

## تأثیر برنامه‌ی آموزش ژیمناستیک بر چرخش ذهنی

\***جلال دهقانی زاده:** (نویسنده مسئول)، کارشناس ارشد رفتار حرکتی دانشگاه ارومیه، jalal.dehghanizade@yahoo.com

**حسن محمدزاده:** دانشیار رفتار حرکتی و عضو هیئت علمی دانشگاه ارومیه.

**فاطمه سادات حسینی:** استادیار روانشناسی ورزشی و عضو هیئت علمی دانشگاه ارومیه.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۲۹ پذیرش اولیه: ۱۳۹۱/۱۲/۸ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۲/۳۱

### چکیده

هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی تأثیر برنامه‌ی آموزش ژیمناستیک به عنوان یک فعالیت حرکتی بر چرخش ذهنی به عنوان یک فاکتور شناختی است. تحقیق حاضر با در نظر گرفتن گروه‌آزمایش با تمرین آموزش ژیمناستیک، از بین دانشجویان رشته‌ی تربیت بدنی، و گروه کنترل بدون تمرین و آموزش، از بین دانشجویان دیگر رشته‌های علوم انسانی، هر گروه ۴۰ نفر (۲۰ نفر پسر و ۲۰ نفر دختر) انجام شد. ابتدا از هر دو گروه آزمون چرخش ذهنی پترز و همکاران (۱۹۹۵) گرفته شد و پس از آن گروه‌آزمایش، ۹ هفته به برنامه‌ی آموزش حرکات پایه و ابتدایی ژیمناستیک پرداختند. پس از اتمام جلسات آموزش، مجدداً پس‌آزمون از هر دو گروه گرفته شد. برای بررسی تفاوت در نمرات پیش و پس آزمون در دو گروه، از تحلیل کواریانس یک‌راهه (ANCOVA) و برای بررسی تفاوت چرخش ذهنی بین دو گروه و دختران و پسران در نمرات پیش آزمون، از آزمون t استفاده شد. یافته‌ها، تفاوت معنادار در نمرات پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون و تنها برای گروه آزمایش را نشان داد. تفاوت بین نمرات دانشجویان رشته‌ی تربیت بدنی و دانشجویان دیگر رشته‌های علوم انسانی، به نفع دانشجویان تربیت بدنی معنادار بود. همچنین بین نمرات پسران و دختران در چرخش ذهنی، تفاوت معناداری به نفع پسران مشاهده شد. مطالعه‌ی حاضر حاکی از تأثیر برنامه‌ی آموزش ژیمناستیک بر توانایی چرخش ذهنی بود، که تأثیرات برنامه‌ی مداخله‌ی حرکتی بر توانایی‌های فضایی و شناختی را نشان می‌دهد.

**کلید واژه‌ها:** چرخش ذهنی، برنامه‌ی آموزش ژیمناستیک، تفاوت جنسی.

Journal of Cognitive Psychology, Vol. 1, No. 1, Fall 2013

## Effects of Gymnastics Training on Mental Rotation

\***Dehghanizadeh, J.** (Corresponding author) MA in Motor Behavior, Urmia University, jalal.dehghanizade@yahoo.com  
**Mohammadzadeh, H.** Associate Professor of Motor Behavior and faculty member of Urmia University  
**Sadat Hoseini, F.** Assistant Professor of Sport Psychology, and faculty member of Urmia University.

### Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of gymnastics training, as a motor activity, on the mental rotation. This Study was carried out considering an experimental group, students of physical education practicing gymnastics training, and a control group, students of the other majors of the faculty of humanities; in each group there were 40 students, 20 males and 20 females. First, the two groups took the mental rotation test of Peters et al (1995), and then the experimental group has undergone gymnastics training for 9 weeks. After the training sessions, both groups were tested again. To examine the differences in pre-test and post-test scores of the two groups, one way analysis of covariance was used, and to examine the differences of mental rotation between the two groups in pre-test scores, T test was used. The findings showed significant difference in the scores of the post- test compared to those of the pre-test, and it was shown in the experimental group. The difference between the scores of the students of physical education and the scores of the students of other majors of the faculty of humanities was significant to the benefit of the students of physical education. Furthermore, between the scores of the girls and boys in the mental rotation, significant difference was observed to the benefit of boys. In the present study, the effect of the gymnastics training program on the ability of mental rotation was concluded and this conclusion showed the effects of the program of motor intervention on the spatial and cognitive abilities.

**Keywords:** Mental rotation, Gymnastics training program, Sex difference.

## مقدمه

در تحقیقات رشدی اخیر شرط اصلی این است که در فعالیت وابسته به آزمایش چند هنجاری، یک مکانیزم اصلی، تغییرات رشدی را ایجاد می‌کند (سنه، سلمان و آقازاده، ۱۳۸۷). این ارتباط پذیرفته شده، در تحقیقات روانشناختی نیز آشکار است؛ آنجا که ارتباط بین رشد حرکتی و رشد شناختی با جزئیات زیاد در کودکی (اشمیت<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۹) و همچنین در کهنسالان (فابره<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲) بررسی شده است. از این گذشته مشخص شده است اختلال در رشد حرکتی اغلب با اختلال در رشد شناختی و به‌طور معکوس، در ارتباط است (گیلبرگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳). در علم ورزش، ارتباط بین رشد حرکتی و شناختی با فراتحلیل آزمایش شده (اتنایر<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۶) و همبستگی دوطرفه مثبت را نمایان ساخته است، اگرچه نتایج به عنوان یک قاعده، منحصرأً برای بزرگسالان بیان شده است.

این نتایج برای گروه‌های تحصیلی علوم تربیتی، روانشناسی و ورزشی به وسیله‌ی فرضی ویژه تأیید شده است (دیاموند<sup>۵</sup>، ۲۰۰۷)، که رشد حرکتی و تجربه‌ی حرکت برای عملکرد شناختی، و به‌طور ویژه برای توانایی فضایی<sup>۶</sup>، به فاکتورهایی وابسته است (کمپوز<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). توانایی‌های فضایی فرایندهای شناختی متشکل از تجسم<sup>۸</sup>، تشخیص موقعیت<sup>۹</sup> و چرخش ذهنی<sup>۱۰</sup> است (لین و پترسون<sup>۱۱</sup>، ۱۹۸۵). در میان این فاکتورها، چرخش ذهنی، یعنی توانایی تصور کردن چگونگی یک شیء چرخیده شده برای تشخیص موقعیت، نسبت به آن چیزی که به‌طور واقعی ارائه شده است (شفارد و متزلر<sup>۱۲</sup>، ۱۹۷۱)، یک فاکتور مهم و بررسی شده است. شناخت فضایی اساساً وابسته به حل مسأله<sup>۱۳</sup> (جری<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۰)، ریاضیات<sup>۱۵</sup> (هیگارتی و کوزونیکوو<sup>۱۶</sup>، ۱۹۹۹) و آگاهی است

(پترز<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۵).

برای بررسی تعامل حرکت و شناخت نیاز به تحقیقات آزمایشی و تجربی در مورد فاکتورهای اثرگذار است. پژوهش‌ها شواهدی ارائه داده‌اند که برنامه‌ی آموزش تردستی در یک دوره‌ی سه ماهه عملکرد چرخش ذهنی در جوانان را در مقایسه با گروه کنترل که هیچ‌گونه تمرینی نداشتند بهبود داده است. به دلیل این‌که آموزش فعالیت جسمانی در مطالعات پیشین برای یک دوره‌ی بلند مدت به‌طول انجامید، جانسون و پیتهج<sup>۱۸</sup> (۲۰۱۰) علاقه‌مند بودند تا ببینند آیا یک فعالیت جسمانی کوتاه مدت (۴۵ دقیقه‌ای) چرخش ذهنی را به همان خوبی بهبود می‌دهد یا نه. برای گروه کنترل یک نوع فعالیت شناختی در نظر گرفته شده بود. دانشجویان می‌بایست به تدریس نظری فعالیت جسمانی گوش فرا می‌دادند، در حالی که به آنها برای پرسیدن درباره‌ی هر چیزی و پاسخ به سؤالات اجازه داده شده بود. هر دو گروه انتخابی بودند، زیرا هر دو در موقعیت‌های آموزشی واقعی بودند، که این اعتبار بوم‌شناختی پژوهش را بالا می‌برد (جانسون و پیتهج، ۲۰۱۰).

به‌واسطه‌ی مطالعه‌ی جانسون و همکاران (۲۰۰۹) و ارتباط نظری بین توانایی‌های حرکتی و توانایی‌های دیداری-فضایی (دیاموند، ۲۰۰۷)، فرض بر این است که دانشجویان باید از آموزش فعالیت جسمانی نسبت به یک آموزش نظری، سود بیشتری را برای توانایی چرخش ذهنی‌شان کسب کنند. این فرضیه به‌وسیله‌ی مطالعات فرایندهای عصبی مرکزی حمایت شده است.

مطالعات عصب‌روانشناختی، فعالیت قشر حرکتی در طول چرخش ذهنی (وراگا<sup>۱۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۳) را به‌خوبی افزایش تغییرپذیری بعد از آموزش تردستی (دراجانوسکی<sup>۲۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۴) در آن نواحی مغزی (شیار بین آهیانه‌ای<sup>۲۱</sup>) که در چرخش ذهنی درگیر شده است، نشان می‌دهد (جردن<sup>۲۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۱). این شواهد سرنخی برای فرض تأثیر فعالیت جسمانی بر عملکرد چرخش ذهنی را به محققین می‌دهد. پیتهج و جانسون (۲۰۱۲) تفاوت عملکرد چرخش ذهنی در دانشجویان علوم تربیتی، موسیقی و ورزش را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه تأثیر فعالیت موسیقی

1. Smith
2. Fabre
3. Gillberg
4. Etnier
5. Diamond
6. Spatial Ability
7. Campos
8. Visualization
9. Orientation
10. Mental rotation
11. Linn & Peterson
12. Shepard & Metzler
13. Problem solving
14. Gery
15. Mathematics
16. Hegarty & Kozhevnikov

17. Peters
18. Jansen & Pietsch
19. Wraga
20. Draganski
21. Intraparietal sulcus
22. Jordan

جنسیت<sup>۲۵</sup> توسط مکوبای و جاکلین<sup>۲۶</sup> (۱۹۷۴)، وجود تفاوت‌های جنسی در تکالیف شناختی به طور ثابت مورد بحث قرار گرفته است. این پژوهشگران اظهار کردند تفاوت‌های جنسی در تکالیف فضایی و کلامی وجود دارد. در مورد تفاوت‌های فضایی، مکوبای و جاکلین پیشنهاد کردند که تفاوت‌های جنسی تا نوجوانی وجود ندارد، که در نتیجه‌ی آن پسران یک برتری ادامه دار تا بزرگسالی را دارا می‌باشند. در مورد تفاوت‌های کلامی، مکوبای و جاکلین پیشنهاد کردند که تقریباً قبل از سه سالگی، دختران با سرعت بیشتری نسبت به پسران رشد داشته و مهارت‌های کلامی<sup>۲۷</sup> بالاتری دارند. از سه سالگی تا نوجوانی، پسران به حد بالا رسیده و تفاوت‌های سنی وجود ندارد، و سپس از نوجوانی تا بزرگسالی مجدداً زنان بالاتر از مردان بودند (مکوبای و جاکلین، ۱۹۷۴). بعد از انتشار مطالعات مکوبای و جاکلین، مطالعات زیادی انتشار یافتند که وجود یا عدم وجود این تفاوت‌ها را تأیید و یا رد کردند. بنابراین نتایج حاصل از فراتحلیل‌ها<sup>۲۸</sup>، استناد به این دارد که روی جمعیت‌های بالغ (بزرگسال)، تکالیف فضایی در مردان و تکالیف کلامی در زنان، برتری کلی وجود دارد (وویر، وویر و بریدن<sup>۲۹</sup>، ۱۹۹۵). تفاوت در عملکرد شناختی و چرخش ذهنی در بین پسران و دختران در جوانی و بعد از آن وجود دارد که با دوران کودکی در تناقض است. رابرتز<sup>۳۰</sup> (۲۰۰۱)، در تحقیقی با عنوان تأثیرات سن و جنس بر عملکرد چرخش ذهنی، عملکرد کلامی و فعالیت الکتریکی مغز، تفاوت‌های سنی و جنسی در این فاکتورها را مورد بررسی قرار داده است. در این مطالعه، ارتباط سن و جنس و فعالیت EEG<sup>۳۱</sup> نیمکره‌ای، و عملکرد بر تکالیف کلامی و فضایی آزمایش شده بود. نتایج، تفاوت در توانایی‌های فضایی بین مردان و پسران را نشان داد، که برای گروه دختران و زنان هیچ تفاوتی یافت نشده بود. همچنین، تفاوت در سطح عملکرد شناختی مردان و زنان (به نفع مردان) مشاهده شد که در مورد گروه پسر و دختر وجود نداشت. آخرین نتیجه از این پژوهش بسیار جالب توجه است. تجزیه و تحلیل‌های فعالیت EEG نشان داد که فعالیت خلفی ناحیه‌ی گیجگاهی چپ<sup>۳۲</sup> در مردان بیشتر از زنان است، در حالی که این تفاوت بین

و فعالیت جسمانی بلند مدت بر عملکرد شناخت فضایی به‌وسیله‌ی عملکرد چرخش ذهنی اندازه‌گیری شده با جزئیات، مورد بررسی قرار گرفته است. سه گروه، هر یک شامل ۴۰ دانشجو که در رشته‌های علوم تربیتی، موسیقی و ورزش در حال تحصیل بودند در نظر گرفته شد، که تکالیف نتایج، چرخش ذهنی بهتر را برای دانشجویان ورزش و موسیقی در مقایسه با دانشجویان علوم تربیتی نشان داد. علاوه بر این، به‌خوبی تفاوت مطلوب پسران برای هر دو دانشجویان ورزش و علوم تربیتی پیدا شد، اما برای دانشجویان موسیقی این چنین نبود. این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت حرکتی و موسیقی می‌تواند با شرایط ویژه بر عملکرد چرخش ذهنی تأثیرگذار باشند (پیتچ و جانسون، ۲۰۱۲).

موریا<sup>۳۳</sup> و همکاران (۲۰۱۲) افزایش توانایی فضایی به‌وسیله‌ی تمرین ورزشی را شاهده‌ی برای تأثیر آموزش حرکتی بر عملکرد چرخش ذهنی دانستند. این پژوهش ارتباط بین چرخش ذهنی و آموزش ورزش را بررسی کرده است. ۶۲ نفر از دانشجویان مقطع کارشناسی دانشگاه، آزمون چرخش ذهنی (وندربگ و کیوس<sup>۳۴</sup>، ۱۹۷۸) را قبل و بعد از یک دوره‌ی آموزش ۱۰ ماهه در دو نوع ورزش متفاوت، که هر کدام توانایی چرخش ذهنی را درگیر کرده (گروه کشتی) و یا درگیر نکرده است (گروه دهنده) تکمیل کردند. هر دو گروه در پیش‌آزمون نتایج یکسانی را ارائه دادند، اما گروه کشتی در پس‌آزمون عملکرد بهتری را نسبت به گروه دهنده نشان داد. با توجه به پیش‌بینی‌ای که از مطالعات قبلی وجود داشت، پسران نسبت به دختران در پیش‌آزمون و پس‌آزمون عملکرد بالاتری داشتند. از این گذشته، داده‌های خودسنجی جمع‌آوری شده بعد از هر دو جلسه، افزایش در راهبردهای سازگاری و انطباقی در پی آموزش کشتی را نشان داد، ولی برای آموزش دهنده‌ها بدین‌گونه نبود. این یافته‌ها، اثر معنادار آموزش بر عملکرد چرخش ذهنی را در ورزش‌های ویژه نشان می‌دهد. بنابراین مشاهده می‌شود به واسطه‌ی آموزشی که دستکاری بازنمایی‌های فضایی را شامل می‌شود، سازگاری با تصور انعطاف‌پذیری شناختی را تحریک کرده است. آنها در چارچوب شناخت تجسم شده بحث کرده‌اند (موریا و همکاران، ۲۰۱۲).

اما در ارتباط با تفاوت‌های جنسی در توانایی‌های فضایی و شناختی، بعد از انتشار اولیه‌ی "روانشناسی تفاوت‌های

25. The Psychology of Sex Differences

26. Maccoby & Jacklin

27. Verbal skills

28. Meta-analyses

29. Voyer & Bryden

30. Roberts

31. Electroencephalogram

32. The left temporal region

23. Moreau

24. Venderberg & Keus

دارد که هر دو فاکتور زیست‌شناختی و تجربه در تفاوت‌های جنسی هم‌بخشی دارند. بنابراین، جالب توجه است که تذکر دهیم در بازبینی دیگری از تفاوت‌های جنسی در ادبیات پیشینه‌ی غیرانسانی، پیشنهاد شد که مکانیسم‌های زیست‌شناختی<sup>۳۵</sup> اصولی، ممکن است نقش بحرانی در رشد تفاوت‌های جنسی بازی کند (رابرتز، ۲۰۰۱).

به دلیل این‌که تفاوت‌های جنسی در چرخش ذهنی و سیالی-کلامی با رشد بین کودکی و بزرگسالی ظاهر می‌شود، یک راه جالب توجه برای شناسایی، آزمایش تفاوت‌های ممکن در فعالیت مغز است، که ممکن است توأم با تفاوت‌های جنسی در رفتار باشد. مثلاً، اگر ما بدانیم که جوانان، تفاوت جنسی روی تکلیف ویژه را ارائه می‌دهند، و همچنین با تفاوت‌هایی در فعالیت مغز در طول اجرای تکلیف همراه است، در این صورت کودکان هیچ یک از تفاوت جنسی و تفاوت در فعالیت مغز را ارائه نمی‌دهند. آن‌گاه باید یک مسیر جالب توجهی از تحقیق برای دیدن چگونگی امتیاز تفاوت جنسی و همراهی پدیدار شدن تفاوت‌های مغزی باشد (رابرتز، ۲۰۰۱). در مطالعه‌ی حاضر تأثیر فعالیت حرکتی برنامه‌ی آموزش ژیمناستیک بر چرخش ذهنی با در نظر گرفتن گروه‌های پسر و دختر برای بررسی تفاوت‌های جنسی و برای اولین بار در کشورمان با استفاده از آزمون چرخش ذهنی پترز و همکاران (۱۹۹۵) انجام شد.

### روش

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی با پیش‌آزمون - پس‌آزمون و مطالعه‌ی بین‌گروهی بود. جامعه‌ی آماری شامل تمامی دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی و علوم انسانی دانشگاه ارومیه در نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۱-۹۰ بود. نمونه‌گیری به صورت هدفمند شامل ۸۰ نفر در دو گروه، گروه آزمایش (دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی، ۴۰ نفر) و گروه کنترل (دانشجویان دیگر رشته‌های علوم انسانی، ۴۰ نفر) بود که هر گروه ۲۰ نفر پسر و ۲۰ نفر دختر را شامل می‌شد. میانگین سنی پسران ۱۹/۹ سال و دختران ۲۰/۲ سال بود. شرکت در طرح تحقیقی کاملاً داوطلبانه بود و تمامی شرکت‌کنندگان از نظر جسمانی و روانی سالم بودند. برنامه‌ی آموزش ژیمناستیک: این برنامه‌ی آموزشی از حرکات پایه و ابتدایی ژیمناستیک مثل دویدن و پریدن، انواع بالانس، انواع غلتیدن، پیچ و چرخ و فلک روی زمین تشکیل شده بود.

پسران و دختران دیده نشد (رابرتز، ۲۰۰۱). اگرچه تعداد زیادی از تکالیف فردی برای آزمون توانایی فضایی وجود دارد، نتایج حاصل از فراتحلیل نشان داد که دو نوع از تکالیف فضایی، بیشترین پایایی برتری مردان را ارائه می‌دهد: تکالیف چرخش ذهنی و تکالیف ادراک فضایی (لین و پترسون، ۱۹۸۵؛ وویر، وویر و بریدن، ۱۹۹۵). در جمعیت‌های بالغ و بزرگسال (بالاتر از ۱۸ سال)، اندازه‌های تأثیر تفاوت‌های جنسیت بر تکالیف چرخش ذهنی (وویر و همکاران، ۱۹۹۵؛  $d=0/66$ ) و تکالیف ادراک فضایی (وویر و همکاران، ۱۹۹۵؛  $d=0/48$ ) بسیار مستحکم و همسان مطرح شده است (وویر، وویر و بریدن، ۱۹۹۵). مطابق رهنمودهای کوهن<sup>۳۳</sup> (۱۹۷۷) این اندازه‌های اثر در حد متوسط ایراد می‌شود (کوهن، ۱۹۷۷). در میان پسران و دختران تفاوت‌های جنسی روی چنین تکالیفی با موافقت کمتری یافت شد (وویر، وویر و بریدن، ۱۹۹۵). در مطالعه‌ی وویر و همکاران اندازه‌اثر برای کودکان زیر ۱۳ سال اندازه‌گیری شده بود (چرخش ذهنی،  $d=0/33$ ؛ ادراک فضایی،  $d=0/33$ ). بر طبق اظهارات کوهن (۱۹۷۷)، این تأثیرات کوچک هستند. به دلیل این‌که اندازه‌های اثر کودکان به‌طور قابل ملاحظه‌ای کوچک‌تر از اندازه اثر بزرگسالان است، تفاوت‌های جنسیت پایین‌تر بر تکالیف فضایی در جوانان را نتیجه می‌دهد (کوهن، ۱۹۷۷).

نیوکامی<sup>۳۴</sup> و همکارانش، کسانی که استدلال کردند این تفاوت‌ها به‌علت تجربه‌ی فردی در محیط اجرا شده می‌باشد، تفسیر دیگری از تفاوت‌های جنسی روی تکالیف فضایی را پیشنهاد داده‌اند. نتایج حاصل از استفاده از یک پرسشنامه‌ی تجربه‌ی فضایی نشان داد که دانشجویان پسر دانشگاهی نسبت به دانشجویان دختر دانشگاهی در تکالیف فضایی بیشتری شرکت کرده‌اند. بنابراین به‌وسیله‌ی فراتحلیل، ارتباط پایا بین شرکت‌کردن در فعالیت فضایی و توانایی فضایی را دریافتند، به‌طوری که شرکت‌کردن در فعالیت‌های فضایی با توانایی فضایی برای هر دو گروه پسر و دختر به‌طور مثبت همبسته بود. بنابراین محققین در این تحقیقات تصدیق کرده‌اند که برای هر دو جنس تمامی اندازه‌های اثر کوچک بود، که با تجربه‌ی تنها حدود ۹٪ بهبود در میزان نمرات آزمون ایجاد می‌شود (به نقل از رابرتز، ۲۰۰۱).

برای توانایی‌های کلامی و فضایی، احتمالاً این مورد وجود

33. Cohen

34. Newcombe

35. Biological mechanisms

همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی در تمامی موارد پیش‌آزمون، و پس‌آزمون از دانشجویان دیگر رشته‌های علوم‌انسانی، نمرات بالاتری را در آزمون چرخش ذهنی کسب نموده‌اند.

برای بررسی و تجزیه و تحلیل فرض تأثیر برنامه‌ی آموزش ژیمناستیک بر چرخش ذهنی از تحلیل کواریانس یک‌راهه (ANCOVA) استفاده شد، و نمرات پس‌آزمون به عنوان متغیر وابسته، گروه به عنوان متغیر مستقل و نمرات پیش‌آزمون به عنوان متغیر همراه وارد معادله شدند. جدول ۲ نتایج حاصل از تحلیل کواریانس را نشان می‌دهد.

نتایج مندرج در جدول فوق نشان می‌دهد که عضویت گروهی (گروه دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی و گروه دانشجویان دیگر رشته‌های علوم‌انسانی) بر افزایش چرخش ذهنی دانشجویان در مرحله‌ی پس‌آزمون مؤثر بوده است ( $F=1/77=12/96, p<0/01$ ). مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان می‌دهد که نمرات پس‌آزمون در دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی نسبت به دانشجویان دیگر رشته‌های علوم‌انسانی، بعد از تمرینات ژیمناستیک، افزایش یافته‌است.

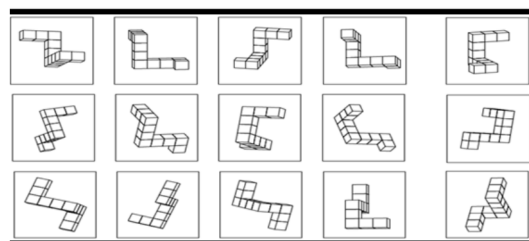
برای آزمون فرض مبنی بر مقایسه‌ی میانگین‌های چرخش ذهنی دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی و دانشجویان دیگر رشته‌های علوم‌انسانی، از آزمون t استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون این فرضیه در جدول ۳ آورده شده‌است. یافته‌های حاصل از آزمون t نشان می‌دهد که بین میانگین نمرات چرخش ذهنی دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی و

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد چرخش ذهنی در دو گروه کنترل و آزمایش در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

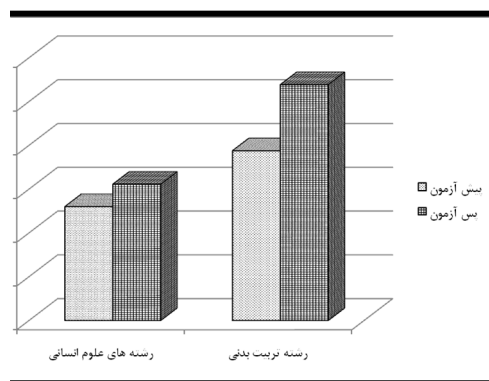
مرحله آزمون	گروه	میانگین	انحراف استاندارد	تعداد
پیش‌آزمون	رشته‌های علوم‌انسانی	۵/۲۰	۳/۲۵	۴۰
	رشته تربیت‌بدنی	۷/۷۵	۴/۸۳	۴۰
پس‌آزمون	رشته‌های علوم‌انسانی	۶/۲۲	۳/۵۷	۴۰
	رشته تربیت‌بدنی	۱۰/۷۷	۵/۴۷	۴۰

جدول ۲. نتایج تحلیل کواریانس تأثیر عضویت گروهی بر نمرات چرخش ذهنی در مرحله پس‌آزمون

عامل	درجه‌آزادی	مربع- میانگین	F	p
نمرات پیش‌آزمون چرخش ذهنی	۱	۱۱۶/۲	۱۷۷/۱۴	۰/۰۰۰
رشته (تربیت‌بدنی)	۱	۸۴/۹۵	۱۲/۹۶	۰/۰۰۱
خطا	۷۷	۶/۵۵	-	-



شکل ۱. نمونه‌ای از آزمون چرخش ذهنی (پترز و همکاران ۱۹۹۵)



نمودار ۱. میانگین نمرات در دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

این برنامه به مدت ۹ هفته، هفته‌ای دو جلسه، هر جلسه ۱/۵ ساعت به طول می‌انجامید.

آزمون چرخش ذهنی<sup>۳۶</sup> (MRT): این آزمون از اعداد ارائه شده از سوی شپرد و متزلر (۱۹۷۸)<sup>۳۷</sup> تشکیل شده است، و در اصل، از نسخه‌ی نقشه‌کشی اتوکید و آزمون چرخش ذهنی وندربریگ و کیوس می‌باشد (پترز و همکاران، ۱۹۹۵). در تحقیقات پیشین، از آزمون چرخش ذهنی به دو شکل V و K، یکی ۲۰ سؤالی و دیگری ۲۴ سؤالی استفاده شده است. آزمون چرخش ذهنی (MRT) مورد استفاده در این تحقیق، مجموعه‌ای ۲۴ سؤالی است. هر مسأله شامل یک شکل هدف در سمت راست و چهار شکل محرک در سمت چپ می‌باشد. دو شکل از چهار شکل محرک، نسخه‌ی چرخیده شده‌ی شکل هدف می‌باشد و دو شکل دیگر نمی‌تواند با شکل هدف یکسان باشد.

## یافته‌ها

جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد نمرات چرخش ذهنی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای دو گروه کنترل و آزمایش را نشان می‌دهد. با ملاحظه‌ی جدول ۱ می‌توان افزایش نمرات از پیش‌آزمون به پس‌آزمون چرخش ذهنی را مشاهده کرد.

<sup>36</sup>. Mental Rotation Test

<sup>37</sup>. Shepard & Metzler

جدول ۳. یافته‌های توصیفی و آزمون T مستقل برای مقایسه‌ی عملکرد دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی و دانشجویان دیگر رشته‌های علوم انسانی در پیش‌آزمون چرخش ذهنی

شاخص	M	SD	M	SD	df	t	p
آزمودنی	آزمایش ۴۰ نفر		کنترل ۴۰ نفر				
متغیر							
چرخش ذهنی	۷/۷۵	۴/۶۱	۵/۲۰	۳/۵۴	۷۸	۲/۷۷	۰/۰۰۷

جدول ۴. یافته‌های توصیفی و آزمون تی مستقل برای مقایسه‌ی عملکرد پسران و دختران در پیش‌آزمون چرخش ذهنی

شاخص	M	SD	M	SD	df	t	p
آزمودنی	پسران ۴۰ نفر		دختران ۴۰ نفر				
متغیر							
چرخش ذهنی	۷/۷۵	۴/۶۱	۵/۲۰	۳/۵۴	۷۸	۲/۷۷	۰/۰۰۷

پیش‌دستانی پرداخته بود، می‌توان استنباط کرد که بازی‌ها و فعالیت بدنی سبب تسریع رشد توانایی‌های ذهنی کودکان می‌شود؛ یعنی چون بازی و فعالیت بدنی هر دو درگیری‌های حرکتی در کودک را شامل می‌شوند، تأثیر حرکت بر توانایی‌های ذهنی را نشان می‌دهد و می‌توان به اهمیت فعالیت حرکتی و جسمانی در رشد توانایی‌های ذهنی‌ای چون آگاهی فضایی پی برد.

جاسون و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر آموزش تردستی و دستکاری بر عملکرد چرخش ذهنی در کودکان پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد کودکانی که یادگیری اجرای تردستی و دستکاری را داشتند تکلیف چرخش ذهنی را در دوره‌هایی از زمان عکس‌العمل، بدون زاویه‌ی صفر درجه، سریع‌تر از افرادی که تمرین قدرتی داشتند انجام دادند. در نهایت نتیجه‌ی کلی برآمده از این تحقیق نشان می‌دهد از آنجایی که مهارت‌های چرخش ذهنی، قدرت فضایی تخیل، حل‌مسأله و مهارت‌های ریاضی را افزایش می‌دهد (جری و همکاران، ۲۰۰۰؛ هیگارتی و کوزونیکوو، ۱۹۹۹؛ جاسون و همکاران، ۲۰۱۱؛ پترز و همکاران، ۱۹۹۵)، ممکن است آموزش تردستی نیز دیگر حیطه‌های شناختی را افزایش دهد و یک ابزار کاربردی با ارزش در فرایندهای آموزش و پرورش باشد که نشان می‌دهد تمرین برنامه‌ی حرکتی می‌تواند اثرات مثبتی در جهت افزایش توانایی چرخش ذهنی داشته باشد، که این نتایج فرض اول تحقیق حاضر با این یافته‌ها همسو می‌باشد.

در تحقیقی که موریا (۲۰۱۲) انجام داده است نیز نتایج به همین صورت بود. در این تحقیق که نمونه‌ها شامل کشتی‌گیران برای گروه آزمایش و غیرورزشکاران برای گروه-کنترل بودند، به بررسی تفاوت‌های فردی در تجربه‌ی حسی-حرکتی در توانایی‌های فضایی در سه موقیت متفاوت

دانشجویان دیگر رشته‌های علوم انسانی در متغیر چرخش ذهنی تفاوت معناداری وجود دارد ( $p \leq 0.01$ ). بنابراین در توانایی چرخش ذهنی، دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی نسبت به دانشجویان دیگر رشته‌های علوم انسانی می‌توانند عملکرد بهتری داشته باشند.

در نهایت برای بررسی تفاوت توانایی چرخش ذهنی در دانشجویان پسر و دختر نیز از آزمون t استفاده شد.

یافته‌های حاصل از آزمون t نشان می‌دهد که بین میانگین نمرات چرخش ذهنی پسران دانشجو و دختران دانشجو در متغیر چرخش ذهنی تفاوت معناداری وجود دارد ( $p \leq 0.01$ ). بنابراین جنسیت در چرخش ذهنی تأثیر دارد، چنان‌که ملاحظه می‌شود، در توانایی چرخش ذهنی، پسران دانشجو نسبت به دختران دانشجو می‌توانند عملکرد بهتری داشته باشند.

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد بین میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون چرخش ذهنی در گروه دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی تفاوت معناداری وجود دارد. به عبارت دیگر، دوره‌ی تمرین برنامه‌ی آموزش ژیمناستیک باعث افزایش توانایی چرخش ذهنی شرکت‌کنندگان شده‌است. این یافته‌ها، با نتایج تحقیق موریا، ۲۰۱۲ و جاسون و پتچ، ۲۰۱۰ و جاسون و همکاران، ۲۰۱۱، که نشان می‌دهد تمرین حرکتی و فعالیت جسمانی می‌تواند بر چرخش ذهنی اثرگذار باشد، همسو می‌باشد.

برای شروع بحث در این رابطه، اشاره به این که فعالیت‌های بدنی و حرکتی می‌تواند بر رشد ذهنی تأثیرگذار باشد، می‌تواند سرآغازی بر تأثیر فعالیت حرکتی بر توانایی فضایی باشد. طبق یافته‌های سنه و همکاران (۱۳۸۷)، که به بررسی تأثیر فعالیت‌های بدنی و بازی بر رشد توانایی‌های ذهنی پسران

ذهنی به‌وسیله‌ی آموزش تمرین ژیمناستیک فعال و درگیر می‌شوند، توانایی چرخش ذهنی نیز افزایش می‌یابد (ویجلت و همکاران، ۲۰۱۱).

یافته‌های به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل فرضیه‌ی دوم نشان می‌دهد بین میانگین چرخش ذهنی دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی و دانشجویان دیگر رشته‌های علوم انسانی تفاوت معناداری به نفع دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی وجود دارد.

نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر با یافته‌های پیتچس و جانسون (۲۰۱۲) که به بررسی تفاوت چرخش ذهنی بین دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی، علوم تربیتی و موسیقی پرداخته بودند، همسو می‌باشد. در این پژوهش نشان داده شده بود که دانشجویان رشته‌ی موسیقی و تربیت‌بدنی نسبت به دانشجویان رشته‌ی علوم تربیتی در توانایی چرخش ذهنی برتری دارند. این پژوهش اثرات تمرین را بیشتر مورد نظر داشت که هر چه دانشجویان در زمینه‌ی موسیقی و ورزش ساعات تمرینی بیشتری را داشتند، عملکرد چرخش ذهنی بالاتری را نشان می‌دادند. در نهایت، این تحقیق چرخش ذهنی بهتر در گروه موسیقی و تربیت‌بدنی را مربوط به اثر تمرین، شایستگی حرکتی و بهبود درک فضایی در مناطق مربوط به چرخش ذهنی می‌داند. بنابراین می‌توان گفت دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی به دلیل تمرین و درگیری‌های حرکتی در همان مناطق مغزی درگیر در چرخش ذهنی و شایستگی حرکتی که موجب درک فضایی بیشتر می‌شود، نسبت به دانشجویان دیگر رشته‌های علوم انسانی که فعالیت حرکتی خاص و منظم و در نتیجه درگیری حسی حرکتی ندارند، در توانایی چرخش ذهنی برتر می‌باشند.

از طرفی همان‌طور که قبلاً اشاره شد، برای تبیین این نتیجه می‌توان به هم‌راستایی فعالیت مغزی در قسمت‌های مشابهی از قشر مغز در چرخش ذهنی و فعالیت جسمانی اشاره کرد که به‌وسیله‌ی مطالعات عصب-روانشناختی مورد بررسی قرار گرفته است. هرچند که فعالیت اشاره شده برای یک دوره‌ی بلند مدت فعالیت جسمانی نشان داده شده بود، ولی در کل به وجود هم‌راستایی فعالیت مغزی چرخش ذهنی و فعالیت حرکتی در قشر مغز اشاره دارد که باعث عملکرد بهتر در چرخش ذهنی می‌شود (ویجلت و همکاران، ۲۰۱۱).

همچنین در پژوهش جانسون و پیتچ (۲۰۱۰) مشاهده گردید که آموزش حرکتی نسبت به آموزش شناختی در افزایش توانایی‌های فضایی و شناختی تأثیرات بیشتری دارد و پیشنهاد داده‌است که برای افزایش توانایی‌های فضایی و تکالیف شناختی در مدارس از آموزش حرکتی و جسمانی

چرخش ذهنی، چرخش ذهنی با تداخل دیداری و چرخش ذهنی با تداخل حرکتی پرداخته بود، که نتایج نشان داد هر دو گروه به‌طور مساوی به‌وسیله‌ی تکلیف تداخل دیداری، آنچه در ادبیات پیشینه فرض شده بود، تحت تأثیر قرار گرفتند. بنابراین، تکلیف مداخله‌ی حرکتی با عملکرد چرخش ذهنی کشتی‌گیران همجوشی بسیار بیشتری نشان داد. این یافته‌ها پیشنهاد کرد نخبگان در فعالیت‌های حرکتی، بیشتر روی فرایندهای حرکتی در حل مسأله‌ی چرخش ذهنی سه بعدی تکیه می‌کنند. همچنین این پژوهش نشان داد تکلیف تداخل حرکتی بر ورزشکاران نخبه‌ی کشتی، نسبت به غیرورزشکاران مؤثرتر است. یافته‌های حاصل از فرضیه‌ی اول در تحقیق حاضر نیز با این یافته‌ها همسو است. یعنی یک برنامه‌ی تداخل حرکتی بر چرخش ذهنی دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی اثر معنادار داشته و با توجه به این که برنامه‌ی تداخل حرکتی در پژوهش حاضر برنامه‌ی ژیمناستیک است که کل بدن را درگیر می‌کند، با برنامه‌ی مداخله‌ی کشتی‌گیران که آنها نیز درگیری در کل بدن را دارند، هم‌خوانی دارد. بنابراین احتمال این افزایش را می‌توان با توجه به این تحقیق، به درگیری حل مسأله‌ی حرکتی دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی در چرخش ذهنی نسبت داد. همچنین با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان افزایش چرخش ذهنی دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی پس از آموزش برنامه‌ی ژیمناستیک را ناشی از تجربه‌ی حسی- حرکتی ناشی از این برنامه دانست که بر چرخش ذهنی اثرگذار است.

براساس مطالعات عصب-روانشناختی، فعالیت در قشر حرکتی مغز در طول چرخش ذهنی به‌خوبی هنگامی که در فعالیت حرکتی درگیر بوده است، وجود دارد و مشاهده شده که در نواحی مغزی درگیر در چرخش ذهنی، فعالیت‌هایی ایجاد شده است (موریا، ۲۰۱۲؛ ویجلت<sup>۳۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). این شواهد تأثیر فعالیت جسمانی بر توانایی چرخش ذهنی را از نظر عصب-روانشناختی توضیح می‌دهد. با توجه به این یافته‌ها می‌توان یکی از دلایل عمده‌ی افزایش در چرخش ذهنی دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی را پس از یک دوره برنامه‌ی آموزش ژیمناستیک، هم‌راستایی فعالیت مغزی در قسمت‌های مشابهی از قشر مغز در چرخش ذهنی و فعالیت جسمانی که به‌وسیله‌ی مطالعات عصب-روانشناختی مورد بررسی قرار گرفته است، دانست. این بدان معناست هنگامی که قسمت‌های درگیر در قشر مغز برای چرخش

<sup>38</sup>. Weigelt

مختلف ورزشی در رشته‌های متفاوت برای پسران نسبت به دختران بسیار بیشتر وجود دارد و نسبت شرکت کنندگان در این فعالیت‌ها برای پسران بسیار بیشتر است.

مطالب مذکور اشاره به این دارد که پسران در تجربه‌های متفاوت اثرگذار بر توانایی‌های فضایی و چرخش ذهنی درگیری بیشتری دارند و با توجه به فرهنگ و مقبولیت اجتماعی، پسران آزادانه‌تر می‌توانند در محیط‌های مختلف خارج از محیط مدرسه به کسب این‌گونه تجربه‌ها اهتمام ورزند. این موارد اشاره به تجربه‌ی افتراقی متفاوت بین پسران و دختران دارد که برای پسران بسیار بیشتر و متفاوت‌تر از دختران است. بنابراین قابل پذیرش و منطقی است که با توجه به تجربه‌های افتراقی، پسران در توانایی‌های فضایی نسبت به دختران، برتری داشته باشند (سنه، سلمان و آقازاده، ۱۳۸۷؛ جری و همکاران، ۲۰۰۰؛ جاست و کارپنتر، ۱۹۸۵؛ لین و پترسون، ۱۹۸۵).

بنابراین با توجه به آنچه در مطالعه‌ی حاضر مشاهده شد می‌توان به تعامل بین حرکت و شناخت بیش از پیش پی برد و به سود و منفعت حاصل از شرکت در فعالیت‌های حرکتی بر توانایی‌های فضایی و به طور خاص چرخش ذهنی اشاره کرد. همچنین می‌توان به تفاوت‌های جنسی در چرخش ذهنی اشاره کرد و توانایی چرخش ذهنی متفاوت بین پسران و دختران را برای برنامه‌های آموزشی در سطوح مختلف مدنظر قرار داد.

از آنجایی که تحقیق حاضر نشان داد فعالیت حرکتی و جسمانی بر چرخش ذهنی تأثیر دارد، پیشنهاد می‌شود که برنامه‌های حرکتی برای دوره‌های مختلف سنی، خصوصاً برای کودکان در مدرسه ارائه شود تا توانایی‌های شناختی، فضایی و چرخش ذهنی در آن‌ها افزایش یابد.

### منابع

- Campos, J. J., Anderson, D. I., Roth, M. A. B. E., Hub-bard, M., Hertenstein M. J., Witherington, D. (2000). Travel Broadens the Mind. *Infancy*, 1(2), 149-219.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analyses for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Dehon, H., Bredart, S. (2004). False memories: Young and older adults think of semantic associates at the same rate, but young adults are more successful at source monitoring. *Psychology and Aging*, 19, 191-197.
- Diamond, A. (2007). Interrelated and Interdependent. *Developmental Science*, 10(1), 152-158.

استفاده شود. این نتایج نشان می‌دهد که آموزش حرکتی نسبت به آموزش شناختی یا آموزش شفاهی می‌تواند تأثیرات افزون تری را بر توانایی‌های ذهنی داشته باشد، که چرخش ذهنی را نیز شامل می‌شود. بنابراین می‌توان توانایی چرخش ذهنی بالاتر در دانشجویان رشته‌ی تربیت‌بدنی نسبت به دانشجویان دیگر رشته‌های علوم انسانی را به دلیل آموزش‌های حرکتی بیشتر و یادگیری حرکتی مؤثر بر توانایی شناختی دانست.

نیوکامبی و همکارانش، وجود تفاوت‌های جنسی را به دلیل تجربه‌ی فردی در محیط می‌دانند و محققین دیگر به دلیل هورمون‌های متفاوت و ساختار متفاوت مغز می‌دانند. همان‌گونه که اشاره شد دانشجویان پسر نسبت به دانشجویان دختر در تکالیف فضایی بیشتری شرکت می‌کنند (نیوکامبی، باندورا، و تیلور، ۱۹۸۳؛ به نقل از رابرتز، ۲۰۰۱). بنابراین نتایج حاصل از فراتحلیل، ارتباط پایا بین شرکت کردن در فعالیت-فضایی و توانایی فضایی را دریافتند، به طوری که شرکت کردن در فعالیت‌های فضایی با توانایی فضایی برای هر دو گروه مرد و زن به طور مثبت همبسته بود (باینینگر و نیوکامبی، ۱۹۸۹؛ به نقل از رابرتز، ۲۰۰۱).

همچنین نتایج تحقیقات در زمینه‌ی تجربه‌های متفاوت پسران و دختران نشان می‌دهد که پسران بیشتر به بازی‌های رایانه‌ای می‌پردازند و دختران بسیار کمتر به این بازی‌ها علاقه دارند و نسبت به پسران کمتر در این‌گونه بازی‌ها شرکت می‌کنند. تحقیقات تأثیر تجربه‌ی بازی‌های رایانه‌ای بر توانایی‌های فضایی، به‌ویژه چرخش ذهنی را نشان داده است (پورمحسنی، وفایی و فلاح، ۱۳۸۳؛ موئه، ۲۰۱۲؛ رابرتز، ۲۰۰۱).

از این گذشته پسران نسبت به دختران در محیط‌های اجتماعی رفت و آمد دارند و تجربه‌های خاص بیشتری را به‌دست می‌آورند. این تجربه‌ها به عنوان مثال موتورسواری، دوچرخه‌سواری در پارک، رفتن به محل کار والدین، خرید در بازار و غیره، بیشتر معطوف به پسران است و دختران تجربه‌های اجتماعی بیرون از محیط مدرسه را کمتر احساس می‌کنند (سنه، سلمان و آقازاده، ۱۳۸۷؛ جری و همکاران، ۲۰۰۰؛ لین و پترسون، ۱۹۸۵).

همچنین شرکت در انواع فعالیت‌های تربیت‌بدنی خارج از محیط مدرسه را نیز پسران بیشتر از دختران تجربه دارند و به انواع فعالیت‌های بدنی و ورزشی خارج از برنامه درسی و مدرسه می‌پردازند (پورمحسنی، وفایی و فلاح، ۱۳۸۳؛ جاست و کارپنتر، ۱۹۸۵). همان‌گونه که مشخص است لیگ‌های



- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bog-dahn, U., May, A. (2004). Neuroplasticity: Changes in Grey Matter Induced by Training. *Nature*, 427(6972), 311-312.
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., Sibley, B. A. (2006). A Meta-Regression to Examine the Relationship between Aerobic Fitness and Cognitive Performance. *Brain Research Reviews*, 52(1), 119- 130.
- Fabre, C., Chamari, K. Mucci, P., Massé-Biron J., Préfaut, C. (2002). Improvement of Cognitive Function by Mental and/or Individualized Aerobic Training in Healthy Elderly Subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 23(6), 415-421.
- Geary, D. C., Sauls, S. J., Liu, F. Hoard, M. K. (2000). Sex Differences in Spatial Cognition, Computational Fluency, and Arithmetical Reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77(4), 337-353.
- Gillberg, C. (2003). Deficits in Attention, Motor Control, and Perception: A Brief Review [Oct]. *Archives of Disease in Childhood*, 88 (10), 904-910.
- Hegarty, M., Kozhevnikov, M. (1999). Types of Visual-Spatial Representations and Mathematical Problem Solving. *Journal of Educational Psychology*, 91(4), 684-689.
- Jansen, P., Léonie, F., Lange, Heil. (2011). The influence of juggling on mental rotation performance in children. *Biomedical Human Kinetics*, 3, 18 – 22, 2011.
- Jansen, P., Pietsch, S. (2010). Physical Activity Improves Mental Rotation Performance. *Creative Education*, 1, 58-61.
- Jansen, P., Titze, C., Heil, M. (2009). The Influence of Juggling on Mental Rotation Performance. *Journal of International Sport Psychology*, 40(1): 351-359.
- Jordan, K., Heinze, J., Lutz, K., Kanowski, M., Jäncke, L. (2001). Cortical Activations during the Mental Rotation of Different Visual Objects. *Neuroimage*, 13(1), 143-152.
- Just, M. A., Carpenter, P.A. (1985). Cognitive coordinate systems: Accounts of mental rotation and individual differences in spatial ability. *Psychological Review*, 92, 137-171.
- Linn, M. C., Peterson, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex-Differences in Spatial Ability: A Meta- Analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498.
- Maccoby, E. E., Jacklin, C. N. (1974). *The Psychology of Sex Differences*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Moè, A. (2012). Gender difference does not mean genetic difference: Externalizing improves performance in mental rotation. *Learning and Individual Differences*, 22, 20–24.
- Moreau, D. (2012). The role of motor processes in three-dimensional mental rotation: Shaping cognitive processing via sensorimotor experience. *Learning and Individual Differences*. 22(3), 354–359.
- Moreau, D., Clerc, J., Mansy-Dannay, A., Guerrien, Alain. (2012). Enhancing spatial ability through sport practice: Evidence for an effect of motor training on mental rotation performance. *Journal of Individual Differences*, 33(2), 83-88.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R. (1995). Richardson C. A Redrawn Vandenberg & Kuse Mental Rotations Test: Different Versions and Factors that affect Performance. *Brain and Cognition*, 28: 39-58.
- Pietsch, S., Jansen, P. (2012). Different mental rotation performance in students of music, sport and education. *Journal of Learning and Individual Differences*, 22, 159–163.
- Poormohseni, F., Vafae, M., Fallah, A. (2005). The impact of computer games on children's mental rotation ability. *Advances in Cognitive Science*, 6(3), 75-84. [In Persian]
- Roberts, J. (2001). *The Effects of Age and Sex on Mental Rotation Performance, Verbal Performance, and Brain Electrical Activity*. PhD Dissertation, University of Virginia Polytechnic Institute and State.
- Sene, A., Salman, Z., Aghazadeh, M. (2008). The effect of physical activity and game on mental abilities of preschool boys. *Journal of Educational Innovations*, 26 (20), 87-106. [In Persian].
- Shepard, R. N., Metzler, J. (1971). Mental Rotation of Three- Dimensional Objects. *Science*, 171(972), 701-703.
- Smith, L. B. Thelen, E., Titzer, R., McLin, D. (1999). Knowing in the Context of Acting: The Task Dynamics of the A-not-B Error. *Psychological Review*, 106(2), 235-260.
- Voyer, D., Voyer, S., Bryden, M.P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250-270.
- Weigelt, M., Steggemann, Y., Engbert, K. (2011). Selective effects of motor expertise in mental body rotation tasks: Comparing object-based and perspective transformations. *Brain and Cognition*, 76, 97–105.
- Wraga, M., Thompson, W. L., Alpert, N. M., Kosslyn, S. M. (2003). Implicit Transfer of Motor Strategies in Mental Rotation. *Brain and Cognition*, 52(2), 135-143.