Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry
Vol. 6/ No. 5/ 2019
Page: 27-40

Relationship prenatal testosterone with spatial abilities in male and female athletes: Visual Search Technique

Masoomeh Parvaneh[1], Hassan Mohamadzadeh[2]

1-Phd student of Motor Behavior, Faculty of Sports Science, University of Urmia, Iran (Corresponding Author).
E-mail: Masoomeh.parvaneh@yahoo.com
2- Professor of Motor Behavior group, Faculty of Sports Science, University of Urmia, Urmia, Iran.

Received: 28/06/2019 **Accepted:** 24/11/2019

Abstract

Introduction: The 2D: 4D ratio is a predictable marker for prenatal testosterone, associated with a wide range of different sexual behaviors.

Aim: The purpose of the present study is to focus on 2D: 4D and its possible role as a biological marker that affects spatial abilities in male and female athletes.

Method: The present study was descriptive-correlational. Samples were selected in form random available. The sample consisted of 40 female athletes and 40 male athletes. To evaluate spatial abilities, the mental rotation test (MRT) and targeting ability were used. Also in this test were used of eye tracking device for the purpose of reviewing eye movements during task performance targets. To test the pre-natal testosterone, the ratio of the second to fourth finger was measured by measuring the length of the fingers by tape measure. Data were analyzed using Pearson correlation coefficient.

Results: The findings showed that there was a negative and significant relationship between the second to fourth finger ratio and spatial abilities ($p<0.01$). Also, there was a significant relationship between 2D:4D and visual attention indices in this study ($p<0.01$).

Conclusion: The findings could explain how men and women Hyperandrogenic benefit from the effects of enhancing the function of androgens in sports that spatial abilities associated with better performance.

Keywords: Testosterone, Spatial abilities, Eye movements, Sexual differences

How to cite this article : Parvaneh M, Mohamadzadeh H. Relationship prenatal testosterone with spatial abilities in male and female athletes: Visual Search Technique. Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry. 2019; 6 (5): 27-40 .URL: http://shenakht.muk.ac.ir/article-1-544-fa.pdf

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBY-NC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

مجله روانشناسی و روان پزشکی شناخت
سال ششم، شماره ۵، ۱۳۹۸
صفحات: ۴۰-۲۷

ارتباط تستوسترون پیش از تولد با توانایی‌های فضایی در ورزشکاران زن و مرد: تکنیک جستجوی بینایی

معصومه پروانه[۱]، حسن محمدزاده[۲]

۱.دانشجوی دکتری ،گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ایران (مولف مسئول).
ایمیل: Masoomeh.parvaneh@yahoo.com
۲. استاد گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۰۷ **تاریخ پذیرش مقاله:** ۱۳۹۸/۰۹/۰۳

چکیده

مقدمه: نسبت انگشت دوم به چهارم نشان گری قابل پیش‌بینی برای تستوسترون پیش از تولد است که با طیف گسترده‌ای از رفتارهای متفاوت از نظر جنسی ارتباط دارد.

هدف: هدف از مطالعه حاضر تمرکز بر 2D:4D و نقش احتمالی آن به عنوان نشانگر زیستی بر توانایی‌های فضایی در ورزشکاران زن و مرد است.

روش: پژوهش حاضر از نوع توصیفی - همبستگی بود. نمونه‌ها به صورت تصادفی در دسترس انتخاب شدند. نمونه پژوهش شامل ۴۰ ورزشکار زن و ۴۰ ورزشکار مرد بود. برای ارزیابی توانایی‌های فضایی از آزمون چرخش ذهنی (MRT) و توانایی هدف‌گیری استفاده شد. همچنین در این آزمون از دستگاه ردیابی چشم به منظور بررسی و بازبینی حرکات چشم به هنگام اجرای تکلیف هدف‌گیری استفاده شد. برای بررسی تستوسترون پیش از تولد از نسبت انگشت دوم به چهارم به‌وسیله اندازه‌گیری طول انگشتان توسط متر نواری استفاده شد. داده‌ها با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون تحلیل شدند.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد بین نسبت انگشت دوم به چهارم و توانایی‌های فضایی رابطه منفی و معناداری وجود داشت ($p<۰/۰۱$). همچنین بین 2D:4D با شاخص‌های توجه بینایی در این پژوهش رابط معناداری وجود داشت ($p< ۰/۰۱$).

نتیجه‌گیری: این یافته‌ها می‌تواند توضیح دهد که چگونه مردان و زنان هیپرآندروژنیک از اثرات تقویت عملکرد آندروژن‌ها در ورزش‌هایی که توانایی‌های فضایی با عملکرد بهتر ارتباط دارد، سود می‌برند.

کلید واژه ها: تستوسترون، توانایی‌های فضایی، حرکات چشم، تفاوت‌های جنسی

تمامی حقوق نشر براي دانشگاه علوم پزشکی کردستان محفوظ است.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

مقدمه

توانایی‌های فضایی جزئی از هوش سیال‌اند که به سه دسته شامل ادراک فضایی[1]، چرخش ذهنی[2] و تصویرسازی فضایی[3] تقسیم‌شده‌اند. فرض بر این است که سطوح بالاتری از آندروژن‌های پیش از تولد در مردان سیستم‌های مغز را سازمان‌دهی می‌کنند که از توانایی چرخش ذهنی بهتر حمایت می‌کنند. اگرچه در هوش عمومی تفاوتی بین مردان و زنان وجود ندارد، تفاوت‌های جنسیتی در جنبه‌های خاصی از عملکرد شناختی وجود دارد، از جمله برخی از توانایی‌های فضایی و ریاضی که مردان به طور متوسط نسبت به زنان برتری دارند (کولر و هاینز، ۱۹۹۵؛ هالپرن[4]، ۲۰۰۰). بزرگ‌ترین تفاوت آن‌ها در برخی از توانایی-های فضایی است، بخصوص توانایی چرخش ذهنی (توانایی چرخش سریع و دقیق اشکال در ذهن) و عملکرد هدف‌گیری (توانایی برای هدف‌گیری دقیق پرتابه در قطب مشخصی در فضا). بر طبق نظریه سازمان مغز[5] اگرچه تأثیرات شناختی هورمون‌های پیش زادی مبهم هستند، اما این هورمون‌ها بدون شک بر روی رشد بخش‌های مختلف بدن از جمله تقارن پاها و انگشتان در طی بارداری تأثیر می‌گذارند. یکی از این تأثیرات مربوط به نسبت طول انگشت اشاره (انگشت دوم) در مقایسه با انگشت حلقه (انگشت چهارم) است. از آنجایی که مقدار بالای تستوسترون منجر به افزایش طول انگشت چهارم نسبت به انگشت دوم می‌گردد (منینگ[6]، ۲۰۰۲)، نسبت انگشت دوم به چهارم توسط بسیاری از افراد به عنوان واسطی برای ارزیابی میزان تستوسترون پیش‌زادی در رحم به کار برده می‌شود.

همچنین از آنجایی که الگوهای ساختاری ذهن ایجاد شده هم‌زمان با تعیین طول انگشت (در طی سه ماهه اول یا اوایل سه‌ماهه دوم بارداری) انجام می‌گیرند، نسبت انگشت دوم به چهارم ایده‌ای در مورد میزان تقسیم وظایف بین نیمکره‌های مغز در طی این دوره ارائه می‌دهد (بروسنان[7]، ۲۰۰۶). گشواند و گالابوردا[8] (۱۹۸۵) پیشنهاد کردند که تستوسترون قبل از تولد باعث افزایش رشد نیمکره راست می‌شود و به همین علت با توانایی‌های فضایی خوب همراه است. توانایی فضایی عمومی و استراتژی فضایی مورد نظر یک صفت جنسی دارای دو شکل است که تصور می‌شود در دوران جنینی تحت تأثیر نسبت هورمون تستوسترون / استروژن قرار می‌گیرد (جفری و همکاران[9]، ۲۰۱۱). ژن‌های هموباکس[10] (به ویژه اچ او ایکس آ و اچ او ایکس د[11]) که در هفته چهاردهم بارداری فعال شده و مسئولیت تمایز هر دو گناد و رشد انگشت را بر عهده دارند، به عنوان اساس ارزیابی نسبت تستوسترون پیش زادی ـ انگشت به کار برده می‌شوند (کوندو و همکاران[12]، ۱۹۹۷). در انگشت حلقه (رقم چهارم)، تستوسترون فرآیند تقسیم سلولی و تشکیل غضروف و استخوان را بر عهده دارد و در نتیجه بالا بودن میزان تستوسترون به معنای بلند بودن انگشت حلقه است در مقابل هورمون استروژن، کندکنندهٔ فرآیند تقسیم سلولی در انگشت حلقه است (حق پرست، ۱۳۹۰). نسبت بین طول رقمی انگشت دوم و انگشت چهارم (2D:4D) نسبت رقمی نامیده می‌شود (منینگ، ۲۰۰۲). نسبت رقمی یک صفت جنسی است که دارای دو شکل است. نسبت های پایین 2D/4D مربوط به

[1]. Spatial Perception
[2]. Mental Rotation
[3]. Spatial Imaging
[4]. Collaer, Hines & Halpern
[5]. Brain organization theory
[6]. Manning
[7]. Brosnan
[8]. Geschwind& Galaburda
[9]. Jeffrey et al
[10]. Homeobox (HoX) gene
[11]. HOXA & HOXD
[12]. Kondo et al

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

مردان هستند (به طور متوسط ۰/۹۸، در مقایسه با متوسط ۱ برای زنان) که این موارد نتیجه مقدار بالای تستوسترون پیش از تولد می‌باشند (براون و همکاران[1]، ۲۰۰۲). نسبت 2D/4D بعد از ۲ سالگی تقریباً ثابت بوده و میزان تستوسترون موجود در بدن ارتباطی با این نسبت ندارد، این بدین معناست که نسبت 2D/4D صرفاً نشانگر میزان هورمون‌ها پیش از تولد بوده و اطلاعات کلی در مورد میزان هورمون‌ها ارائه نمی‌دهد (یوهانس و همکاران[2]، ۲۰۰۷). بنابراین، نسبت 2D/4D امروزه صرفاً به عنوان معیاری قابل اعتماد برای اندازه‌گیری میزان هورمون‌های پیش از تولد به کار برده می‌شود. پژوهش‌های اولیه با هدف بررسی مبانی بیولوژیکی رفتار، اثرات سازمانی تستوسترون پیش از تولد را بر پارامترهای مختلف روان شناختی و عملکرد شناختی را شناسایی کرده است (والا و سسی[3] ۲۰۱۱؛ مولر و همکاران[4] ۲۰۱۷). در پژوهش‌های قبلی این فرضیه تأیید شده بود که فرآیندهای توجه برای توانایی چرخش ذهنی ممکن است بین مردان و زنان متفاوت باشد (جوردن و همکاران، ۲۰۰۲؛ پیترز[5]، ۲۰۰۵). در بررسی این فرآیند با مفهوم رفتار- هورمون می‌توان به بررسی و بازبینی حرکات چشم در زنان و مردان با اجرای مهارت پرتاب دارت که نتیجه‌گیری‌های قوی‌تری در مورد فرایندهای شناختی (به طور ویژه تخصیص توجه بصری شامل مدت تثبیت و تعداد تثبیت) به دست دهد، همچنین میزان عملکرد هدف‌گیری و اجرای آزمون چرخش ذهنی (پیترز و همکاران[6]، ۱۹۷۸) که نشان دهنده تفاوت‌های افراد در توانایی‌های فضایی هستند، پرداخت. توضیحات برای بررسی حرکات چشم در پژوهش‌ها در مورد فرآیندهای شناختی مرتبط با جنس شامل شواهدی است که الگوهای حرکات چشم می‌توانند بین افرادی که به طور موفقیت آمیز و عدم موفقیت یک آزمون چرخش ذهنی را حل می‌کنند، متفاوت باشد (گرانت و اسپیوی[7]، ۲۰۰۳). شواهدی وجود دارد که حرکات چشم یک معیار ضمنی، بی‌نظیری از عملکرد است (ریچاردسون و اسپیوی[8]، ۲۰۰۰). در مقایسه با اندازه-گیری زمان واکنش، حرکات چشم، نتیجه‌گیری قوی-تری در مورد عملکرد شناختی، به ویژه تخصیص توجه بصری فراهم می‌کند (هیو[9]، ۲۰۰۴). به عنوان مثال، شاخص‌های توجه بصری مانند تعداد و مدت تثبیت (راینر،[10] ۱۹۹۸). تثبیت، توقف هدفمند چشم در یک بخش خاص از محیط بصری و نشان دادن جایی است که توجه بصری عمداً به آن اختصاص داده می‌شود (کوموگورت سیو و کارپوو[11]، ۲۰۱۳). تثبیت بین ساکادها زمانی که چشم ثابت است اتفاق می‌افتد ویژگی‌های این تثبیت‌ها نظیر تعداد، موقعیت و مدت آن‌ها برای پی بردن به اینکه اجراکننده چگونه و به چه اطلاعاتی توجه می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (ویلیامز و اریکسون[12]، ۲۰۰۵) به نظر می‌رسد که مدت دوره تثبیت نشان دهنده اهمیت نسبی و پیچیدگی منطقه نمایش برای مشاهده کننده است و تعداد تثبیت ها، منعکس‌کننده نیازهای پردازش اطلاعات برای اجراکننده است (جاست و کارپنتر[13]، ۱۹۷۸). با توجه به اینکه عمل آندروژن پیش از تولد ممکن است بر سیستم‌های مغز تأثیر بگذارد که شناسایی محرک‌های کاری مناسب را به‌ویژه در ورزش‌هایی که توانایی‌های

[1]. Brown et al
[2]. Ho¨nekopp et al
[3]. Valla & Ceci
[4]. Muller et al
[5]. Jordan et al; Peters
[6]. Peters et al
[7]. Grant & Spivey
[8]. Richardson& Spivey
[9]. Hayhoe
[10]. Rayner
[11]. Komogortsev & Karpov
[12]. Williams & Ericksson
[13]. Just & Carpenter

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

فضایی با عملکرد بهتر ارتباط دارد، آسان می‌کند فرض پژوهش این است که 2D:4D با توانایی‌های فضایی ارتباط دارد. نسبت رقمی اطلاعات بسیار ارزشمند و جالبی درباره ویژگی‌ها و رفتار و عملکرد هر فرد آشکار می‌کند بنابراین یافته‌های این پژوهش از نخستین گام‌هایی برای درک بهتر علل زیست‌شناختی فرایندهای شناختی است که می‌تواند پیش بینی‌کننده در توانایی‌های ذهنی افراد را در اختیار محققان قرار دهد. با توجه به اینکه تاکنون در داخل پژوهشی که ارتباط نسبت رقمی با چرخش ذهنی، به‌ویژه میزان عملکرد شناختی از طریق حرکات چشم ورزشکاران را نشان دهد، انجام نشده است از این رو هدف اصلی از این پژوهش این است که آیا نسبت رقمی انگشتان متأثر از هورمون‌های دوران بارداری با توانایی‌های فضایی در ورزشکاران زن و مرد در طول اجرای تکالیف شناختی ارتباط دارد؟

روش

پژوهش حاضر برحسب ماهیت موضوع و اهداف پژوهش از نوع توصیفی- همبستگی بود. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی دانشجویان تربیت بدنی دانشکدهٔ علوم ورزشی دانشگاه ارومیه بود. نمونه‌گیری به صورت تصادفی در دسترس شامل ۴۰ زن و ۴۰ مرد بین سن ۱۹ تا ۲۷ سال بود. شرایط شرکت در پژوهش به این صورت بود که زنان و مردان از سلامتی کامل برخوردار باشند (از نظر جسمانی و روانی). و هیچ‌کدام از شرکت‌کنندگان از داروهای هورمونی استفاده نکرده باشند. تمام شرکت‌کنندگان در هر جلسه با مدت زمان تقریبی ۳۰ دقیقه و به صورت فردی مورد تست و آزمایش قرار گرفتند.

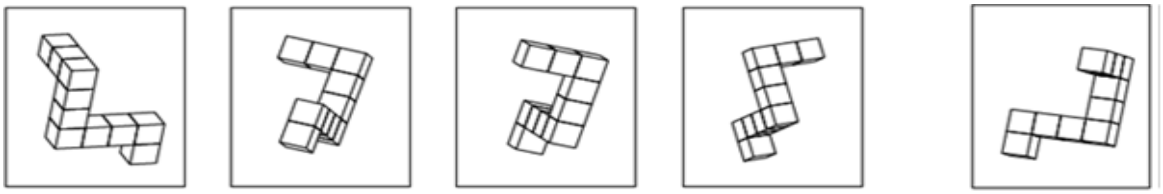
ابزار

از آنجا که قرار گرفتن در معرض آندروژن‌های دوران بارداری، انتظار می‌رود بر رفتارهایی که تفاوت‌های جنسی را نشان می‌دهند، تأثیر بگذارند، برای ارزیابی توانایی‌های فضایی ورزشکاران زن و مرد از آزمون چرخش ذهنی و توانایی هدف‌گیری استفاده شد. همچنین در این آزمون از دستگاه ردیابی چشم به منظور بررسی و بازبینی حرکات چشم زنان و مردان به هنگام اجرای مهارت پرتاب دارت که نتیجه گیری‌های قوی‌تری در مورد فرآیندهای شناختی (به طور ویژه تخصیص توجه بصری شامل مدت تثبیت و تعداد تثبیت) به دست می‌دهد، استفاده شد.

آزمون چرخش ذهنی (MRT): این آزمون از اعداد ارائه شده از سوی شپرد و متزلر[1] (۱۹۷۸) تشکیل شده و در اصل، از نسخه نقشه‌کشی اتوکد و آزمون چرخش ذهنی وندربرگ و کیوس (۱۹۷۸) است (پیترز و همکاران، ۱۹۹۵). آزمون مورد استفاده مجموعه‌ای ۲۴ سؤالی بود. هر مسئله شامل یک شکل هدف در سمت راست و چهار شکل محرک در سمت چپ است. دو شکل از چهار شکل محرک، نسخه چرخیده شده شکل هدف است و دو شکل دیگر نمی‌تواند با شکل هدف یکسان باشد (شکل ۱). این آزمون از روایی و اعتبار قابل قبول برخوردار است (به نقل از دهقانی زاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ گیزر و همکاران[2]، ۲۰۰۶) پایایی این آزمون ۰/۸۷ گزارش شده بود.

[1]. Shepard & Metzler
[2]. Geiser et al

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]



شکل ۱ نمونه ای از آزمون چرخش ذهنی

آزمون شامل مقدمه (صفحات اول و دوم) برای آشنایی با آزمون و آزمون اصلی (صفحات سوم تا ششم) بود. در دو صفحه مقدمه، طرق انجام آزمون به همراه چند نمونه مسئله مشابه با آزمون اصلی آورده شده بود. آزمون اصلی ۲۴ مسئله داشت که به صورت دو آزمون دوازده مسئله‌ای گرفته شد. مدت زمان برای حل هر آزمون چهار دقیقه با زمان استراحت دو دقیقه بین دو آزمون بود. دو روش برای نمره گذاری این آزمون وجود دارد. روش اول این است که به ازای هر دو پاسخ درست یک نمره و به ازای یک پاسخ درست هیچ نمره‌ای ثبت نشود (به ازای فقط و فقط دو جواب درست، یک نمره در نظر گرفته شود)؛ و روش دوم، برای هر پاسخ صحیح یک نمره ثبت شود و به ازای هر پاسخ نادرست یک نمره کسر شود. در این صورت حداکثر امتیاز ۴۸ نمره است. از روش دوم برای نمره-گذاری در این مطالعه استفاده شد؛ این بدان معناست که حداکثر امتیاز در این آزمون ۴۸ بود.

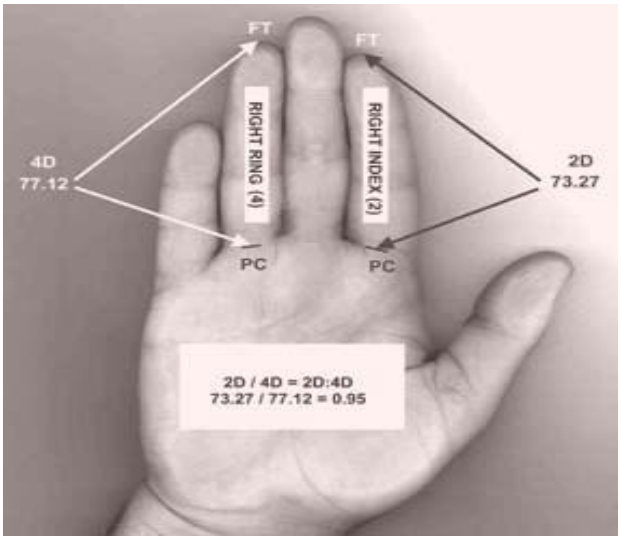
تکلیف هدف گیری: پرتاب دارت: برای اندازه‌گیری عملکرد پرتاب دارت جهت تعیین توانایی هدف‌گیری، از تخته هدف‌گیری دایره‌ای با دایره‌های منظم استفاده شد که به ترتیب دایره وسط ۱۰ امتیاز، دایره بعدی ۹ امتیاز، آخرین دایره ۱ امتیاز و نیزه‌های استاندارد مسابقات استفاده شد. پرتاب‌هایی که به صفحه هدف برخورد نکنند نیز صفر امتیاز می‌گیرند. تخته در ارتفاع ۱/۷۳ متر از زمین و فاصله ۲/۳۷ متر از آزمودنی قرار داشت. فرد باید در جریان پرتاب نیزه‌ها به مرکز هدف سعی کند که در مجموع بیشترین امتیاز ممکن را دریافت کند.

جمع آوری اطلاعات حرکات چشم: برای بررسی جستجوی بینایی شرکت‌کنندگان از دستگاه آی ترکینگ ساخت شرکت SMI کشور آلمان که در دانشکده تربیت بدنی ارومیه موجود است، استفاده شد. این دستگاه توانایی ثبت تعداد تثبیت‌ها و مدت تثبیت‌ها را دارا است که در این مقاله از سرعت نمونه‌برداری ۳۰ هرتز استفاده شد. این دستگاه شامل یک بخش سخت‌افزاری به صورت عینک است که روی چشم شرکت‌کنندگان قرار می‌گیرد و حرکات چشم افراد را ثبت می‌کند و نرم‌افزارهای این دستگاه شامل Be Gaze و Iview است.

به هر کدام از شرکت کنندگان در ابتدا ۱۰ پرتاب تمرینی داده شد. بعد از انجام ۱۰ پرتاب تمرینی عینک بر روی چشم آزمودنی قرار داده شد. قبل از شروع آزمون برای کالیبره کردن دستگاه، به هر شرکت کننده گفته شد منطقه ۱۰ امتیازی صفحه دارت را نگاه کند تا مشخص شود هیچ اختلافی بین نگاه شرکت‌کننده و نقطه تثبیت در سیستم وجود ندارد. بعد از کالیبره شدن آزمودنی در مجموع ۶ پرتاب را همراه با عینک انجام داده و میانگین ۶ پرتاب انجام داده شده امتیاز فرد در نظر گرفته شد.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

اندازه‌گیری هورمون: برای اندازه‌گیری میزان تستوسترون پیش از تولد از نسبت انگشت دوم به چهارم شاخص اصلی عملکرد آندروژن در دوران بارداری استفاده شد. نسبت رقمی نسبت طول ارقام مختلف و یا انگشتان است که به طور معمول از نقطه میانی از چین پایین، جایی‌که انگشت به دست متصل می‌شود تا نوک انگشتان اندازه‌گیری می‌شود و با تقسیم طول انگشت اشاره بر طول انگشت حلقه محاسبه می‌شود (می‌هیو و همکاران، ۲۰۰۷). بدین منظور از یک صفحه چوبی سفید که متر نواری در طول و عرض آن نصب شده بود، استفاده شد. به طوری که دست بر روی آن قرار گرفته و از کف دست با استفاده از دوربین دیجیتالی عکس گرفته شد و سپس نسبت انگشتان محاسبه شد.



شکل ۲ تصویر شماتیک از روش برآورد نسبت رقمی

یافته‌ها

پس از اجرای آزمون و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری Spss نسخه ۲۳ استفاده شد برای تحلیل داده‌ها نیز از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. میانگین و انحراف استاندارد داده‌های مربوط به نسبت رقمی، چرخش ذهنی، دارت و شاخص‌های توجه بینایی در آزمودنی‌های مورد مطالعه (جدول ۱).

جدول ۱ داده‌های توصیفی مربوط به نسبت رقمی، چرخش ذهنی، دارت و شاخص‌های توجه بینایی

	گروه	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد
2D:4D	مرد	۴۰	۰/۹۵۴	۰/۰۳۱
	زن	۴۰	۱/۰۱	۰/۰۳۱۳
MRT	مرد	۴۰	۳۱/۹۵	۶/۸۷
	زن	۴۰	۲۲/۰۸	۷/۳۸
دارت	مرد	۴۰	۸/۱۵	۳/۸۳
	زن	۴۰	۴/۸۷	۲/۶۲

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

تعداد تثبیت	مرد	۴۰	۲۶/۷۲	۶/۱
	زن	۴۰	۵۲/۵۷	۱۸/۳۸
مدت تثبیت	مرد	۴۰	۵۴۸/۲۷	۱۵۳/۶۱
	زن	۴۰	۲۱۱/۹	۴۸/۰۵

اطلاعات جدول فوق نشان می‌دهد که میانگین نسبت رقمی در مردان ۰/۹۵۴ نسبت به زنان ۱/۰۱ کمتر است. میانگین نمرات چرخش ذهنی ۳۱/۹۵، دارت ۸/۱۵ و مدت تثبیت ۵۴۸/۲۷ به عنوان یکی از شاخص‌های توجه بینایی در مردان نسبت به زنان بیشتر است؛ و میانگین تعداد تثبیت ۲۶/۷۲ در مردان نسبت به زنان ۵۲/۵۷ کمتر است.

جدول ۲ همبستگی بین 2D:4D با توانایی‌های فضایی و حرکات چشم

		چرخش ذهنی (MRT-A)	هدف‌گیری	تعداد تثبیت	مدت تثبیت
2D:4D	ضریب پیرسون	۰/۶۹۳** -	۰/۵۵۴** -	۰/۸۴۹**	۰/۸۳۸** -
	مقدار P	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	تعداد	۸۰			

**معنی‌داری در سطح ($p \leq ۰/۰۱$)

*معنی‌داری در سطح ($p \leq ۰/۰۵$)

اطلاعات جدول فوق نمایانگر آن است که بین متغیرهای2D:4D با چرخش ذهنی (p=۰/۰۰۰، r= -۰/۶۹۳)، نمرات دارت (p=۰/۰۰۰، r= -۰/۵۵۴) در این پژوهش با اطمینان ۹۹ درصد رابطه منفی و معنی داری وجود دارد؛ و همچنین بین 2D:4D با شاخص-های توجه بینایی؛ تعداد تثبیت (p= ۰/۰۰۰، ۰/۸۴۹ =r) و مدت تثبیت (p=۰/۰۰۰ ، r= -۰/۸۳۸) رابطه وجود دارد.

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین نسبت انگشت دوم به چهارم با توانایی‌های فضایی در مردان و زنان ورزشکار بود. نتایج نشان داد که میانگین 2D:4D در مردان نسبت به زنان کمتر بود. میانگین مردان در نمرات چرخش ذهنی، پرتاب دارت و مدت تثبیت نسبت به زنان بیشتر بود. میانگین تعداد تثبیت نیز در مردان نسبت به زنان کمتر بود. همچنین یافته‌ها نشان داد بین متغیرهای2D:4D با توانایی‌های فضایی (چرخش ذهنی، هدف‌گیری) در این پژوهش رابطه منفی و معنی‌داری وجود داشت. بین 2D:4D با شاخص‌های توجه بینایی نیز (مدت و تعداد تثبیت) در این پژوهش رابطه معناداری وجود داشت.

آزمودنی‌ها یک آزمون چرخش ذهنی را انجام دادند و همچنین حرکات چشم زنان و مردان در طول اجرای یک تکلیف هدف‌گیری که مبتنی بر توانایی‌های فضایی بود، مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های پژوهش با نتایج الکساندر و تروی سان (۲۰۰۷)، هینز و همکاران (۲۰۰۳)، مولر و همکاران (۲۰۱۷)، جفری و همکاران (۲۰۱۱)، همپسون، کوپرمن و کورمان (۲۰۱۴) و استفان برمن (۲۰۱۷) همسو بود. تفاوت‌ها در توانایی‌های

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

فضایی ممکن است به بخشی از محیط هورمونی اولیه، به‌ویژه سطوح آندروژن‌ها قبل از تولد، مربوط باشد (هینز و همکاران[1]، ۲۰۰۳). سطوح بالایی از آندروژن-های پیش از تولد در مردان سیستم‌های مغز را سازماندهی می‌کنند که از توانایی چرخش ذهنی بهتر حمایت می‌کنند. در مطالعات قبلی نشان داده شده است مردان نسبت به زنان در انجام تکالیف فضایی از زنان برترند (ساکازو و همکاران[2]، ۱۹۹۶). این مزیت مردانه در تکالیف فضایی نه تنها در افراد بزرگ‌سال، بلکه در کودکان پیش‌دبستانی ۴ و ۵ ساله مشهود است (لوین و همکاران[3]، ۱۹۹۹). علاوه بر این، توانایی‌های عددی و به ویژه فضایی با نسبت 2D:4D همراه است که به عنوان نشانگر غلظت تستوسترون قبل از تولد، به ویژه در زنان، عمل می‌کند. والا و سسی (۲۰۱۱) در بررسی اینکه آیا می‌توان تفاوت‌های جنسیتی را به هورمون‌های پیش از تولد مرتبط کرد؟ نظریه سازمان مغز، نسبت رقمی (2D:4D) و تفاوت جنسیتی در ترجیحات و شناخت «نشان دادند که توانایی فضایی عمومی و استراتژی فضایی مورد نظر در دوران جنینی تحت تأثیر نسبت هورمون تستوسترون / استروژن قرار می‌گیرد. به طوری که 2D:4D پایین‌تر با توانایی فضایی بیشتری همراه بود.» در پژوهش دیگری با عنوان «توانایی‌های فضایی به دنبال اختلالات آندروژن پیش از تولد: هدف‌گذاری و عملکرد چرخش ذهنی در افراد مبتلا به هیپرپلازی مادرزادی آدرنال» هینز و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند زنان با ژن هموباکس (در معرض سطوح بالاتر از سطح نرمال آندروژن پیش از تولد) در تکالیف هدف‌گذاری بهتر از زنانی که به هیپرپلازی مادرزادی آدرنال[4] مبتلا نبودند، عمل کردند و در این رابطه شبیه مردان بودند. با این حال زنان با هیپرپلازی مادرزادی آدرنال در اندازه‌گیری توانایی‌های چرخش ذهنی بهتر از زنان غیر مؤثر نبودند. مطالعات همچنین نشان داده است که مکمل تستوسترون در مردان مبتلا به تستوسترون پایین ممکن است عملکرد شناختی را بهبود ببخشد (وحان و همکاران[5]، ۲۰۰۷، هوآ، هیلدرت و پلاکت[6]، ۲۰۱۶). کمپل و همکاران[7] (۲۰۰۵) در بررسی خود بر روی نسبت 2D:4D، تستوسترون و توانایی-های فضایی نشان دادند سطح تستوسترون پیش از تولد با استفاده از نسبت رقمی دوم به چهارم تعیین می‌شود. 2D:4D در مردان نسبت به زنان کمتر بود. مردان در مقایسه با زنان از توانایی فضایی بهتری برخوردار بودند. علاوه بر این، زنان با 2D:4D کمتر در آزمون‌های شناختی اندازه‌گیری فضایی و همچنین توانایی عددی در مقایسه با زنان با 2D:4D بالا عملکرد بهتری داشتند. نسبت 2D:4D پایین‌تر در زنان، با افزایش سطح تستوسترون پیش از تولد مرتبط بود. زنان با نسبت رقمی بالاتر در توانایی‌های فضایی عملکرد کمتری نسبت به نمونه مردانه داشتند. این احتمال وجود دارد که بسیاری از ورزش‌ها ادراک فضایی – بصری را آزمون کنند. ضربه زدن به حریف یا توپ در حال حرکت، نیازمند قضاوت دقیق از فاصله است. تعیین دقیق نقطه ضربه، نیاز به درک درستی از سطح هدف در طول حرکت از طریق فضا دارد، علاوه بر آگاهی از حرکت نسبی دست، پا، سر و غیره. گشوایند و گالابوردا (۱۹۸۵) بیان کردند که تستوسترون قبل از تولد باعث افزایش رشد نیمکره راست می‌شود و به همین علت با توانایی‌های فضایی خوب همراه است. اینکه آیا نسبت 2D:4D یک پیش بینی کننده از مهارت‌های فضایی است؟ مولر و همکاران (۲۰۱۷) در

[1]. Hines et al
[2]. Saccuzzo et al
[3]. Levin et al
[4].CAH

[5]. Vaughan et al
[6]. Hua, Hildreth & Pelak
[7]. Kempel et al

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

بررسی 2D:4D و توانایی‌های فضایی: از موش‌ها به انسان‌ها، نشان دادند بین 2D:4D و توانایی فضایی در انسان ارتباط وجود دارد. در پژوهش دیگری با عنوان «آندروژن‌ها و عملکرد ورزشی ورزشکاران زن نخبه» برمون و گارنیر (۲۰۱۷) نشان داد که تستوسترون و نه کروموزوم جنسی، مسئول تمایز جنسیتی فعال سازی عصبی - فضایی است. همپسون، کوپرمن و کورمان (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که استروژن پایین با دقت قابل توجهی در آزمون چرخش ذهنی و نیز یک کار چرخش ذهنی که نیاز به زوایای بزرگ چرخش را داشت، همراه بود. پژوهش‌ها همچنین ارتباط بین آندروژن‌ها و فرایندهای شناختی را از طریق حرکات چشم نشان دادند (اسپیوی و گرانت، ۲۰۰۳). آندروژن-ها ممکن است فرآیندهای شناختی را افزایش دهند که توسط زنان و مردان به صورت تابعی از انجام کار است. به طور خاص، نسبت رقمی کوچک‌تر (بیشتر مردانه) با تثبیت‌های کوتاه‌تر مردان در محرک‌های منحرف کننده مرتبط بود و این نشان می‌دهد که عمل آندروژن پیش از تولد ممکن است بر سیستم‌های مغز تأثیر بگذارد که شناسایی محرک‌های کاری مناسب را آسان می‌کند (جرین الکساندر و تروی سان، ۲۰۰۷). مطابق با پژوهش‌های انجام شده شاخص‌های توجه بینایی در حین اجرای یک آزمون چرخش ذهنی حساس به عوامل هورمونی بود حتی اگر نمرات دقت نباشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که سهم عوامل هورمونی در فرایندهای شناختی به کار گرفته شده توسط زنان و مردان در آزمون چرخش ذهنی می‌تواند بزرگ‌تر از سهم آن‌ها در نمرات دقت باشد، شاید به این دلیل که نمرات دقت، مجموع از فرآیندهای گوناگون توجه و تصمیم‌گیری را نشان می‌دهند (هوون و همکاران[1]، ۲۰۰۴). نتایج آزمون ارتباط بین تستوسترون پیش از تولد را با توانایی‌های فضایی از طریق حرکات چشم آزمودنی‌ها به هنگام اجرای تکلیف هدف‌گیری و هم به هنگام اجرای آزمون چرخش ذهنی نشان داد به طوری که مردان در انجام توانایی‌های فضایی بهتر از زنان بودند؛ که با نتایج جرین، الکساندر و تروی سان (۲۰۰۷) همخوان بود. تفسیر این نتایج در زمینه حرکات چشم و فرآیندهای شناختی این است که مردان در طول اجرای یک تکلیف هدف‌گیری مبتنی بر توانایی-های فضایی، مدت تثبیت بیشتر و تعداد تثبیت کمتری به عنوان شاخص‌های توجه بینایی داشتند. شواهدی وجود دارد که الگوهای حرکات چشم می‌توانند بین افرادی که به طور موفقیت آمیز و عدم موفقیت یک آزمون چرخش ذهنی را حل می‌کنند، متفاوت باشد (گرانت و اسپیوی، ۲۰۰۳). همچنین شواهدی وجود دارد که حرکات چشم یک معیار ضمنی، بی‌نظیری از عملکرد است (ریچاردسون و اسپیوی، ۲۰۰۰). حرکات چشم نتیجه‌گیری قوی در مورد عملکرد شناختی، به ویژه تخصیص توجه بصری فراهم می‌کند (هیو، ۲۰۰۴). به عنوان مثال، شاخص‌های توجه بصری مانند تعداد و مدت تثبیت (راینر، ۱۹۹۸). تثبیت یکی از حرکات چشم است که خیرگی چشم را بر روی یک هدف ثابت انتخاب شده نگه می‌دارد (کوموگورت سیو و کارپوو، ۲۰۱۳). ویژگی‌های این تثبیت‌ها نظیر تعداد، موقعیت و مدت آنها برای پی بردن به اینکه اجراکننده چگونه و به چه اطلاعاتی توجه می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (ویلیامز و اریکسون، ۲۰۰۵). مدت تثبیت بیشتر نشان دهنده این است که فرد مدت زمان تثبیت بیشتری را صرف مناطق کلیدی می-کند (هلسن و پاواز[2]، ۱۹۹۲) که می‌تواند عامل مؤثری در موفقیت و اجرای بهتر مهارت باشد. و تعداد تثبیت-ها، منعکس‌کننده نیازهای پردازش اطلاعات برای

[3]. Hooven et al

[4]. Helsen & Pauwels

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

اجراکننده است (جاست و کارپنر، ۱۹۷۸). پژوهش‌های دیگر در زمینه توجه بینایی نیز نشان دادند که شطرنج بازان ماهر نسبت به شطرنج بازان مبتدی در انتخاب حرکت دقیق‌تر بودند و تعداد تثبیت‌های کمتری در موقعیت‌های بازی داشتند (چارنس و همکاران، ۲۰۰۱). حرکات چشم حساس به فرآیندهای شناختی بصری آنلاین هستند و ممکن است فرآیندهای اطلاعات وابسته به جنس را نشان دهد که در مقایسه با دقت پاسخ، ارتباط قوی‌تری به عوامل هورمونی را نشان دهد. این مطالعه از این موقعیت که نسبت رقمی پایین پیش بینی کننده بالقوه ورزشی و توانایی فضایی خوب در مردان است پشتیبانی می‌کند. این ارتباط به نظر می‌رسد در بسیاری از ورزش‌ها قوی باشد. اغلب مهارت‌های ورزشی نظیر فوتبال، بیسبال، تنیس و مهارت‌های مورد استفاده در مبارزه کردن نشان دهنده توانایی‌های فضایی – بصری هستند. قرار گرفتن در معرض غلظت بالایی از تستوسترون قبل از تولد ممکن است به سیستم عصبی مرکزی و شاید سایر سیستم های بدن نفوذ کند. نتیجه افزایش توانایی‌های لازم برای رقابت مردان است.

نتیجه‌گیری

این یافته‌ها می‌تواند توضیح دهد که چگونه مردان و زنان هیپرآندروژنیک از اثرات تقویت عملکرد آندروژن‌ها در ورزش‌هایی که توانایی‌های فضایی با عملکرد بهتر ارتباط دارد، سود می‌برند. تفاوت‌های جنسی در کارآیی یا نوع فرآیندهای شناختی در پژوهش‌های انجام شده به هنگام اجرای آزمون چرخش ذهنی، تفاوت‌های جنسی در مناطق فعال سازی مغز یا شدت فعالیت مغزی را نشان داده‌اند (هالاری و همکاران[1]، ۲۰۰۶). از محدودیت‌های این پژوهش این بود که تحقیق فقط بر روی ورزشکاران که مشغول به تحصیل در رشته تربیت بدنی بودند، انجام شده بود. همچنین زیاد بودن تعداد سؤالات و خستگی ناشی از پاسخ دهی به آزمون و شرایط روحی آزمودنی‌ها هنگام اجرای آزمون از محدودیت‌های غیرقابل کنترل پژوهش بود. ممکن است که بر خلاف هدف‌گیری، توانایی چرخش ذهنی تنها به محیط هورمونی اولیه ارتباط نداشته باشد. در عوض، تفاوت‌های جنسیتی می‌تواند به وسیله عوامل دیگر، از جمله (علاوه بر اثرات احتمالاتی از سطوح هورمونی) آموزش دیفرانسیل، اجتماعی شدن و تجربیات زندگی دختران و پسران، به طور کامل به دست آید. به عنوان مثال، عملکرد چرخش ذهنی مربوط به تخصص دانشگاهی، رشته‌های ریاضیات و علوم فیزیکی است (کیسی و برابک[2]، ۱۹۸۹) همچنین اثرات تمرینی بر عملکرد چرخشی ذهنی نشان می‌دهد تجربه قبلی در این نوع تکلیف ممکن است عملکرد را بهبود بخشد (پیترز و همکاران[3]، ۱۹۹۵). پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده با استفاده از تعداد بیشتری از شرکت‌کنندگان در رشته‌های مختلف دانشگاهی و به تفکیک رشته و دیگر عوامل اثرگذار بر توانایی‌های فضایی و اندازه‌گیری اینکه چگونه توجه بینایی ممکن است در طول آزمایش‌های تغییر کند یا اینکه چگونه تجربه های قبلی با تکلیف ممکن است بر روی سنجش حرکت چشم که ممکن است به شناسایی عوامل مرتبط با جنسیت در پیشرفت توانایی‌های فضایی پس از تولد کمک کند که تأثیرات جنسیتی در توانایی‌های فضایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، انجام شود. در نهایت، نتایج این تحقیق نقش مهمی در تأثیر هورمون‌ها بر پردازش شناختی در طول کار چرخش ذهنی و تکلیف هدف‌گیری دارد. در مجموع، این پژوهش در کنار اجرای یک آزمون

[2]. Halari et al

[3].Casey & Brabeck
[4]. Peters et al

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

چرخش ذهنی با استفاده از شاخص‌های توجه بینایی شواهد جدیدی برای حمایت از این فرضیه مطرح می‌کند که اجزای پردازش در طول تکلیف هدف‌گیری که نشان دهنده تفاوت‌های افراد در توانایی‌های فضایی است، هم به جنس و هم به عوامل هورمونی حساس هستند.

سپاسگزاری

از تمامی دانشجویان تربیت بدنی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه ارومیه که در انجام این تحقیق مرا یاری نمودند نهایت تشکر را دارم.

References

Alexander GM, & Son T. (2007). Androgens and eye movements in women and men during a test of mental rotation ability. Hormones and Behavior, 52(2), 197-204.

Barrett-Connor E, Goodman-Gruen D, Patay B. (1999). Endogenous sex hormones and cognitive function in older men. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 84(10):3681-5.

Bermon S, Garnier PY. (2017). Serum androgen levels and their relation to performance in track and field: mass spectrometry results from 2127 observations in male and female elite athletes. Br J Sports Med. 51(17):1309-14.

Brosnan MJ. (2006). Digit ratio and faculty membership: Implications for the relationship between prenatal testosterone and academia. British journal of psychology, 97(4), 455-466.

Brown WM, Hines M, Fane BA, & Breedlove SM. (2002). Masculinized finger length patterns in human males and females with congenital adrenal hyperplasia. Hormones and behavior, 42(4), 380-386.

Cappa SF, Guariglia C, Papagno C, Pizzamiglio L, Vallar G, Zoccolotti P, & Santiemma V. (1988). Patterns of lateralization and performance levels for verbal and spatial tasks in congenital androgen deficiency. Behavioural Brain Research, 31(2), 177-183.

Casey MB, Brabeck MM. (1989). Exceptions to the male advantage on a spatial task family hand-edness and college major as factors identifying women who excel. Neuropsychologia 27, 689–696.

Charness N, Reingold EM, Pomplun M, & Stampe DM. (2001). The perceptual aspect of skilled performance in chess: Evidence from eye movements. Memory & cognition, 29(8), 1146-1152.

Cohen-Bendahan CC, Buitelaar JK, Van Goozen SH, Orlebeke JF, & Cohen-Kettenis PT. (2005). Is there an effect of prenatal testosterone on aggression and other behavioral traits? A study comparing same-sex and opposite-sex twin girls. Hormones and Behavior, 47(2), 230-237.

Collaer ML, & Hines M. (1995). Human behavioral sex differences: A role for gonadal hormones during early development?. Psychological bulletin, 118(1), 55.

Dehghanizadeh J, Mohammadzadeh H, Hosseini F. (1392). Effect of gymnastic training program on mental rotation. Quarterly Cognitive Psychology. Volume 1 Issue 1. In [Persian].

Geiser C, Lehmann W, & Eid M. (2006). Separating" rotators" from" nonrotators" in the mental rotations test: A multigroup latent class analysis. Multivariate Behavioral Research, 41(3), 261-293.

Geschwind N, & Galaburda AM. (1987). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology. MIT press.

Grant ER, & Spivey MJ. (2003). Eye movements and problem solving: Guiding attention guides thought. Psychological Science, 14(5), 462-466.

Haghparast. (2011). The relationship between the mood of the size of fingers. Khorasan News, 17934. In [Persian].

Halari R, Sharma T, Hines M, Andrew C, Simmons A, & Kumari V. (2006). Comparable fMRI activity with differential behavioural performance on mental rotation and overt verbal fluency tasks in healthy men and women. Experimental brain research, 169(1), 1-14.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]
[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

Hampson E, Levy-Cooperman NA, & Korman JM. (2014). Estradiol and mental rotation: relation to dimensionality, difficulty, or angular disparity?. Hormones and behavior, 65(3), 238-248.

Hayhoe MM. (2004). Advances in relating eye movements and cognition. Infancy, 6(2), 267-274.

Helsen W, & Pauwels JM. (1993). A cognitive approach to visual search in sport. In Visual search 2: Proceedings of the 2nd international conference on visual search (pp. 379-388).

Hier DB, & Crowley Jr WF. (1982). Spatial ability in androgen-deficient men. New England Journal of Medicine, 306(20), 1202-1205.

Hines M, Fane BA, Pasterski VL, Mathews GA, Conway GS, & Brook C. (2003). Spatial abilities following prenatal androgen abnormality: targeting and mental rotations performance in individuals with congenital adrenal hyperplasia. Psychoneuroendocrinology, 28(8), 1010-1026.

Honekopp J, Bartholdt L, Beier L, & Liebert A. (2007). Second to fourth digit length ratio (2D: 4D) and adult sex hormone levels: new data and a meta-analytic review. Psychoneuroendocrinology, 32(4), 313-321.

Hooven CK, Chabris CF, Ellison PT, & Kosslyn SM. (2004). The relationship of male testosterone to components of mental rotation. Neuropsychologia, 42(6), 782-790.

Hua JT, Hildreth KL, & Pelak VS. (2016). Effects of testosterone therapy on cognitive function in aging: a systematic review. Cognitive and behavioral neurology: official journal of the Society for Behavioral and Cognitive Neurology, 29(3), 122.

Jordan K, Wüstenberg T, Heinze HJ, Peters M, & Jäncke L. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. Neuropsychologia, 40(13), 2397-2408.

Jordan-Young RM. (2011). Brain storm. Harvard University Press.

Kempel P, Gohlke B, Klempau J, Zinsberger P, Reuter M, & Hennig J. (2005). Second-to-fourth digit length, testosterone and spatial ability. Intelligence, 33(3), 215-230.

Komogortsev OV, & Karpov A. (2013). Automated classification and scoring of smooth pursuit eye movements in the presence of fixations and saccades. Behavior research methods, 45(1), 203-215.

Kondo T, Zákány J, Innis JW, & Duboule D. (1997). Of fingers, toes and penises. Nature, 390(6655), 29.

Levine SC, Huttenlocher J, Taylor A, & Langrock A. (1999). Early sex differences in spatial skill. Developmental psychology, 35(4), 940.

Levine SC, Huttenlocher J, Taylor A, & Langrock A. (1999). Early sex differences in spatial skill. DevelopmentalPsychology,35, 940–949.

Lutchmaya S, Baron-Cohen S, Raggatt P, Knickmeyer R, & Manning JT. (2004). 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. Early human development, 77(1-2), 23-28.

Mayhew TM, Gillam L, McDonald R, & Ebling FJP. (2007). Human 2D (index) and 4D (ring) digit lengths: their variation and relationships during the menstrual cycle. Journal of Anatomy, 211(5), 630-638.

Muller M, Aleman A, Grobbee DE, De Haan EHF, & van der Schouw YT. (2005). Endogenous sex hormone levels and cognitive function in aging men: is there an optimal level?. Neurology, 64(5), 866-871.

Muller N, Campbell S, Nonaka M, Rost TM, Pipa G, Konrad BN, & Genzel L. (2018). 2D: 4D and spatial abilities: From rats to humans. Neurobiology of learning and memory, 151, 85-87.

Peters M, Laeng B, Latham K, Jackson M, Zaiyouna R, & Richardson C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse mental rotations test-different versions and factors that affect performance. Brain and cognition, 28(1), 39-58.

Peters M, Laeng B, Latham K, Jackson M, Zaiyouna R, Richardson C. (1995). A redrawn Vanden-berg and Kuse Mental Rotations Test: Different version and factors that affect performance. BrainCogn. 28, 39–58.

Peters M. (2005). Sex differences and the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotation problems. Brain and cognition, 57(2), 176-184.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]

[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]

Rayner K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. Psychological bulletin, 124(3), 372.

Richardson DC, & Spivey MJ. (2000). Representation, space and Hollywood Squares: Looking at things that aren't there anymore. Cognition, 76(3), 269-295.

Saccuzzo DP, Craig AS, Johnson NE, & Larson GE. (1996). Gender differences in dynamic spatial abilities. Personality and Individual Differences,21, 599–607.

Shepard RN, & Metzler J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. Science, 171(3972), 701-703.

Valla JM, & Ceci SJ. (2011). Can sex differences in science be tied to the long reach of prenatal hormones? Brain organization theory, digit ratio (2D/4D), and sex differences in preferences and cognition. Perspectives on Psychological Science, 6(2), 134-146.

Vandenberg SG, & Kuse AR. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. Perceptual and motor skills, 47(2), 599-604.

Vaughan C, Goldstein FC, & Tenover JL. (2007). Exogenous testosterone alone or with finasteride does not improve measurements of cognition in healthy older men with low serum testosterone. Journal of andrology, 28(6), 875-882.

Williams AM, & Ericsson KA. (2005). Perceptual-cognitive expertise in sport: Some considerations when applying the expert performance approach. Human movement science, 24(3), 283-307.

Witelson SF, & Nowakowski RS. (1991). Left out axoms make men right: A hypothesis for the origin of handedness and functional asymmetry. Neuropsychologia, 29(4), 327-333.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.25886657.1398.6.5.2.0]

[DOI: 10.29252/shenakht.6.5.27]