.

مقایسه یادگیری صریح و ضمنی توالی حرکتی

برای بررسی تأثیر نوع تکلیف یادگیری (صریح و ضمنی) بر سرعت (زمان پاسخ) و دقت (خطای پاسخ) در دو گروه تحلیلی مطالعه حاضر از تحلیل واریانس چند طرفه استفاده شد. نتایج نشان داد که بین خطای پاسخ و نوع تکلیف رابطه معنی‌داری وجود دارد.^۴ با مقایسه میانگین‌ها مشخص می‌گردد که در گروه صریح تعداد خطاها کمتر از گروه ضمنی است. نکته دیگر اینکه بین زمان پاسخ و نوع تکلیف تفاوت معنی‌داری نشان داده نشد.^۵

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد در گروهی که از ترتیب توالی‌ها اطلاعی نداشتند (گروه یادگیری ضمنی) با پیشرفت مراحل آزمون تفاوتی در خطا نشان داده نشد که بیانگر عدم افزایش دقت در اجرای مهارت حرکتی با پیشرفت آزمون است، اما زمان پاسخ با پیشرفت تمرین در هر دو مراحل منظم و نامنظم کاهش معنی‌داری نشان داد. علاوه بر این، زمان پاسخ در توالی‌های حرکتی منظم سریع‌تر از توالی‌های حرکتی نامنظم بود. لذا کاهش زمان پاسخ در یادگیری ضمنی در مراحل منظم را نمی‌توان صرفاً به افزایش ساده کارایی حرکتی مرتبط دانست بلکه بخشی از این کاهش مرتبط با پیشگویی محرک بعدی است، که با توجه به توالی‌های پیشین یاد گرفته شده است. از آنجایی که در این مطالعه فرد از ترتیب توالی‌ها اطلاعی ندارد، این یادگیری حرکتی ضمنی است. پس هر چند که یادگیری ضمنی نمی‌تواند موجب افزایش دقت در اجرای تمرین حرکتی گردد ولی می‌توان از آن برای تمرینات نیازمند به سرعت استفاده نمود.

1. $F(6,118)=2,000, P=0,001$

2. $T(29)=9,33, P=0,000$

3. $T(129)=21,9, P=0,001$

4. $F(1,799)=1,66, P=0,001$

5. $F(1,799)=1,277, P=0,259$

در گروهی که از ترتیب توالی‌ها اطلاع داشتند (گروه یادگیری صریح)، با پیشرفت مراحل آزمون در هر دو مرحله منظم و نامنظم خطا کاهش یافت، این کاهش در مراحل منظم به طور معنی‌داری بیشتر بود که بیانگر دقت در اجرای مهارت حرکتی با پیشرفت آزمون است. زمان پاسخ نیز با پیشرفت تمرین در هر دو مراحل منظم و نامنظم کاهش معنی‌داری نشان داد. علاوه بر این زمان پاسخ در توالی‌های حرکتی منظم سریع‌تر از توالی‌های حرکتی نامنظم بود. لذا کاهش زمان پاسخ در یادگیری ضمنی در مراحل منظم را نمی‌توان صرفاً به افزایش ساده‌کاری حرکتی مرتبط دانست بلکه بخشی از این کاهش با پیشگویی محرک بعدی مرتبط است، که با توجه به توالی‌های پیشین یاد گرفته شده است. از آنجایی که در این مطالعه، فرد از ترتیب توالی‌ها آگاهی دارد، این یادگیری حرکتی صریح است. پس اطلاع از ترتیب توالی‌ها در یادگیری حرکتی می‌تواند دقت و سرعت یادگیری را بالا ببرد.

مقایسه دو نوع یادگیری صریح و ضمنی در سرعت (زمان پاسخ) و دقت (خطای پاسخ) با استفاده از تحلیل واریانس چند طرفه نشان داد که در گروه صریح تعداد خطاها کمتر از گروه ضمنی است، اما بین زمان پاسخ و نوع تکلیف تفاوت معنی‌داری نشان داده نشد. بر این اساس نتیجه کاربردی که می‌توان با استفاده از یافته‌های پژوهش حاضر ارائه داد این است که در صورتی دقت یکی از اجزای مهم برای توالی حرکتی باشد، تشریح ترتیب توالی از اهمیت برخوردار است؛ در صورتی که دقت اهمیت نداشته باشد و هدف اصلی آموزش مهارت سرعت باشد، تشریح اجزای توالی نمی‌تواند بر افزایش سرعت مؤثر باشد.

حال این مسئله مطرح می‌شود که شاید ارائه اطلاعات در مورد ترتیب توالی نقشی در یادگیری آن نداشته باشد. ولیکن مطالعات متعدد تفاوت این دو نوع یادگیری را از نظر ساختارهای مغزی درگیر نشان داده‌اند. آندرس و همکاران نشان دادند که در یادگیری صریح موج منفی فرونتال بزرگ‌تری نسبت به گروه ضمنی ثبت می‌گردد. این نوع تفاوت بین یادگیری صریح و ضمنی بیانگر نظام‌های مغزی متفاوت برای هر یک از این یادگیری‌ها است (۱۵).

ناتکمپر و پرینز^۱ نشان دادند که یادگیری صریح و ضمنی ساختارهای نرونی متفاوتی را درگیر می‌کند. در طی یادگیری ضمنی توالی، افزایش در جریان خون موضعی در نواحی حرکتی مانند نواحی حسی حرکتی، قشر حرکتی تکمیلی و عقده‌های قاعده‌ای دیده می‌شود. در مقابل در حین یادگیری صریح افزایش فعالیت در نواحی غیر حرکتی است، مانند قشر پری فرونتال خلفی خارجی راست، قسمت شکمی پوتامن راست و قشر آهیانه‌ای گیجگاهی دو طرف (۱۶).

پس علاوه بر این که این دو یادگیری مسیر متفاوت دارند، کارایی هر یک از این دو نوع یادگیری نیز متفاوت است. برای روشن شدن این تفاوت در سال ۲۰۰۱ وینشتین^۲ و همکاران اثر تمرین و اطلاعات صریح پیشین را بر یادگیری توالی‌های حرکتی در بیماران مبتلا به آسیب یک طرفه مغزی بررسی کردند (۱۴).

نتایج نشان داد گروهی که پیش از شروع تمرین، اطلاعات صریح در اختیار آنها قرار گرفته بود توانایی یادگیری را از خود نشان دادند و میانگین زمان عکس العمل سریال آنها کاهش یافت، اما گروهی که اطلاعی از ترتیب توالی‌ها نداشتند، قابلیت یادگیری ضمنی را نشان ندادند. این نتایج نشان می‌دهد که اطلاعات صریح پیش از انجام تمرین می‌تواند در کاهش اختلال ایجاد شده در یادگیری بیماران مبتلا به سکته مغزی مؤثر باشد در حالی که انجام تمرین تنها، حتی به تعداد زیاد نمی‌تواند در این حد مؤثر باشد.

در مطالعه دیگری وینشتین (۲۰۰۳)، نقش اطلاعات صریح را بر یادگیری حرکتی ضمنی در بیماران مبتلا به ضایعه شریان مغزی میانی مورد آزمون قرار داد (۱۷).

نتیجه پژوهش این بود که اطلاعات صریح در مجموع اثر منفی بر یادگیری در هر دو گروه بیمار و سالم داشت و آزمون‌های پست هاک^۱ نیز نشان داد که گرچه اطلاعات صریح در گروه کنترل، عملکرد را تسهیل می‌بخشد اما در مورد گروه بیمار موجب اختلال در آن می‌شود.

همان گونه که پیداست این دو پژوهش که توسط یک گروه انجام شد نوعی تناقض را نشان می‌دهد؛ طوری که یکی، اطلاعات قبلی را مفید و دیگری آن را مضر می‌داند. این تناقض در برخی از پژوهش‌های دیگر نیز مشهود است به گونه‌ای که برخی از آنها نشان دهنده اثرات مثبت اطلاعات صریح بر یادگیری توالی حرکتی هستند و بعضی دیگر مؤید این نکته بودند که این اطلاعات صریح قبلی در مورد عملکرد می‌تواند موجب اختلال در شکل‌گیری برنامه حرکتی ضمنی یا حداقل عدم تأثیر بر آن شوند.

این یافته با مطالعه فینی همخوانی دارد. نامبرده نشان داد که در طول جلسات مختلف یادگیری ضمنی زمان عکس العمل کاهش می‌یابد و تعداد پاسخ‌های صحیح نیز کاهش می‌یابد. این موضوع بین آن است که نمونه‌ها با پیشرفت تمرین سریع‌تر، ولی کم دقت‌تر می‌شوند (۱۸).

به طور خلاصه از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که تشریح اجزای حرکت در مهارت‌های حرکتی (صریح بودن یادگیری) موجب افزایش دقت و سرعت اجرای حرکت می‌گردد، ولی چنانچه اجزای حرکت برای فراگیر تشریح نگردد (شرایط یادگیری ضمنی)، دقت بهبود نمی‌یابد، ولی سرعت بالا می‌رود. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که در مهارت‌های حرکتی دقیق تشریح اجزای حرکت می‌تواند در بهبود کارایی مهارت حرکتی نقش داشته باشد. با وجود این، پژوهش‌های آتی در مورد اجرای مهارت‌های ورزشی با اندازه‌گیری‌های دقیق می‌تواند نقش اطلاعات صریح در یادگیری حرکتی را دقیق‌تر مشخص نماید.

منابع

1. James Ashe, Ovidiu V Lungu, Alexandra T Basford and Xiaofeng Lu (2006) Cortical

- control of motor sequences. *Current Opinion in Neurobiology* 6, 16:213-221.
2. Reber, A.S (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 219-235.
 3. Green RE, Shanks Dr (1993) On the existence of independent explicit and implicit learning systems; an examination of some evidence. *Mem Connit.* 21:304-317.
 4. Reber As (1993) *Implicit learning and tactile knowledge*. Oxford university press.
 5. Cleermans A (1997) *Principles for implicit learning*. Oxford university press.
 6. Pohl PS, McDowd JM, Filion DL (2001) Implicit learning of a perceptual motor skill after stroke. *Physical Therapy*; 81:1780-1789.
 7. Honda M, Deiber MP, Ibanez v (1998). Dynamic cortical involvement in implicit and explicit motor sequence learning: a PET study. *Brain*; 121:2159-2173.
 8. V. Brooks, F. Hilperath, M. Brooks, H. Ross, H.J. Freund (1995) Learning 'what' and 'how' in a human motor task, *Learn. Mem.* 2, 225-242.
 9. Doyon, J., Gaudreau, D., Laforce, R. J., Castonguay, M., Bedard, P. J., Bedard, F., & Bouchard, J. P (1997) Role of the striatum, cerebellum, and frontal lobes in the learning of a visuomotor sequence. *Brain and Cognition*, 34, 218-245.
 10. Shadmehr, R., & Holcomb, H. H (1997) Neural correlates of motor memory consolidation. *Science*, 277, 821-825.
 11. Curran, T., & Keele, S. W (1993) Attentional and nonattentional forms of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 189-202.
 12. Karni A, Meyer G, Jezzard P, Adams MM, Turner R, Ungerleider LG (1995) Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*, 377:155-58.
 13. Nissen MI, Bullemer P (1987) Attentional requirement of learning: evidence from performance measures. *Cogn Psychol.* 19:1-32.
 14. Boyd LA, Winstein CI (2001) Implicit motor sequence learning in humans following unilateral stroke: the impact of practice and explicit knowledge. *Neuroscience letters*; 298: 65-69.

15. Andres FG, Mima T, Schulman AE, Dichgans J, Hallett M, Gerloff C (1999). Functional coupling of human cortical sensorimotor areas during bimanual skill acquisition. *Brain*, 122: 855-70.
16. Nattkemper, D., & Prinz, W (1997) Stimulus and response anticipation in a serial reaction task. Psychological Research: Sequence learning (special issue). *Phenomena and Models*, 98-112.
17. Boyd LA, Winstein CI (2003). Impact of explicit knowledge on Implicit motor sequence learning following middle cerebral artery stroke. *Physical Therapy*; 93:976-989.
18. John J. Feeney and James H. Howard Jr. Darlene V. Howard (2002) Implicit Learning of Higher Order Sequences in Middle Age, *Psychology and Aging Vol.* 17, No.2, 351-355.