التفسير النظري والنيورولوجي للتدوير العقلي

إعـداد
مصعب شاكر عز الدين محمد
أخصائي نفسي بالتربية والتعليم
طالب ماجستير

المقدمة:

تعتبر دراسة (Shepard & Metzler,1971) من أولى المحاولات التي قامت بوضع مفهوم للتدوير العقلي فلقد تمت الإشارة إليه بأنه قدرة الفرد الفراغية على تحويل أو تدوير الشكل الثاني بنفس الاتجاه الذي عليه الشكل الأول ، و من ثم تقديم الاستجابة إذا كان مطابقا أومجرد صورة مرآوية للشكل الأول . كما وصف بأنه قدرة الفرد الفراغية على تشكيل تصور عقلي للمثير الثاني الثنائي الأبعاد Two Dimensional ، ليكون بنفس اتجاه المثير الأول ، و من ثم تقديم الاستجابة بالتطابق أو عدم التطابق ، ناتجا من ذلك علاقة خطية بين زاوية التدوير و زمن الرجع (Cooper,1975) . كذلك وصف التدوير العقلي بأنه القدرة علي عكس أوقلب الشكل الثلاثي الأبعاد Three Dimensional، حول ذاته (دائريا)بشكل ذهني وليس مادي (Vandenberg&Kuse,1987). ويعتبر التدوير العقلي بمثابة قدرة فراغية تقوم علي أساس الحكم علي مثيرين بالتطابق أم أنهما مجرد صور مرآوية (Weidenbauer & Jansen-Osmann,2008) . وفي ضوء ما تم توضيحه من مفاهيم للتدوير العقلي سوف يتم تفسير التدوير العقلي كإحدي العمليات المعرفية الراقية التي تتم داخل العقل البشري من خلال بعض النظريات التي حاولت تفسير هذه العملية المعرفية وكذلك توضيح الأسس النيورولوجية لها.

أولاً: التفسير النظري للتدوير العقلي

يرتبط التدوير العقلي إلي حد كبير بمجموعة من العوامل أهمها الخبرة ، والجنس ، و التدريب ، والموهبة ،والتطور المعرفي . لذلك سعت مجموعة من النظريات إلي تفسير عملية التدوير العقلي ومن هذه النظريات ما يلي :

١- نظرية إعداد الاستجابة: Response - Preparation Theory

تشير هذه النظرية إلي أن أطول زمن للاستجابة ارتبط بمقارنة زوجين من الأشكال ثلاثية الأبعاد من أجل الحكم عليها إذا كانت متطابقة أم أنها مجرد صورة مرآوية (Just&Carpentr,1976;Shèpard&Metzelr,1971) . كذلك تم الحصول علي نتائج مشابهة في الأشكال العشوائية الثنائية الأبعاد الفردية سواء علي مستوي الأشكال الطبيعية أو المر آوية ، وكذلك الأحرف الأبجدية الرقمية الفردية (Cooper & Shepard,1973; Corballis & McMaster,1996; Hamm, Johanson, &Corballis,2004 ;Kung& Hamm, 2010). كما أشار Cooper& Shepard (1973)، إلي أن اختلاف زمن الاستجابة يعكس إعداد المفحوصين للاستجابة علي المثير الطبيعي . ولذلك افترضوا أن انحياز الاستجابة للمثيرات المر آوية وإعداد الاستجابة الحركية تكاد تكون مكبوحة أو ممنوعة ويخطط لها مسبقا . لذلك ، يتوقع الفرد استجابات كثيرة غير صحيحة ناتجة عن المثيرات المر آوية (Corballis& McMaster,1996) . ورغم ذلك ، لم توجد أي فروق في معدل الدقة (Hamm et al.,2004;Kung&Hamm,2010) .وبتطبيق هذه النظرية علي نموذج التدوير العقلي ، وجدت فروق بين معالجة المثيرات المرآوية ومعالجة المثيرات المتطابقة ،وربما يحدث غالبا في المرحلة الخامسة فقط وهي (انتقاء الاستجابة Response selection ، والتنفيذ Excution) (Cooper&Shepard , .1973; Corballis, 1988). وعلي المستوي العصبي يُتوقع من الفرد نشاط قوي في المناطق المعروف عنها أنها تشترك في التخطيط الحركي Motor Planning ، مثل المناطق القبل جبهية الظاهرية الجانبية Dorsolateral Prefrontal ، والمناطق القبل حركية الجانبية Lateral Premotor ،والتلفيف الحزامي الأمامي Anterior

(Dagher,Owen, Boecker, & Brooks, 1999) ،Cingulate Gyrus Caudate Areas.

٢- نظرية القلب : Flip Theory

كمون التأثيرات Latency Effects يمكن تفسيره بشكل أفضل من خلال افتراض خطوة المعالجة الإضافية"القلب" للمثيرات المرآوية لصورة الطائرة (Hamm et al.,2004) . و بقدر ما نعلم لا توجد على مستوى الدراسات النيورولوجية دراسة اهتمت بشكل أولي بمسألة تكافؤ المثيرات Stimulus Parity ، و لوحظ أن نتائج إحدى دراسات (PET) ، لـ(Alivisatos and Petrides (1997 ، أنها ربما تدعم نظرية "القلب" إلى حد ما . و تعتمد هذه النظرية على الدراسات التي استخدمت الأحرف الأبجدية الرقمية ثنائية الأبعاد بشكل فردي . و هكذا فإنه لا يمكن بسهولة تحديد زوجين من الأشكال ثلاثية الأبعاد حيث أن المثيرات ثلاثية الأبعاد لا يوجد فيها تحويل مكاني Spatial Transformation، يؤدي إلي عرض غير مرآوي أو غير منعكس . و وفقا لنموذج معالجة التدوير العقلي تشير هذه النظرية تحديدا إلى المرحلة الثالثة (التدوير العقلي للشكل ككل أو أجزاء الشكل)، و التي تستغرق وقتا أطول في المقارنة بين المثيرات المتطابقة و المثيرات المرآوية .أما بالنسبة للنتائج المتوقعة فهي تشير إلى ، أن عامل تكافؤ المثيرات يتشابه في تأثيراته مع عامل توجه المثيرات Factor Stimulus Orientation . وفقا لذلك ، فإن مقارنة المثيرات المتطابقة بالأشكال المر آوية يؤدي إلى تثبيتات Fixations ، أطول و أكثر خاصة مع تزايد التباين الزاوي Angular Disparity ، (Just & Carpenter,1976) .و بالإضافة لذلك ، فإن المثيرات المر آوية ينبغي أن ينتج عنها نشاط قوي في المناطق الدماغية الجبهية – الجدارية Fronto-Parietal ، وهذه المناطق

ارتبطت مع التدوير العقلي (تدريجيا)، وخاصة في الشق الجداري الداخلي Interaparietal Sulcus ، والمناطق القبل حركية العلي Higher order Premotor Area (deLange,Hagoor&Toni,2005 ;Keehner,Guerin, Miller,Turk&Hegarty ,2006 ;Mourao ,Miranda,Ecker,Sato,&Brammer,2009;Vingerhoets,deLange,Van demaele,Deblaera&Achten,2002).

٣- نظرية التأكيد : Confirmation Theory

لقد أجري كلٌ من Just and Carpenter (1976) فحصا وصفيا لمسارات التثبيت الخاصة بالمشاركين أثناء التدوير العقلي لأشكال شيبرد- ومتزلر الثلاثية الأبعاد . فلاحظوا أن كمون الاستجابة المرتفع خاصة في حالة المثيرات المر آوية تمثل في طول المدة في مرحلة التأكيد ،وهي تمثل الخطوة الثالثة في نموذج المعالجة ، فالخطوة الأولي (البحث) ، والثانية (التحويل والمقارنة)، والثالثة (تأكيد التطابق، Fit ،أوعدم التطابق،Mis Fit) بين المثيرات ، وهكذا نجد أن معظم الإعدادات تشير إلي المرحلة الرابعة (الحكم بالتكافؤ، Judgment of Parity).من نموذج المعالجة عند كلٌ من، Cooper and Shepard (1973) and Corballis (1988) ، مع عناصر المرحلة الثالثة (التدوير العقلي للشكل ككل أو أجزاء الشكل) والمرحلة الثانية (تحديد توجه الشكل) . ولقد لوحظ أثناء تطبيق هذه النظرية وجود زيادة في النشاط حدثت أثناء حل المهمة المتمثلة في مقارنة المثيرات المر آوية بالمثيرات المتطابقة ،ومن المتوقع بشكل أساسي حدوث هذا النشاط في القشرة القبل الجبهية Prefrontal Cortices ، والقشرة الجدارية الخلفية Posterior Parietal Cortices، وذلك منذ حدوث الاستدلال المنطقي Logical Reasoning ، المرتبط بهذه المناطق ،وأيضا في المناطق التي تشارك في التحويلات المكانية
(Fangmeier, Knauff, Ruff, & Sloutsky,2006).

٤- نظرية الترميز الثنائي : Dual Coding Theory

أشار (pivio) ، بوجود نظـامين مختلفـين لتمثيـل المعلومـات ومعالجتها :- النظام اللفظي ،والغير لفظي (الفراغي) . يعالج النظام اللفظي المعلومات ذات الطبيعة اللغوية ، بينما يهتم النظـام الغيـر لفظـي بتمثيـل المعلومات البصرية ، وأكد (pivio) ،أن الأفراد يتذكرون ويفكـرون فـي الأشياء التي تعرضوا لها من قبل بمساعدة الصور العقلية (Pivio,1991).

٥- نظرية الصورة : Image Theory

أشار (Kosslyn) ،إلي وجود أجزاء في الدماغ مسئولة عن تـصور الأجسام المرئية ،وتكوين الصور العقلية ؛ وتتكون هذه الصور من نـسخ أو بقايا انطباعات حسية وأحاسيس مرئية كانت فيما مضي تـشبه الـصورة ، ويؤكد (Kosslyn) ،أن أشباه الصور أو التصورات السطحية يتم تكوينها بناءا علي معلومات من التصورات العميقة التي تتشكل في الجزء العلـوي مـن الدماغ ، إذ أن عملية التدوير العقلي تحدث نتيجة لوجود بيانات مخزنة عـن الصورة في الذاكرة طويلة المدي علي شكل صور (في: شادية أحمد التـل، وليد حامد الشقور ،٢٠١٥).

٦- نظرية النشاط الإدراكي :

يؤكد كلٌ من (Neisser and Borg) ، أن الصور المماثلـة للعيـان تعتبر ذات طبيعة فراغية ،والدماغ يعمل فقط علي التقاط المعلومات الثابتـة من البيئة بما يتفق مع ما يتوقع الفرد رؤيته في سياق معين ، حيث أن تدفق المعلومات إلى الدماغ بصورة مستمرة و صحيحة من البيئة المحيطة تمكـن الفرد من القيام بعملية تدوير صحيحة للشكل (في : شادية أحمد التل ، وليـد حامد الشقور ،٢٠١٥).

٧- النظرية الوصفية :

وتسمى أيضا بالنظرية الافتراضية و ذلك لان كل البيانات عن الصورة العقلية ، و المدركات الحسية المتضمنة في هذه النظرية تعبر عن افتراضات تصف المشاهدات الحسية .(Thomas ،2000) و من هنا فإن الصورة العقلية من المحتمل ألا تكون صورة بالمعنى المجرد ، و لكنها قد تكون مجرد مجاز أو وصف (Parkin,2000).(في: شادية أحمد النل ، وليد حامد الشقور،٢٠١٥).

٨- نظرية المنظومة :

و ضع هذه النظرية كلٌ من Kosslyn , Schwartz and Pinker . وتفترض هذه النظرية وجود أنماط مختلفة من التمثيل في الذاكرة البصرية النشطة Active Visual Memory ، و الذاكرة طويلة المدى Long-term Memory ،و هذه التمثيلات المتضمنة في الذاكرة النشطة تحتوي على خبرة التصور ، و التي تتطلب الخصائص شبه التصورية التي يصفها الأفراد عندما يقوموا بالتصور من أجل تكوين الحدث من الخصائص البنائية . لهذا التمثيل المتضمن ، فنلاحظ أن التنظيم يبدو على هيئة حبيبات Grains ، مما يجعل الصور الأصغر أكثر صعوبة في فحصها وتحديد حجمها و شكلها ، كذلك صعوبة تخيل و استدعاء خلفية الأشياء ، وكذلك الإطار الخارجي في الدماغ (Kosslyn, Pinker, Smith,& Schwartz,1979).

٩- نظرية التكافؤ الوظيفي :

و يري كلٌ من (Anderson,1978 , Hinton, 1979,Kosslyn 1980, Pinker,1980 ,1983, أن النتائج الطيبة التي توصل إليها شيبرد ، (Shepard ,1973) ،عن عملية التدوير العقلي ساعدت كل النظريات ، والنماذج الحديثة للتصور العقلي. تناولت هذه النظرية تنشيط القدرات المعرفية

أثناء التحويلات العقلية ، وكيفية تفاعل هذه القدرات لإتمام التحويل (في : رجاء محمود أبو علام ،عاصم عبد الحميد كامل ، محمد عاطف عطيفي ، ٢٠١٤) .

١٠- نظريات تميز الشكل : Shape Recognition Theories

لقد أوضح ، (Pinker,1984) أن نظريات تميز الشكل تنقسم إلي ثلاثة أنواع هي :

١- نماذج وجهات النظر المستقلة : Viewpoint-independent models

وفيها يعطي الشيء نفس التمثيلات بصرف النظر عن حجمها ، وتوجهها ، وموقعها . وهذا النوع يتضمن ملامح النماذج ، حيث يتم تمثيل الأشكال كمجموعة من الملامح المستقلة مكانيا مثل: التقاطعات Intersections ، والزوايا Angles ، والمنحنيات Curves ، ونماذج وصف الهيكلStructural- description models ، حيث يتم تمثيل الأشكال كوصف هرمي أو متدرج Hierarchical description ،للعلاقات المكانية الثلاثية الأبعاد بين الأجزاء ، باستخدام نظام الإحداثيات المتمركز علي الشكل أو أجزاء الشكل. وقبل وصف مدخلات الشكل يكون النظام الاحداثي متمركزاً عليها مستندا إلي محورها من حيث الاستطالة أو التماثل Elongation or Symmetry ،ويمكن مقارنة نتائج الوصف "المتمركز علي الشكل "مباشرة مع وصف الشكل المخزن والذي يستخدم نفس النظام الاحداثي (Marr & Nishihara, 1978) .

٢- نماذج أحادية الوجه بالإضافة للتحويل: Single-view-plus-Transformation

حيث يتم تمثيل الشكل من خلال اتجاه واحد أو توجه واحد Single orientation ، وفي الغالب يتم تحديده من خلال وجهة نظر المشاهد "التمثيل المتمركز- علي المشاهد" ، ويتم التمييز في هذه النماذج عن طريق عمليات

التحويل،وذلك من أجل تحويل التمثيلات المدخلة للشكل في التوجه الحالي إلي التوجه المطلوب الذي تم تخزينه من تمثيلات الذاكرة ،بمعني أن يتم تحويل تمثيلات الذاكرة في اتجاه مدخلات الشكل (Tarr &Pinker,1989) .

٣- نماذج متعددة الأوجه : Multiple – view models

يتم فيها تمثيل الشكل في ضوء مجموعة من التمثيلات ،كل منها تم تنفيذه في اتجاه مختلف مألوف ،وبعد ذلك يتم تمييز الشكل إذا كان يتطابق مع أي منها (Tarr&Pinker,1989).

ثانيا: التفسير النيورولوجي للتدوير العقلي

ظهر اهتمام كبير بدراسة التدوير العقلي من اجل معرفة الميكنزمات العصبية الكامنة وراء أداء المهمة ،وعلي الرغم من وجود عدد كبير من الدراسات استخدمت نماذج التدوير العقلي (Cooper,1975;Shepard&Metzler,1971) ، وذلك لمعرفة التغيرات البيولوجية ذات الصلة بالعمليات المعرفية الأساسية ، وملاحظة بيانات زمن الرجع (Childs, &Polich,1979;Kail,1985 ;Lohman,1986) . رغم ذلك أوضحت الدراسات العصبية النفسية أن أماكن تأثيرات التدوير العقلي مازالت غير واضحة . فهناك بعض الأدلة تشير إلي النصف الأيمن الأمامي من الدماغ أثناء معالجة التدوير العقلي . فلقد أوضحت العديد من الدراسات أن الأفراد الذين يعانون من تلف حقيقي في النصف الأيمن أو الأيسر من الدماغ .عندما طلب منهم تدوير بعض من صور التماثيل أو مناظر طبيعية ثلاثية الأبعاد لوحظ أن الأفراد ذوي التلف في النصف الأيمن(RH) ، أدوا بشكل فقير جدا عن الأفراد الذين يعانوا من تلف في النصف الأيسر من الدماغ (LH) (Butters & Barton,1970;Kim, Morrow, Passafiume&Boller, 1984;Ratcliff,1979). ومن ناحية آخري ، أشارت العديد من الدراسات أن الأفراد المصابين بتلف استخدموا

كلا النصفين الكرويين للدماغ أثناء أداء المهام ، وخاصة في حالة المثيرات المعقدة (Butters,Barton,& Bordy,1970; Kim et al.,1984) and DeRenzi (1978).(in:Cohen&Polich,1989).

كما أظهرت تسجيلات (EEG) ، للأفراد الطبيعيين عندما طُلبَ منهم تدوير أشكال علي هيئة مكعبات ثلاثية الأبعاد (لشيبر – ومتزلر ، ١٩٧١)، نشاط كبير جدا في نصف الدماغ الأيمن (RH) ، مقارنة بالمجموعةالضابطة ، ولكن في أماكن قياس محددة (Ornstein, Johnstone, Herron, Swencionis, 1980; Papanicolaou, Deutsch, Bourbon,Will,Loring, & Eisenberg,1987). كما وجدت تقارير إضافية آخري قيمت الأداء البصري المكاني المعقد وفقا لهذه التكنيكات ولم تحصل علي تأثيرات قوية في نصف الدماغ الأيمن (Galin, Johnston, & Herron, 1978; Gevins, Zeitlin, Doyle, Yingling, Schaffer,Callaway,Yeage,1979). كما وجدت العديد من الأدلة التي توضح أهمية النصف الأيمن من الدماغ في معالجة التدوير العقلي . فلقد لوحظ أن الأفراد المصابين بقطع بالجسم الجاسيء Corpus Callosum ، لديهم فاعلية أكبر في النصف الأيمن من الدماغ أثناء معالجة التدوير العقلي وهو نفس ما انتهت إليه دراسات التصوير العصبي ورسم المخ بشكل عام، (Roberts,&Bell, 2002; Zacks, Gilliam, &Ojemann, 2003). كما دعمت دراسة Hermann (1978) ، هذه النتائج حيث انتهت إلي تفوق الأفراد ذوي اليد اليسري في تقديم استجابات أسرع علي مهام التدوير العقلي مقارنة بالأيامن، وكذلك نتائج Deutsch (1988) ، كانت مشابهه فلقد لوحظت زيادة في نشاط النصف الأيمن من الدماغ ،وزيادة تدفق الدم إليه مقارنة بالنصف الأيسر أثناء أداء المفحوصين لمهام التدوير العقلي "لشيبرد " و"متزلر" وذلك وفقا لمسح المخ بأشعة اكس ، (in:Cohen, Kosslyn, Breiter, Digirolamo, Rosen, & Thompson, Anderson, Bookheimer,

.Belliveau,1996)،وتؤكد العديد من الدراسات علي الهيمنة المسبقة Predominat وخاصة بالفصين الجبهي و الجداري، (Vingerhoets , Santens,Van Laere, Dierckx, & DeReuck, 2001). ،كما أشار (Zacks,2008)إلي سيادة نشاط الفص الجداري الأيمن بشكل رئيسي، ويتسق هذا الأمر وفقا لمنظور التخصص الوظيفي لنصفي المخ ؛ كما خلصت الدراسة أيضا إلي تخصص النصف الأيسر في معالجة ما هو لفظي أو للغوي ،أما النصف الأيمن فانه يعالج ما هو غير لفظي ،وبالتالي فان مهمة التدوير العقلي تعد مؤشرا لكفاءة المعالجة بالنصف الأيمن، (Hopkins,Fajot,&Vauclaire,1993).كذلك انتهت احدي الدراسات الحديثة إلي اختلاف نمط النشاط اللحائي ،وذلك أثناء تقديم مثيرات علي شكل أيدي ، وأدوات تمثل مهام للتدوير العقلي ،وتمثلت النتائج في تضمين القشرة القبل حركية ، و الجدارية بشكل رئيسي في هذه المعالجة مع مشاركة أقل من المناطق الخلفية والجبهية (Seurinck,Vingerhoets,Vandemaele, Deblaere& Achten ,2005). ، كما توصلت أيضا دراسات التصوير العصبي إلي وجود نشاط أولي في القشرة الجدارية ،بالإضافة إلي نشاط مشابه في المنطقة القبل حركية Premotor Area ،ومناطق حركية تكميلية أثناء أداء التدوي العقلي (Chan, Ho, & Cheung, 1998; Richter, Somorjai, Summers, Jarmasz, Menon & Gati, 2000 ;Thomsen, Hugdahl, Ersland, Barndon, Lundervold, & Smievoll,2000). ،ولقد أوضح أيضا Inoue et al. (1998)، باستخدام (EEG) ، أنه يوجد نشاط في المناطق القبل حركية اليسري ، ومناطق آخري في القشرة الجبهية منطقة(٢٠)، وفي ضوء النتائج التي اعتمدت علي الحدث المرتبط بالفعل Events-Related Potential ، ظهر نشاط سلبي واضح في المنطقة الجبهية المركزية اليمني Right Central Frontal Area (in: Bhattacharya,

Petsche, Feldmann & Rescher2001).،وبالإضافة لذلك ، فـان مـسألة عدم التماثل الدماغي أثناء التدوير العقلي تتطلب الكثير من الاهتمام .فلقـد أشارت أولي دراسات التصوير العصبي إلي هيمنة النصف الأيمن من الدماغ (Deutsch, Bourbon; Papanicolau & Eisenberg, 1998). ، في حـين أوضح، Cohen et al.(1996). ،أنه لا توجد فروق واضحة تـم الحـصول عليها في الدراسات السابقة ،لذلك يفترض أن هذه النتائج المختلفة تشير إلـي أن التدوير العقلي مثل أي وظيفة معرفية معقدة تتشكل بواسطة مجموعة من العمليات المعرفية الفرعية والتي تعمل بشكل متزامن ،وهذه العمليات الفرعية هي التي تحملنا للاختلاف في المناطق القشرية . كمـا أشـار(1995).et al Logothetis,،أن تمييز الشيء البصري يفترض أنه يتم فـي المقـام الأول بواسطة المناطق الصدغية- والقفوية،والتي وجدت بها خلايا تستجيب للشيء بطريقة وجهة النظر الانتقائية. كمـا أوضـح،(2002).Gauthier et al ،أن قياس النشاط الدماغي أثناء التدوير العقلي ،وتمييز الشيء بواسـطة أشـياء دارت حول ثلاث محاور مختلفة ؛أظهر تزايد النشاط في الفـص الجـداري الأمامي(SPL)، بشكل يتناسب مع التباين في وجهات النظر أثنـاء التـدوير العقلي ،ولم يحدث ذلك في حالة تمييز الشيء .

وقد تناولت الأبحاث الأساس النيورولوجي/ الفسيولوجي للأداء علي مهـام التدوير العقلي من مداخل وعوامل نوجزها فما يلي :

١- مناطق النشاط النيورو- فسيولوجي بالقشرة المخية .

يتمثل الجانب الأكثر أهمية في إتباع مدخل عصبي علمي فـي مثـل هـذه الدراسات . حيث يتم دراسة تأثيرات التدريب علي التدوير العقلي من خـلال القياسات العلمية العصبية الخاصة بنشاط الدماغ أثنا الأداء علي مهام التدوير العقلي . فلقد أوضحت عمليات المسح الخاصة بأشـعة البـوزيترون (PET) Positron Emission Tomography، قبل وبعد التدريب انخفـاض معـدل

النشاط فيما بين الاختبارين القبلي والبعدي لصالح القياس البعدي بالنسبة لبعض أجزاء المخ (Haier, Siegel, Maclachlan, Soderling, Lottenberg & Buchsbaum ,1992). ومن المثير للاهتمام ،ارتباط الانخفاض في معدلات النشاط المترتبة علي التدريب بتغير مستوي أداء المشاركين (كلما ارتفع مستوي الأداء انخفض مستوي التنشيط) ،وكذلك مستوي الذكاء العام الخاص بهم (كلما ارتفع مستوي الذكاء انخفض مستوي التنشيط بعد التدريب) ، (Haier, Siegel,Tang,Able& Buchsbaum,1992).

كما وجدت نتائج مشابهة في ظل إتباع التصميم التجريبي ذات المجموعة الواحدة (الاختبار القبلي Pre test ،والتدريب Training ،والقياس البعدي Posttest)، فلقد توصل (Neubauer,Grabner,Freudenthaler Beckmgnn& Guthke,2004,). ،إلي انخفاض معدلات التنشيط بالنسبة للأفراد الأكثر ذكاءاً فيما بين الاختبارين القبلي والبعدي وكان ذلك في الاختبار البعدي،ولاسيما في احدي أجزاء المخ التي ترتبط بعملية التفكير بقوة (القشرة القبل الجبهية prefrontal cortex، والتي هي بمثابة أحد أجزاء الشبكة الجبهية الجدارية fronto-parietal network،والتي تم تحديدُها من قبلْ (Jung&Haier,2007). كما أشار أيضاً ، Jaušovec & Jaušovec(2012)، أن التدريب لمدة (١٨)ساعة أدي إلي الانخفاض في نشاط القشرة الجبهية ،وتزامن مع هذا الانخفاض زيادة في نشاط القشرة الجدارية لدي الإناث في الاختبار البعدي مقارنةً بالاختبار القبلي ،ولم يلاحظ أي تحسن في أداء المجموعة الضابطة ،وارتبط ذلك بعدم وجود فروق في نشاط المناطق الدماغية بين الاختبارين القبلي والبعدي للمجموعة الضابطة . كما أوضحت إحدي الدراسات التي استخدمت ثلاثة أنواع من اختبارات التدوير العقلي في الدراسة ، أنها حصلت علي صور هيكلية وظيفية للبنات

المراهقات قبل وبعد الممارسة علي حل المشاكل البصرية –المكانية ، وألعاب الفيديو ، والتترس . وبعد (٣) أشهر من الممارسة تم مقارنة نتائج الفحص الهيكلي للمجموعة الضابطة مع المجموعة التي مارست ألعاب (التترس ،Tetries) فأظهرت المجموعة الضابطة نشاطاً قشرياً تمثل في منطقتين هما : التلفيف الجبهي العلوي الأيسر Left Superior Frontal Gyrus، والتلفيف الصدغي العلوي الأمامي الأيسر، Left Anterior Superior Temporal Gyrusوذلك اعتماداً علي النشاط المسجل بواسطة الرنين المغناطيسي الوظيفي (FMRI) ،وفي المقابل أظهرت المجموعة التي مارست "التترس" أنشطة قشرية في جميع مناطق الدماغ ،واتسم النشاط بالانخفاض بشكل واضح في معظم المناطق الجبهية بعد الممارسة (Haier,Karama,Leyba&Jung,2009) .

٢- الفروق النوعية أثناء أداء التدوير العقلي .

و في ضوء الدراسات العلمية العصبية الخاصة بنشاط المخ في ظل الفروق النوعية بين الذكور و الإناث على مهام التدوير العقلي . اهتمت الدراسات بالفروق الجنسية بين الذكور و الإناث فيما يتعلق بشكل المخ من حيث ارتباطه بمستوى الأداء على مهام التدوير العقلي (Koscik , et al., 2009). و قد أظهرت النتائج وجود مادة رمادية Gray Matter (GM) في الفص الجداري (PL) لدى الإناث بدرجة أكبر من الذكور ، و هذا يعتبر بمثابة قصور بالنسبة للإناث . بينما وجدت مساحة سطحية جدارية أكبر بالنسبة للذكور ؛ تعتبر بمثابة ميزة خاصة بمستوى الأداء بالنسبة للذكور وفقا لاختبار التدوير العقلي . و في هذا الصدد ؛ توصل الباحثون إلى أن الفروق الجنسية الهيكلية قد تكون بمثابة العامل العصبي البيولوجي الفعال المؤدي للاختلافات الجنسية بالنسبة لمستوى الأداء على مهام التدوير العقلي . كما أشارت العديد من دراسات الرنين المغناطيسي الوظيفي (FMRI) إلى وجود فروق جوهرية

خاصة في نشاط المناطق الدماغية بين الذكور و الإناث المشاركين في مهام التدوير العقلي ؛ على الرغم من عدم وجود فروق خاصة بمستوى الأداء (Butler et al ., 2006; Hugdahl et al., 2006 ; Jordan , Wüstenberg , Heinze , Peters& Jäncke ,2002). و من ناحية أخرى ، أشارت إحدي الدراسات إلى وجود فروق بين الذكور و الإناث في الأداء على مهام التدوير العقلي في ظل النشاط الجانبي للدماغ Bilateral Activations ؛ فلقد أظهرت الإناث نشاطاً واضحاً بالشق الجداري الداخلي Intra Parietal Sulcus(IPS) و الفصيص الجداري العلوي و الخلفي Superior and Inferior Parietal Lobule و التلفيف الصدغي الخلفي Inferior Temporal Gyrus (ITG) ، والمناطق القبل حركية Premotor Area ؛ وفي المقابل ، أظهر الذكور نشاطاً واضحاً في الشق الجداري – القفوي الأيمن Sulcus RightParieto-Occipital،والشق الجداري الداخلي (IPS) ، و الفصيص الجداري العلوي الأيسر Left Superior Parietal Lobule(LSPL) ، كما اتفق كلٌ من الذكور والإناث في نشاط المناطق القبل حركية ؛ بالإضافة لذلك أظهر الذكور أيضاً نشاطاً واضحاً في القشرة الحركية اليسري Left Motor Cortex ، ولم يظهر ذلك في التلافيف الصدغية الخلفية (ITG) ، (Jordan, et al., 2002). كما ظهرت أنماط مختلفة من النشاط القشري ارتبطت بمستوي الأداء أكثر من النوع أثناء الأداء علي المهام البصرية المكانية والتدوير العقلي (Tagairs, Kim, Strupp, Andersen, Ugurbil, & Georgopoulos, 1996; Unterrainer,Wranek, Staffen,Gruber& Ladurner,2000). وفي المقابل ؛ أوضح Thomsen et al.(2000)، أن الذكور في الغالب أظهروا نشاطاً جدارياً في حين أظهرت الإناث نشاطاً في المناطق الجبهية الخلفية Inferior Frontal Areas.كما اهتمت العديد من الدراسات بتحديد الفروق النوعية بين الذكور والإناث علي مهام التدوير

العقلي في ضوء الفرق بين حجم المادة الرمادية (GM) ، والمادة البيضاء (WM) في المناطق الدماغية ؛ فأظهرت النتائج وجود فروق في نسب الأنسجة بين الجنسين ، فلقد أظهرت الإناث مادة رمادية أكبر من المادة البيضاء مقارنة بالذكور ، (Goldstein, Eidman, Horton, Makris, Kennedy, & Caviness,2001;Gur et al.,1999; Luders, Narr, Thompson, Woods, Rex,& Jancke, Steinmetz, & Toga, 2005).وفي احدي دراسات الرنين المغناطيسي الوظيفي (FMRI) ، أدي (١٢) من المشاركين الذكور ، (١٢) من الإناث المتطوعين في مرحلة عمرية صغري علي نوعين من الاختبارات ؛ اختبار التدوير العقلي ، واختبار توليد الفعل Verb-Generation Tests ، فأظهرت النتائج فروقاً واضحةً في النشاط الدماغي في كلٍّ من الاختبارين بين الذكور و الإناث ، فلقد لُوحظَ نشاط مرتفع لدى الذكور في الفص الجبهي الأوسط الأيمنRight Medial Frontal و المناطق القبل مركزية Precentral، و القشرة الجدارية الخلفية الجانبية Bilateral Inferior Paraital Cortex ،أثناء الأداء على اختبارات التدوير العقلي و في المقابل ؛ أظهرت الإناث نشاطاً في المناطق الصدغية الوسطى و الخلفية اليمنى Right Inferior and Medial Temporal و القشرة الجبهية العليا اليمنى Right Superior Frontal Cortex ، والتلفيف المغزلي الأيسر Left Fusiform Gyrus ، في حين أظهر الذكور في حالة "اختبارات توليد الفعل " نشاطاً مرتفعاً في المناطق الصدغية اليسرى Left Medial Temporal ، و القشرة القبل مركزية . فلقد لُوحظَ أن هذه النتائج أوضحت الفروق في النشاط الدماغي بين الذكور و الإناث في هذه المرحلة من العمر في حالة المهام المعرفية في حين أن الفروق بين الجنسين تشكلت في مهمة التدوير العقلي بشكل أكثر وضوحا من مهمة توليد الفعل (Gizewski, Krause, Wanke, Forsting & Senf, 2006) .

٣-الأبعاد المتضمنة في أشكال التدوير العقلي .

لقد دُعمتْ فرضية "فاعلية الجهاز العصبي" من خلال ما يزيد عن (٣٠) دراسة استخدمت المناهج الفسيولوجية العصبية المختلفة مثل: PET، EEG ، FMRI ، في ظل مجموعة واسعة النطاق من المهام الإدراكية (بدءاً من الإدراك الأولي وانتهاءاً بمتطلبات التفكير المعقد)، (Neubauer&Fink,2009) . كما ظهرت معظم الأبحاث المعنية بالعلاقات الارتباطية العصبية العلمية الخاصة بالقدرات البصرية المكانية من خلال المداخل العصبية العلمية الخاصة بمستوي الأداء الرياضي ،ومصحوبةً بالتأكيد علي الأجزاء الجدارية لنصفي الدماغ والتي تم إدراجها في إطار المهارات البصرية –المكانية (Cabeza & Nyberg, 2000; Trojano, Linden, Formisano, Goebel, Sack & Di Salle, 2004).،وبالإضافة للاهتمام بالعلاقات العصبية الخاصة بالمهارات البصرية –المكانية ؛ ظهر أيضاً اهتمام أكثر تخصصاً بالقدرات المعرفية ، فلقد بحثت العديد من الدراسات في العلاقات العصبية الخاصة بالتدوير العقلي الثنائي الأبعاد مقابل التدوير ثلاثي الأبعاد للأشياء ثلاثية الأبعاد ، (Kawamichi et al.,2007; Kawamichi, Kikuchi&Ueno,2007).،فلقد لُوحظت مساحة كبيرة من النشاط في الفصيص الجداري العلوي الأيمن (RSPL) ،ارتبطت بزاوية التدوير الثنائية الأبعاد ، وفي المقابل ظهرت مساحة كبيرة من النشاط في القشرة القبل حركية الظاهرية اليمني، Right Dorsal Premotor Cortex، ارتبطت بزاوية التدوير الثلاثية الأبعاد ،وبالإضافة لذلك ارتبط أيضاً النشاط الحادث في القشرة القبل حركية الظاهرية اليمني بالتصور البصري للأجزاء المختفية Hidden Parts ، للمثير البصري ، والذي يتطلب تدويراً ثلاثياً فقط .(Kawamichi et al.,2007) ،كما أشار (Robets&Bell,2003). إلي الاختلافات الخاصة بنصفي الدماغ في القشرة

الجدارية (PC) ، فأظهرت النتائج أن الذكور أظهروا نشاطاً أكبر في القشرة الجدارية اليسري عن القشرة الجدارية اليمني وذلك في حالة المهام ثنائية الأبعاد البسيطة ،في حين أن الإناث أظهرن نشاطاً أكبر في القشرة الجدارية اليمني عن القشرة الجدارية اليسري . وفي المقابل ، أظهر كلّ من الذكور والإناث نشاطاً أكبر في القشرة الجدارية اليمني عن القشرة الجدارية اليسري وذلك في حالة المهام الثلاثية الأبعاد المعقدة . كما أوضحت بعض دراسات الرنين المغناطيسي الوظيفي (FMRI) ، (Lamm et al.,2001; Richter et al.,2000; Tagaris et al.,1997;Windischberger et al. ,2003). ، وجود نشاط في المناطق الحركية العليا Higher Motor Area ، أثناء التدوير العقلي للأشكال ثلاثية الأبعاد ، في حين أنكر آخرون ذلك ، (Cohen et al.,1996;Gauthier et al.,2002;Jordan et al., 2001) . كما أشار (Neubauer et al.,2010) ، إلي انخفاض مستوي التنشيط في المخ عند الذكور في حالة العرضين الثنائي والثلاثي الأبعاد ، في حين أظهرت الإناث انخفاضاً في مستوي التنشيط في حالة العرض الثلاثي الأبعاد فقط ،ولم يحدث ذلك في حالة العرض الثنائي الأبعاد لمهمة التدوير العقلي . كذلك تم مقارنة الفاعلية الطيفية لل (EEG) ، من خلال أربع نطاقات للتردد (٨-١٣ ، ١٥-٢٥ ، ٢٥-٣٥ ، ٣٥-٤٠ هيرتز) ، علي عينة مكونة من (٢٠) طالب مارسوا عدد من المهام التي تتطلب تدويراً عقلياً للأشياء الثنائية والثلاثية الأبعاد . فأظهرت النتائج أن فاعلية التردد الخاصة بمستوي أداء المهمة في حالة الأشياء الثنائية الأبعاد كانت أكبر من تلك الخاصة بالأشياء ثلاثية الأبعاد . حيث أن زاوية التدوير كانت أكبر في حالة الأشياء ثنائية الأبعاد ،وبالتالي أدي هذا العامل – وليس عمق المسافة المدركة -إلي زيادة مستوي النشاط في المناطق الدماغية (Nikolaev&Anokhin,1998).

٤- زاوية التدوير العقلي .

لقد وجدت علاقة خطية بين زيادة النشاط الحادث في المناطق الدماغية وزيادة صعوبة المهمة وتمثلت صعوبة المهمة في زيادة درجة استدارة الشكل (IPS)– مما أدي إلي نشاط ثنائي الجانب قوي في الشق الجداري الداخلي Superior and Inferior Parietal،و الفصيص الجداري العلوي والخلفي (Podzebenko et al.,2002) ، مع وجود هيمنة للنصف الأيمن من الدماغ Lobule ،بفحص أثر زاوية التدوير Carpenter et al.(1999) . كما قام Shepard &Metzler(1971)علي نشاط الدماغ في ظل استخدام أشكال الثلاثية الأبعاد ،ولم يستخدموا الأحرف الأبجدية . فأظهرت النتائج نشاطاً واضحاً في المناطق الجدارية ،وكذلك المناطق الصدغية و الجبهية ارتبط بزيادة زاوية التدوير ؛ وأشار أيضاً إلي وجود علاقة خطية بين زيادة النشاط في القشرة الجدارية اليسري واليمني وزوايا التدوير الكبيرة . كما لُوحظ أيضاً ، زيادة في نشاط القشرة الجدارية العليا والسفلي اليمني ،والقشرة الجدارية الخلفية اليسري وذلك عند تميز الأحرف الأبجدية في كلا الحالتين "الحروف الطبيعية"و"الصور المرآوية للأحرف" ، . ولقد أظهرت النتائج أن زيادة تباين زاوية (Alivisatos&Petrides,1997) التدوير صاحبها زيادة سلبية في أشكال موجة الحدث المرتبط بالفعل ، في نطاق الكمون من (٣٥٠–٨٠٠) Event-Related Potential (ERP) ميلي ثانية ؛ خاصة في المناطق الجدارية والقفوية ، والتي فُسرت علي أنها تعكس عملية التدوير ،كما لُوحظت أيضاً تأثيرات منتظمة في المناطق المركزية (Desrocher, Simth&Taylor, 1995;Rosier,Heil,Bajric, Pauls& Henninghausen,1995). ، وكذلك في المناطق القفوية ،ولكن التأثيرات في المناطق الجدارية كانت أكثر وضوحاً لقد ظهر النشاط الحادث في المناطق القبل جبهية مرتبطاً بمقارنة المثيرات التي تم تدويرها بالمثير الرئيسي أو الهدف (Peronnet&Farah;1989).

كما أشار ذلك أيضا ، إلي تمثيل الذاكرة العاملة المكانية ومطالب الانتباه ، (Carpenter et al., 1999 ; Cohen et al., 1996; Koshino, Carpenter, Keller &Just, 2005; Podzebenko et al.,2002). كما، هدفت بعض الدراسات إلي التعرف علي المسارات الظاهرية والباطنية للدماغ ،التي ارتبطت باختلاف زاوية التدوير ؛ Dorsal and Ventral Stream فتمثلت المسارات الظاهرية في المناطق الجدارية الداخلية في كلٍ من النصف الأيمن والأيسر للدماغ Left and Right Intraparietal Regions ، في حين تمثلت المسارات الباطنية في الجسم المخطط الخارجي الخلف Inferior Temporal ،والمناطق الصدغية الخلفية Extra Striate Regions في كلٍ من النصف الأيمن والايسر للدماغ (Mishkin , Ungerlieder & Macko , 1983 ; Ungerleider& Haxby , 1994). كما، أشارت إحدى الدراسات أن حذف احد الخطوط الرئيسية للأشكال و هي عبارة عن خطوط مرسومة أظهر زيادة في نشاط المناطق الصدغية الخلفية ، و الشق الجداري الداخلي و ذلك بسبب صعوبة تمييز الأشكال الناتج عن حذف أحد الخطوط الرئيسية لها (Diwadkar , Carpenter& Just , 2000). ، كما كشفت الدراسات العصبية الفسيولوجية و التي تضمنت Neural Populationالرئيسيات من غير البشر عن اتجاه التجمعات العصبية ، أنه حدث، Primary Motor Cortex ،المتجهة في " القشرة الحركية الأولية " تدريجيا مع التدوير بمرور الوقت بدءًا من موقع المثيرات و مروراً بالتوجهات المختلفة (di لتكون مكملة للاستجابة الحركية ، Pellegrino & Wise , 1993 ; Georgopoulos, Lurito , Petrides , Schwartz & Massex ,1989; Lurito, Georgakopoulos & Georgopoulos , 1991).

٥- العمر الزمني .

أوضحت احدى دراسات الرنين المغناطيسي الوظيفي (FMRI) أن نمط النشاط الدماغي بين الأطفال و الكبار كان متشابهاً جداً . و لكن أظهر الكبار نشاطاً كبيراً في الشق الجداري الداخلي الأيسر Left Intraparietal Sulcus ، مقارنة بالأطفال ، و هذه النتائج تفترض تحول النشاط من السيادة في الفص الجداري الأيمن عند الأطفال إلى نمط النشاط ثنائي الجانب عند الكبار ؛ و بالإضافة لذلك أظهر الكبار قلة في النشاط الحادث في التلفيف الحزامي الخلفي Posterior Cingulate Gyrus ، و الطلل (تلفيف مخي صغير) Precuneus ، و لم يحدث ذلك عند الأطفال (Kucian ,Von Aster , Loenneker , Dietrich, Mast & Martin , 2007). و كما توصلت هذه الدراسة إلي نتائج مشابهة (Booth et al., 2000)،وهي : أن الأطفال و الكبار الأصحاء أظهروا نشاطاً مشابهاً في مناطق الدماغ و لكن هناك اختلاف في توزيع النشاط عبر الشبكات العصبية . فأظهر الكبار نشاط أكبر في المناطق الجبهية الوسطى و الجدارية العليا Superior Parietal and Middle Frontal Areas) ، و قلة في نشاط التلفيف فوق الهامشي Supramarginal Gyrus . في حين أظهر الأطفال نشاطاً كبيراً في الفص الجداري الخلفي في النصف الأيمن من الدماغ و لكن نشاط الفص الجداري العلوي كان أكثر جانبية في النصف الأيسر من الدماغ (Booth et al.,1999) . كما ظهر النشاط عند الكبار أثناء الأداء على مهام التدوير العقلي في الفصوص الجدارية و المناطق الجبهية والفص القفوي (Alivisatos and Petrides ,1997;Carpenter et al.,1999;Harris et al.,2000;Jordan et al.,2002;Kosslyn et al.,1998;Richter et al., 2000,1997;Tagaris et al.,1996;Thomsen et al.,2000 ;Vingerhoets et al.,2001; Weiss et al., 2003).،كما أشار (Booth et al.,1999) ، إلي عدم وجود نشاط جانبي لصالح الذكور . وفي نفس الوقت كشفت دراسات

الرنين المغناطيسي (FMRI) ،عن أنماط متداخلة من النشاط عند الكبار والأطفال ؛ولكن هناك مناطق محددة ارتبطت بالمهارات البصرية المكانية ربما تكون أكثر جانبية عند الأطفال . كما أوضحت دراستان علي الأطفال استخدمتا جهاز رسم المخ (EEG) ، ولقد ركزتا أيضاً علي العلاقة بين النوع ،والعمر، ونشاط النصفين الكرويين للدماغ أثناء الأداء علي مهام التدوير العقلي المختلفة (Roberts&Bell,2000,2002). فقد أشارت إحداهما أن الذكور أكثر نشاطاً من الإناث في المناطق الجدارية اليسري و المناطق الصدغية الخلفية left Parietal and Posterior Temporal، في حين أن البنات والأولاد لم يوجد بينهم اختلاف في نشاط هذه المناطق أثناء مهمة التدوير العقلي ثنائي الأبعاد و بالإضافة إلى ذلك ؛ لُوحظَ أن زمن الرجع أسرع عند الذكور مقارنة بالإناث ، بينما لا توجد فروق بين الأولاد والبنات (Roberts & Bell , 2000). ،في حين أشارت الأخرى (Roberts & Bell , 2002) ، إلى وجود فروق بين الجنسين ليس فقط في الكبار ؛ و لكن في الأطفال أيضاً . فلقد أظهرت النتائج أن نشاط الفص الجداري الأيسر عند الذكور و الأولاد أكبر من الإناث و البنات في مهمة التدوير العقلي ثنائي الأبعاد ، وفي حالة استخدام مثيرات ثنائية الأبعاد مختلفة لم يتشابه الذكور مع الإناث في زيادة نشاط الفص الصدغي الخلفي الأيسر ، في حين لم توجد أي اختلافات بين الأولاد والبنات . وفي حالة مهمة التدوير العقلي ثلاثية الأبعاد ؛ أظهر كل المشاركين نشاطاً كبيراً في المناطق الجدارية اليمني مقارنةً باليسري ،ولم توجد فروق نوعية بين الكبار ولابين الأطفال ؛ كما أظهرت دراسات التصوير العصبي علي الأطفال دليل مفاده أن الفص الجداري يلعب دوراً مهماً في التنمية والفروق الجنسية التي تم اكتشافها في أنماط النشاط الدماغي أثناء التدوير العقلي . كما أوضح (Van Impe et al.,2013) ، من خلال نتائج التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي (FMRI) لمناطق الدماغ

،أن أداء مجموعة من المشاركين الكبار مقارنةً بالمشاركين الشباب علي مهام تدوير عقلي تتضمن أشكالاً مجردة . أظهر زيادة في مستوي الأكسجين في الدم في كلٍّ من الشبكات العصبية الجبهية الجدارية Fronto-parietal network، وكذلك مناطق نشاط آخري ارتبطت باستجابات الكبار أكثر من الشباب . كما أظهرت نتائج دراسة Zwergal et al.(2012)، أن تباين التخيل البصري يقف وراء الاختلاف الذي ظهر في نشاط التلفيف الجبهي العلوي Superior Frontal Gyrus ، و Insula ، و التلفيف الصدغي الأوسط Middle Temporal Gyrus ، و المهاد Thalamus ، و المخيخ Cerebellun عند المشاركين الصغار و كذلك زيادة النشاط المرتبط بالعمر في القشرة الجبهية و الصدغية والقفوية عند الكبار Frontal , Temporal and Occipital Cortices .

٦- زمن عرض المهمة .

وفي ضَوءْ إتباع مدخل عصبي لتوضيح المناطق التي ارتبطت بالأداء علي اختبارات التدوير العقلي المحددة الزمن والغير محددة .

تحققت العديد من الدراسات من أثر تحديد الزمن علي الحدث المرتبط بالفعل (Falkenstein,Hohnsbein&Hoorman,1994;Hohnsbein,Falkenstein &Hoorman,1995).،كما أوضحت إحدى الدراسات أثر تحديد زمن المعالجة علي النشاط القشري أثناء معالجة "مهمة التخيل البصري المكاني" Visuo-Spatial Imagery task ، فعندما طُلبَ من المشاركين أن يستجيبوا بسرعة و دقة قدر الإمكان ،"محدد بزمن"Time Restricted . لُوحظت زيادة سلبية في"سعة رتم النشاط القشري البَطيءْ " Increased Negative Slow Amplitudes Cortical Potential، في المناطق الجبهيةْ والجدارية ؛ وتفاعلت بشكل كبير مع القدرة علي المهمة المحددة . ولكن عند تسجيل

النشاط القشري من المناطق الجبهية والجدارية في حالة "زمن المعالجة الغير محدد" Processing Time Unrestricted ، وجدت فروق بين المشاركين مرتفعي ومنخفضي القدرة المكانية ، ولم تُلاحظ هذه الفروق بين مجموعات القدرة عندما طلب منهم أن يستجيبوا بسرعة ودقة قدر الإمكان " زمن المعالجة المحدد" ، وهذه النتائج تفترض أن زمن المعالجة المحدد يؤثر بشكل كبير في كمية ونمط النشاط الدماغي الحادث أثناء المعالجة المعرفية (Lamm, Bauer, Vitouch, Durec, Gronister & Gstättner, 2001).،كما أشارت إحدي دراسات رسم المخ (EEG) ،التي هَدفتْ إلي دراسة أثر "ضغط الوقت" Time Pressure، علي نشاط المناطق الدماغية أثناء الأداء علي "مهام بصرية حركية" Visou Motor Tasks، فأظهرت نتائج التصوير الدماغي أنماطاً متميزة من النشاط إرتبطت بضغط الوقت وتمثلت في زيادة نشاط"رتم ثيتا" Theta، في خط المنتصف في كلٍّ من المناطق الجبهية ، المركزية ،والجدارية Frontal , Central , Parietal ،وأيضاً المناطق الجبهية اليمني (Slobounov, Fukada, Simon, Rearich &Ray,2000).

٧- الفرق بين الموهوبين وغير الموهوبين أثناء أداء التدوير العقلي .

بالإضافة إلي ، ما أظهرته النتائج السيكومترية حول أثر الموهبة علي أداء التدوير العقلي بين الموهوبين وغير الموهوبين . سوف يتم إتباع مدخل عصبي لإظهار أثر عامل الموهبة علي الكفاءة العصبية للمناطق الدماغية المختلفة أثناء الأداء علي مهام التدوير العقلي بين الموهوبين وغير الموهوبين . فلقد أشار O'Boyle et al.(2005) ، أن الذكور المراهقين الموهوبين رياضياً والمتوسطين في القدرة الرياضية قاموا بتدوير الأشكال ثلاثية الأبعاد . فأظهر الموهوبون شبكات عصبية نوعية مختلفة أكثر من المتوسطين ؛ وتَضمنتْ أحد هذه الشبكات نشاط ثنائي الجانب في الفصوص الجدارية (PL) ،والقشرة الجبهية (FC) ، بالإضافة إلي نشاط مرتفع في

التلفيف الحزامي الأمامي Anterior Cingulate Gyrus .كما ارتبط أيضاً النشاط الحادث في الفصيص الجداري الخلفي Inferior Parietal Lobule ، بالأداء علي مهام التدوير العقلي لدي الموهوبين ، (Hoppe et al.,2012).كما دَعمتْ إحدي الدراسات الحديثة أيضاً ارتباط المناطق الجبهية الجدارية Fronto-parietal بالأداء علي مهام التدوير العقلي ؛ والتي تمثلت في "نموذج شيبرد-ومتزلر"، (Shepard-Metzler Paradigm) ، عند الموهوبين رياضياً مقارنةً بغير الموهوبين، (Prescott, Gavrilescu, Cunnington, O' Boyle &Egan,2010).ومن ناحية آخري، هَدفتْ إحدى دراسات الرنين المغناطيسي الوظيفي (FMRI) ، إلي التحقق من الركائز العصبية المرتبطة بالذاكرة العاملة المكانية . لدي مجموعة من الذكور المراهقين الموهوبين رياضياً مقابل أفراد المجموعة الضابطة وهم "متوسطون رياضياً" . فأظهرت النتائج أثناء أداء المهام أن كِلاَ المجموعتين"الموهوبين ،والمتوسطين" أظهروا نشاطاً ملحوظاً في الشبكات الجبهية الجدارية ، ولكن لُوحظَ أن الموهوبين أظهروا نشاطاً ثنائي الجانب في مناطق كثيرة وبالأخص في النصف الأيمن من الدماغ . وبالإضافة لذلك، أظهر الموهوبين أيضاً مقارنةً بأفراد المجموعة الضابطة زيادة في النشاط الحادث في منطقة الطلل Precuneus ،والفص الصدغي الأوسط Medial Temporal Lobe(MTL) ، والفص الجداري الخلفي الأيمن Right Inferior Parietal Lobe ،والتلفيف الحزامي الأمامي Anterior Cingulate Gyrus ، والمناطق الجبهية ، (Desco, Navas-Sanchez, Sanchez-González, Reig, Robles,Franco,Guzmán-De-Villoria,García-Barreno&Arango,2011).كذلك أظهرت العديد من الدراسات أن الموهوبين رياضياً حققوا مستوي عالياً من الإستدلال الرياضي Mathematical Reasoning ، لذلك إفْتَرضتْ هذه الدراسات أن "التنظيم

الدماغي " Brain Organization للموهوبين يختلف عن التنظيم الدماغي لغير الموهوبين رياضياً ، (Alexander,O'Boyle&Benbow,1996;Dehaene,Piazza,Pinel&Cohen,2003;Dehaene,Spelke,Pinel,Stanescu&Tsivkin,1999;O'Boyle,Cunnington,Silk,Vaughan, Jackson, Syngeniotis, &Egan, 2005; Prescott, Gavrilescu, Cunnington, O'Boyle, & Egan, 2010; Singh & O'Boyle, 2004). ، كما أشارت إحدي الدراسات التي استخدمت أشعة البوزيترون في الفحص الدماغي (PET) ،إلي وجود زيادة في تمثيل الجلوكوز في الفص الصدغي الأيمن أثناء الأداء علي اختبار الاستدلال الرياضي Mathematical Reasoning Test لدي الطلاب الموهوبين مقارنةً بغير الموهوبين . وذلك في ضوء توضيح أهمية العلاقة بين القدرات البصرية المكانية في النصف الأيمن من الدماغ والقدرة الرياضية ، (Hair .& Benbow, 1995)

المراجع

١- رجاء محمود أبو علام ، عاصم عبدا لحميد كامل ، محمد عاطف عطيفي (٢٠١٤). التصور العقلي من منظور علم النفس التربوي. مجلة العلوم التربوية، (٣)، ٤٧٣-٤٧٤.

٢- شاديه أحمد التل ، وليد حامد الشقور (٢٠١٥). تطور القدرة على التدوير العقلي لدى عينة من الطلبة الأردنيين. دراسات العلوم التربوية،٤٢(٢)، ٢٤٣-٢٤٤.

3- Alexander, J.E., O'Boyle, M.W., &Benbow, C.P. (1996). Developmentally advanced EEG alpha power in gifted male and female adolescents. InternationalJournalofPsychophysiology,23(1-2), 25–31. doi:10.1016/0167-8760(96)00031-1

4- Alivisatos, B., & Petrides, M. (1997) . Functional activation of the human brain during mental rotation. Neuropsychologia, 35(2), 111-118. doi:10.1016/S0028-3932(96)00083-8

5-Bhattacharya, J., Petsche, H., Feldmann, U., & Rescher, B. (2001). EEG gamma-band phase synchronization between posterior and frontal cortex during mental rotation in humans. Journal of Neuroscience Letters, 311(1), 29-32. doi: 10.1016/S0304-3940(01)02133-4.

6- Booth, J., Macwhinney, B., Thulborn, K., Sacco, K., Voyvodic, J., &Feldman, H .(1999). Functional organization of activation patterns in children: whole brain fMRI imaging during three different cognitive tasks. Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry, 23(4), 669-682. doi:10.1016/S0278-5846(99)00025-1

7- Booth, J., MacWhinney, B., Thulborn, K., Sacco, K., Voyvodic, J., Feldman, H. (2000). Developmental and lesion effects in brain activation during sentence comprehension and mental rotation. Developmental Neuropsychology, 18(2), 139-169. doi: 10.1207/S15326942DN1802_1

8- Butler, T., Imperato-McGinley, J., Pan, H., Voyer, D., Cordero, J., Zhu, Y.-S., Stem, E., &Silbersweiq, D. (2006). Sex differences in mental rotation: top-down versus bottom-up processing. Journal of Neuroimage, 32 (1), 445456.doi:10.1016/j.neuroimage. 2006.03.030 .RetrivedFromhttp://www.tracy butlermd.com/mentrot.pdf

9- Butters, N. , & Barton, M. (1970). Effect of parietal lobe damage on the performance of reversible operations in space . Neuropsychologia, 8(2), 205-214. doi:10.1016/0028-3932(70)90008-4

10-Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. Journal of Cognitive Neuroscience, 12, 1-47. doi:10.1162/08989290051137585

11-Carpenter, P.A., Just, M.A., Keller, T.A., Eddy, W., &Thulborn, K. (1999). Graded functional activation in the visuospatial system with the amount of task demand. Journal of Cognitive Neuroscience, 11(1), 9-24. Retrived From http://www. ccbi.cmu. edu/reprints/Carpenter_JCN1999_mental-rotation.pdf

12-Chan, A.S., Ho, Y.-C. and Cheung, M.-C. (1998). Music training improves verbal memory. Journal of Nature, 396,128. doi:10.1038/24075. Retrived From http:// neurolab347. pic6.eznetonline.com/upload/60_sz0Q.pdf

13-Childs, M. K., &Polich, J . M. (1979). Developmental differences in mental rotation . Journal of Experimental Child Psychology, 27(2) 339-351. doi:10.1016/0022-0965(79)90054-7.

14-Cohen, M.S., Kosslyn, S.M., Breiter, H.C., DiGirolamo, G.J., Thompson, W.L., Anderson, A.K., Brookheimer, S.Y., Rosen, B.R.,& Belliveau, J.W. (1996). Changes in cortical activity during mental rotation: a mapping study using functional magnetic resonance imaging. Brain, 119, 89-100. Retrived From http://brain.oxfordjournals.org/ content/brain /119/1/89.full.pdf.

15-Cohen, W.,& Polich, J.(1989). No hemispheric differences for mental rotation of letters or polygons. Journal of Bulletin of the Psychonomic Society, 27(1) 25-28. Retrived From http://link.springer.com/content/pdf/10.3758/BF 03329887.pdf

16-Cooper, L. A. (1975). Mental rotation of random two-dimensional shapes .Journal of Cognitive Psychology, 7, 20-43. Retrived From http://wexler.free.fr/library/files/cooper%20(1975)

17- Cooper, L.A., &Shepard, R.N. (1973).The time required to prepare for a rotated stimulus. Memory & Cognition,1(3), 246-250. Retrived From http://link.springer.com/content/pdf/10.3758 /BF03198104.pdf

18-Corballis, M.C.(1988). Recognition of disoriented shapes. Psychology Review, 95, 115-123. doi.apa.org org/journals /rev/95/1/115.pdf

19-Corballis, M.C., &McMaster, H.(1996).The roles of stimulus-response compatibility and mental rotation inmirror-image and left-right

decisions. Canadian Journal of Experimental Psychology, 50, 397-401. doi.org/10.1037/1196-1961.50.4.397

20-Dagher, A., Owen, A.M., Boecker, H., &Brooks, D.J.(1999). Mapping the network for planning: a correlation PET activation study with the tower of London task. Brain, 122, 1973–1987. Retrived From http://www.owenlab.uwo.ca/pdf/1999-Dagher

21-Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., &Cohen, L.(2003). Three parietal circuits for number processing. Cognitive Neuropsychology, 20 (3/4/5/6), 487-506. doi:10.1080/02643290244000239

22-Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., &Tsivkin, S.(1999). Sources of mathematical thinking: behavioral and brain-imaging evidence. Science 284,970-974.Retrived From http://www.unicog.org/publications/Deha eneSpelke _ ExactApprox_ Science1999.pdf

23-de Lange, F.P., Hagoort, P., &Toni, I.(2005).Neural topography and content of movement representations. Journal of Cognitive Neuroscience, 17(1), 97–112.doi:10.1162/0898929052880039 RetrivedFrom http://pubman.mpdl.mpg. de/pubman/item/ escidoc:58806

24-Desco, M., Navas-Sanchez, F.J., Sanchez-González, J., Reig, S., Robles,O., Franco, C., Guzmán-De-Villoria, J.A., García-Barreno, P., & Arango,C. (2011). Mathematically gifted adolescents use more extensive and more bilateral areas of the fronto-parietal network than controls during executive functioning and fluid reasoning tasks. NeuroImage, 57(1),281-292. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.03.063

25-Desrocher, M. E., Smith, M. L., & Taylor, M. J. (1995). Stimulus and sex differences in performance of mental rotation: Evidence from eventrelated potentials. Brain and Cognition, 28, 14-38. doi:10.1006/brcg.1995.1031

26-Deutsch, G., Bourbon, W.T., Papanicolau, A.C., & Eisenberg, H. M. (1998).Visuospatial tasks compared vai activation of regional cerebral blood flow . Journal of Neuropsychology,26,445-452. doi:0028-3932/X8 $3 Oil + 0.00

27-Di Pellegrino, G.,& Wise, S.P. (1993) . Visuospatial vs. visuomotor activity in the premotor and prefrontal cortex of a primate. The Journal of Neuroscience,13(3),1281–1284.Retrived From http://www.jneurosci.org/ content/13/3/1227.full.pdf

28-Diwadkar, V. A., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (2000). Collaborative activity between parietal and dorso-lateral prefrontal

cortex in dynamic spatial working memory revealed by fMRI. NeuroImage, 12, 85-99. doi:10.1006/nimg.2000.0586

29-Falkenstein, M., Hohnsbein, J.,& Hoormann, J.(1994). Time pressure effects on late components of the event-related potential (ERP). The JournalofPsychophysiol,8,22-30.RetrivedFromhttp ://psycnet.apa.org/psycin fo/1995 -00785-001

30-Fangmeier, T., Knauff, M., Ruff, C. C., & Sloutsky, V. (2006). fMRI evidence for a three-stage model of deductive reasoning. JournalofCognitive Neuroscience,18(3),320-334.doi:10.1162/jocn.2006. 18.3.320

31-Galin, D. , Johnstone, J., & Herron, J . (1978). Effects of task difficulty on EEG measures of cerebral engagement. Neuropsycholosia,16(4), 461-472. doi:10.1016/0028-3932(78)90069-6

32-Gauthier, I., Hayward, W.G., Tarr, M.J., Anderson, A.W., Skudlarski, P., & Gore, J.C.(2002). BOLD Activity during Mental Rotation and Viewpoint-Dependent Object Recognition. Journal of Neuron, 34,(1), 161-171. doi:10.1016/S0896-6273(02)00622-0.

33-Georgopoulos, A.P., Lurito, J.T., Petrides, M., Schwartz, A.B.,& Massey, J.T. (1989). Mental rotation of the neuronal population vector. Science, 243(4888), 234-236.doi:10.1126/science.2911737, Retrived From http://schwartzlab.neurobio. pitt.edu/pub/mental _rotation.pdf

34-Gevins, A.S., Zeitlin,G. M., Doyle, J.C. , Yingling, C.D., Schaffer, R. E., Callaway, E., & Yeager, C.L.(1979). Electroencephalogram correlates of higher cortical functions . Science, 203(4381),665-668. doi: 10.1126/science.760212

35-Gizewski, E. R., Krause, E., Wanke, I., Forsting, M.,& Senf, W.(2006). Gender-specific cerebral activation during cognitive tasks using functional MRI: comparison of women in mid-luteal phase and men. Journal of Neuroradiology,48(1),14-20. doi:10.1007/s00234-005-0004-9

36-Goldstein, J. M., Eidman, L. J., Horton, N. J., Makris, N., Kennedy, D. N., Caviness, V. S. Jr.,, Faraone,S. V., &Tsuang, M. T. (2001). Normal sexual dimorphism in adult human brain assessed by in vivo magnetic resonance imaging. Journal of Cerebral Cortex, 11, 490-497. Retrived From http://cercor.oxfordjournals. org/content /11/6/490.full.pdf+html

37-Gur, R. C., Turetsky, B. I., Matsui, M., Yan, M., Bilker, W., & Hughett, P. (1999). Sex differences in brain gray and white matter in healthy young adults: Correlations with cognitive performance.

Journal of Neuroscience, 19(10),4065-4072.Retrived From http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed /10234034

38-Haier, R. J., & Benbow, C. P. (1995). Sex differences and lateralization in temporal lobe glucose metabolism during mathematical reasoning. DevelopmentalNeuropsychology,11(4),405-414.doi:10.1080/875664950954 05629

40-Haier, R. J., Karama, S., Leyba, L., & Jung, R. E. (2009). MRI assessment of cortical thickness and functional activity changes in adolescent girls following three months of practice on a visual–spatial task. Journal of BMC Research Notes, 2, 174. doi:10.1186/1756-0500-2-174. Retrived From http://www. biomedcentral.com/1756-0500/2/174.

41-Haier, R. J., Siegel, B. V., MacLachlan, A., Soderling, E., Lottenberg, S., & Buchsbaum, M. S. (1992). Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: A positron emission tomographic study. Journal of Brain Research, 570(1-2), 134–143. doi:10.1016/0006-8993(92)90573-R.

42-Haier, R. J., Siegel, B., Tang, C., Abel, L., & Buchsbaum, M. S. (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. Journal of Intelligence, 16(3-4), 415-426.
doi:10.1016/01602896(92)90018M.RetrivedFromhttps://haier.squarespace.com/s/intelligence-and-changes-in-regional-cerebral-glucose-metabolic-rate-fo

43-Hamm, J.P., Johnson, B.W., &Corballis, M.C.(2004).One good turn deserves another: an event-related brain potential study of rotated mirror-normal letter discriminations. Neuropsychologia,42,810–820.doi:10.1016/j.neuro psychologia.2003.11.009

44-Harris, I.M., Egan, G.F., Sonkkila, C., Tochon-Danguy, H.J., Paxinos, G.,& Watson, J.D. (2000) Selective right parietal lobe activation during mental rotation:a parametric PET study.Brain,123,65-73.doi: http://dx.doi.org/10. 1093/brain/123.1.65

45- Hohnsbein, J., Falkenstein, M.,& Hoormann, J.(1995). Effects of attention and time-pressure on P300 subcomponents and implications for mental workload research. Biological Psychology,40(1-2),73-81.Retrived From http://dx. doi.org/10.1016 /0301-0511(95)05109-0

46-Hopkins, W., Fajot, J.,&Vauclaire, J.(1993). Mirror-image matching & mental rotation problem solving by baboons . Journal of Expermental

Psychology,122(1),61-72.Retrived From http://psycnet.apa.org/journals /xge/122 /1/61.pdf

47-Hoppe, C., Fliessbach, K., Stausberg, S., Stojanovic, J., Trautner, P., Elger,C.E., &Weber, B.(2012). A key role for experimental task performance: Effects of math talent, gender and performance on the neural correlates of mental rotation. Journal of Brain and Cognition, 78(1),14-27. doi: 10.1016/j. bandc.2011.10.008

48-Hugdahl, K., Thomsen, T., & Ersland, L. (2006). Sex differences in visuospatial processing: An fMRI study of mental rotation. Journal of Neuropsychologia,44(9),1575–1583. Retrived Fromhttp://www.ncbi.nlm. nih.gov/pubmed/16678867

49-Jaušovec, N., &Jaušovec, K.(2012). Sex differences in mental rotation and cortical activation patterns: Can training change them? Journal of Intelligence,40,151-162. doi:10.1016/j.intell.2012.01.005

50-Jordan, K., Heinze, H.J., Lutz, K., Kanowski, M., &Jancke, L.(2001). Cortical activations during the mental rotation of different visual objects. NeuroImage, 13(1), 143-152. doi:10. 1006/ nimg.2000.0677.

51-Jordan, K., Wüstenberg, T., Heinze, H. J., Peters, M., & Jäncke, L. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. Journal of Neuropsychologia, 40 (13), 2397-2408. doi:10.1016/S0028-3932(02)00076-3.

52-Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. Journal of Behavioral and Brain Sciences, 30,135-154.doi:10.1017/S0140525X0700 1185. RetrivedFromhttp://archive.sciencewatch.com/dr/fbp/2009/09augfbp/09augfbpJungET1.pdf

53-Just, M. A., & Carpenter, P. A.(1976). Eye Fixations and Cognitive Processes.Cognitive Psychology, 8,441-480.RetrivedFromhttp://wexler.free. fr/library/files/just%20(1976)

54-Kail, R. (1985). Development of mental rotation: A speed-accuracy study . Journal of Experimental Child Psycholog , 40 , 181-192. doi:10.1016/0022-0965(85)90071-2

55-Kawamichi, H., Kikuchi, Y., Noriuchi, M., Senoo, A., & Ueno, S. (2007). Distinct neural correlates underlying two- and three-dimensional mental rations using three-dimensional objects. Journal of Brain Research,1144, 117-126. doi: 10.1016/j.brainres .2007.01.082

56-Kawamichi, H., Kikuchi, Y., & Ueno, S. (2007). Spatio-temporal brain activity related to rotation method during a mental rotation task

of three dimensional objects: An MEG study. Journal of Neuroimage,37(3), 956-965.doi:10.1016/j.neuroimage.2007.06.001

57-Keehner, M., Guerin, S.A., Miller, M.B., Turk, D.J., & Hegarty, M.(2006). Modulation of neural activity by angle of rotation during imagined spatial transformations. NeuroImage, 33, 391-398. doi:10.1016/j.neuroimage. 2006.06.043, Retrived From http://scottguerin.com/s/NeuroImage-2006-Keehner.pdf

58-Kim, Y., Morrow, L., Passafiume, D., & Boller, F. (1984) . Visuoperceptual and visuomotor abilities and locus of lesion. Neuropsychologia, 22(2), 177-185. doi:10.1016/0028-3932(84)90060-5

59-Koscik, T., O'Leary, D., Moser, D. J., Andreasen, N. C., & Nopoulos, P. (2009). Sex differences in parietal lobe morphology: Relationship to mental rotation performance. Journal of Brain and Cognition, 69 (3), 541-459. doi:10.1016/j.bandc.2008.09.004.

60-Koshino, H., Carpenter, P. A., Keller, T. A., & Just, M. A. (2005). Interactions between the dorsal and the ventral pathways in mental rotation: An fMRI study. Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience, 5, 54-66. Retrived From http://www. ncbi. nlm.nih.gov/pubmed/15913008

61-Kosslyn, S.M., Digirolamo, G. J., Thompson, W. L., &Alpert, N.M.(1998). Mental rotation of objects versus hands: neural mechanisms revealed by positron emission tomography. Journal of Psychophysiology, 35(2),151-161. doi: 10.1017/ S0048577298 001516

62-Kosslyn S.M., & Pinker, S., Smith, G.E., & Schwartz, S.P. (1979). On the demystification of mental imagery. The Behavioral and Brain Sciences, 2(4), 535-581. doi.org/10.1017/S0140525X 00064268

63-Kucian, K., von Aster, M., Loenneker, T., Dietrich, T., Mast, F. W., & Martin, E.(2007). Brain activation during mental rotation in school children & adults. Journal of Neural Transmission, 114(5),675-686. doi: 10.1007/s00702-006-0604-5. Retrived From http:// link.springer.com/ journal / 702.

64-Kung, E.,& Hamm, J.P.(2010).A model of rotated mirror/normal letter discriminations. Memory and Cognition, 38(2), 206–220. Retrived From http://link.springer.com/content/pdf/10.3758 /MC.38.2.206.pdf

65-Lamm, C., Bauer, H., Vitouch, O., Durec,S., Gronister, R.,& Gstättner, R.(2001). Restriction of task processing time affects

cortical activity during processing of a cognitive task: an event-related slow cortical potential study. Cognitive Brain Research, 10(3), 275-282. doi:10.1016/S0926-6410(00)00048-3

66-Lamm, L., Windischberger, C., Leodolter, U., Moser, E., &Bauer, H. (2001). Evidence for premotor cortex activity during dynamic visuospatial imagery from single-trial functional magnetic resonance imaging and event-related slow cortical potentials. Journal of NeuroImage, 14,(2), 268-283. doi:10.1006/nimg. 2001.0850.

67-Logothetis, N.K., Pauls, J., & Poggio, T. (1995). Shape representation in the inferior temporal cortex of monkeys. American Journal of Current Biology, 5, 552-563. doi:10.1016/S0960-9822(95)00108-4

68-Lohman, D. F. (1986). The effect of speed-accuracy tradeoff on sex differences in mental rotation . Journal of Perception & Psychophysics , 39(6) 427-436. doi:10.3758/BF03207071.pdf

69-Luders, E., Narr, K. L., Thompson, P. M., Woods, R. P., Rex, D. E., Jancke, L., Steinmetz, H.,& Toga, A.W. (2005). Mapping cortical gray matter in the young adult brain: Effects of gender. Journal of Neuroimage, 26, 493-501. Retrived From http://www. ncbi.nlm. nih. gov/ pubmed/15907306

70-Lurito, J.T., Georgakopoulos, T.,& Georgopoulos, A.P. (1991). Cognitive spatial-motor processes. 7. The making of movements at an angle from a stimulus direction: studies of motor cortical activity at the single cell and population levels. Experimental Brain Research, 87, 562–580. Retrived From http://brain. umn. edu/pdfs/JL052.pdf

71-Marr, D., & Nishihara, H. K. (1978). Representation and recognition of the spatial organization of three-dimensional shapes. Proceedings Royal Society of London. B, 200, 269-294. doi: 10.1098/rspb. 1978.0020, Retrived From http://www. cse.psu.edu/~rtc12/ CSE597E/ papers/objrecMarrNishihara.pdf

72-Mishkin, M., Ungerleider, L. G., & Macko, K. A. (1983). Objects vision and spatial vision: Two cortical pathways. Trends in Neuroscience, 6, 414-417. doi:10.1016/0166-2236(83)90190-X

73-Mourao-Miranda, J., Ecker, C., Sato, J.R., & Brammer, M.(2009).Dynamic changes in the mental rotation network revealed by pattern recognition analysis of fMRI data. Journal of Cognitive Neuroscience, 21, 890-904. doi:10.1162/ jocn. 2009.21078

74-Neubauer, A. C., Bergner, S., & Schatz, M. (2010). Two- vs. three dimensional presentation of mental rotation tasks: Sex differences and effects of training on performance and brain activation. Journal of Intelligence, 38(5), 529-539. doi: 10.1016/j.intell.2010.06.001

75-Neubauer, A. C., & Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency. Journal of Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 33(7), 1004–1023. doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.04.001

76-Neubauer, A. C., Grabner, R. H., Freudenthaler, H. H., Beckmann, J. F., & Guthke, J. (2004). Intelligence and individual differences in becoming neurally efficient. Journal of Acta Psychologica, 116 (1), 55-74. doi:10.1016/j.actpsy.2003.11.005

77-Nikolaev, A. R., & Anokhin, A. P.(1998). EEG frequency ranges during perception and mental rotation of two-and three-dimensional objects. Journal of Neuroscience and Behavioral Physiology, 28(6), 670-677. doi:10.1007/BF02462988.pdf

78-O'Boyle, M. W., Cunnington, R., Silk, T. J., Vaughan, D., Jackson, G., Syngeniotis, A.,&Egan,G.F. (2005). Mathematically gifted male adolescents activate a unique brain network during mental rotation. Cognitive Brain Research, 25(2),583–587. doi:10.1016/j.cogbrainres. 2005.08.004

79-Ornstein, R., Johnstone, J., Herron, J., & Swencionis, C. (1980). Differential right hemisphere engagement in visuospatial tasks. Neuropsychologia, 18(1), 49-64. doi:10.1016/0028-3932(80) 90083-4

80-Paivio, A.(1991). Dual Coding Theory: Retrospect and Current Status. CanadianJournalof Psychology, 45(3), 255-287. doi.org/10.1037/h0084295

81-Papanicolaou, A. C., Deutsch, G., Bourbon, W. T., Will, K. W., Loring, D. W., & Eisenberg, H. M. (1987). Convergent evoked potential and cerebral blood flow evidence of task-specific hemispheric differences. Electroencephalography & Clinical Neurophysiology,66(6),515-520. doi:10.1016/0013 -4694(87)90098-8

82-Peronnet, E, & Farah, M. J. (1989). Mental rotation: An event- related potential study with a validated mental rotation task. Brain and Cognition, 9(2), 279-288. doi:10.1016/0278-2626(89)90037-7

83-Pinker, S. (1984). Visual cognition: An introduction. Cognition, 18(1-3), 1-63.doi:10.1016/0010-0277(84)90021-0,Retrived From https:// mitpress.mit. edu/sites/default/files/titles/content /9780262661782_ sch_0001.pdf

84-Podzebenko, K., Egan, G. F., &Watson, J. D. (2002). Widespread dorsal stream activation during a parametric mental rotation task, revealed with functional magnetic resonance imaging. Neuroimage, 15(3), 547-558. doi:10.1006/nimg.2001.0999

85-Prescott, J., Gavrilescu, M., Cunnington, R., O'Boyle, M. W., & Egan, G. F. (2010). Enhanced brain connectivity in math-gifted

adolescents: An fMRI study using mental rotation. Cognitive Neuroscience, 1(4), 277–288. doi: 10.1080/17588928.2010.506951

86-Ratcliff, G. (1979). Spatial thought, mental rotation and the right cerebral hemisphere. Neuropsychologia, 17 (1), 49-54. doi:10.1016/0028-3932(79)90021-6

87-Richter, W., Somorjai, R., Summers, R., Jarmasz, M., Menon, R.S., &Gati, J.S., et al. (2000). Motor area activity during mental rotation studied by time-resolved single-trial FMRI. Journal of Cognitive Neuroscience, 12(2), 310-320. Retrived From http://brain.cla.umn. edu /pdfs/WR116.pdf

88- Richter, W., Ugurbil, K., Georgopoulos, A.,& Kim, S.G. (1997). Time-resolved fMRI of mental rotation. Neuroreport, 8, 3697-3702. Retrived From http://brain.umn.edu/pdfs/WR103.pdf

89-Roberts, J.E., &Bell, M.A. (2000). Sex differences on a mental rotation task: variations in electroencephalogram hemispheric activation between children and college students. Developmental Neuropsychology, 17(2),199-223. doi: 10.1207/ S15326942 DN1702_04

90-Roberts, J.E., & Bell, M.A. (2002). The effects of age and sex on mental rotation performance verbal Performance, & brain electrical activity. Journal of Developmental Psychobiology, 40(4), 391-407. doi:10. 1002/dev.10039

91-Roberts, J. E., & Bell, M. A. (2003). Two- and three=dimensional mental rotation tasks lead to different parietal laterality for men and women. International Journal of Psychophysiology, 50(3), 235–246. Retrived From http://www. ncbi.nlm. nih.gov/ pubmed/14585492

92-Rosier, E, Heil, M., Bajric, J., Pauls, A. C., & Henninghausen, E. (1995). Patterns of cerebral activation while mental images are rotated and changed in size. Psychophysiology, 32(2), 135-149.– doi: 10.1111/j.1469-8986.1995.tb03305.x

93-Seurinck, R., Vingerhoets, G., Vandemaele, P., Deblaere, K., & Achten, E.(2005).Trial pacing in mental rotation tasks. Journal of NeuroImage,25(4),1187-1196. doi:10.1016/j. neuroimage. 2005.01.010

94-Shepard, R., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three dimensional objects. Journal of Science, 171(3972), 701–703. Retrived From http://www.cs.virginia.edu/~weimer/ 1120/ps/ps3/ mental-rotation.pdf

95-Singh, H., &O'Boyle, M.W.(2004). Interhemispheric interaction during global–local processing in mathematically gifted adolescents,

average-ability youth, and college students. Neuropsychology, 18, 371–377. doi: 10.1037/0894-4105.18.2.371

96-Slobounov, S.M., Fukada, K., Simon, R., Rearick, M.,& Ray, W.(2000). Neurophysiological and behavioral indices of time pressure effects on visuomotor task performance. Cognition Brain Research, 9(3),287-298. Retrived From http://www. ncbi.nlm. nih.gov/pubmed/10808140

97-Tagaris G.A., Kim S.G., Strupp J.P., Andersen P., Ugurbil K., &Georgopoulos A.P.(1996). Quantitative relations between parietal activation and performance in mental rotation. Neuroreport,7,(3), 773-776. Retrived From http://pdfs.journals. lww.com/neuroreport /1996/02290 /Quantitative_relations_between_parietal _activation.

98-Tagaris, G.A., Kim, S., Strupp, J.P., Andersen, P., Ugurbil, K., &Georgopoulos, A.P. (1997) . Mental rotation studied by functional magnetic resonance imaging at high field (4 tesla): performance and cortical activation. Journal of Cognitive Neuroscience, 9(4), 419-432. doi: 10.1162- /jocn.1997.9.4.419

99-Tarr, M., J.& Pinker, S.(1989). Mental Rotation and Orientation-Dependence in Shape Recognition. Cognitive Psychology 21(2), 233-282. doi:10.1016/0010-0285(89)90009-1,

100-Thomsen, T., Hugdahl, K., Ersland, L., Barndon, R., Lundervold, A., &Smievoll, A.I., Roscher, B.E., &Sundberg, H. (2000). Functional magnetic resonance imaging (fMRI) study of sex differences in a mental rotation task. The American Journal of Med. Sci. Monit, 6(6), 1186-1196. Retrived From http://www.medscimonit. com/fulltxt. php?ICID=421166

101-Trojano, L., Linden, D. E. J., Formisano, E., Goebel, R., Sack, A. T., & Di Salle, F. (2004). What clocks tell us about the neural correlates of spatial imagery. European Journal of Cognitive Psychology, 16(5), 653-672. doi: 10.1080/09541440340000510

102-Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1994). 'What' and 'where' in the human brain. Current Opinion in Neurobiology, 4, 157-165. Retrived From http://psych.colorado. edu/~kimlab/ ungerleider _haxby.94.pdf

103-Unterrainer J., Wranek U., Staffen W., Gruber T.,& Ladurner G.(2000). Lateralized cognitive visuospatial processing: is it primarily gender-related or due to quality of performance? A HMPAO-SPECT study. Journal of Neuropsychobiology, 41,(2),95-101. doi: 10.1159/000026639

104-Vandenberg, S.G., & Kuse, A.R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. Journal of Perceptual and Motor Skills, 47(2), 599-604. doi: 10.2466/ pms.1978.47.2.599

105-Van Impe, A.,Bruijn, S. M., Coxon, J. P.,Wonderoth, N.,Sunaert, S.,Duysens, J.,&Swinnen,S.P.(2013). Age-related neural correlates of cognitive task performance under increased postural load. Journal of Age(Dordr), 35(6), 2111-2124.. doi:10.1007/s11357-012-9499-2

106-Vingerhoets, G., de Lange,·F. P., Vandemaele, P., Deblaere, K., & Achten, E.(2002). Motor Imagery in Mental Rotation: An fMRI Study. NeuroImage, 17(3), 1623-1633. doi:10. 1006/nimg. 2002.1290

107-Vingerhoets, G., Santens, P., Laere, K, V., Lahorte, P., Dierckx, R, A., & Reuck, J. D. (2001). Regional brain activity during different paradigms of mental rotation in healthy volunteers: apositron emission tomography study. Journal of NeuroImage,13(2),381-391. doi:10.1006/nimg.2000.0690

108-Weidenbauer, G., & Jansen-Osmann, P. (2008). Manual training of mental rotation in Children. Journal of Learning and Instruction, 18, 30-41. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.09.009

109-Weiss, E., Siedentopf, C.M., Hofer, A., Deisenhammer, E.A., Hoptman, M.J., &Kremser, C., Golaszewski, S., Felber, S., Fleischhacker, W.W., &Delazer, M. (2003). Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: a functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. Neuroscience Letters, 344(3), 169-172. doi:10.1016/S0304-3940(03)00406-3

110-Windischberger, C., Lamm, C., Bauer, H.,&Moser, E.(2003). Human motor cortex activity during mental rotation. Journal of NeuroImage 20, 225-232. doi:10.1016/S1053-8119(03)00235-0. RetrivedFrom http://ppcms.univie.ac.at/fileadmin/usermounts/lammc5/Windischberger_Lamm_2003.pdf

111-Zacks, J. M. (2008). Neuroimaging studies of mental rotation: A meta-analysis and review. Journal of Cognitive Neuroscience, 20,1-19. doi:1 0.1162/jocn.2008.20013

112-Zacks, J. M., Gilliamb, F., & Ojemann, J. G.(2003). Selective disturbance of mental rotation by cortical stimulation. Journal of Neuropsychologia , 41(12) ,1659–1667. doi:10.1016/S0028-3932(03)00099-X

113-Zwergal, A., Linn, J., Xiong, G., Brandt, T., Strupp, M., & Jahn K.(2012). Aging of human supraspinal locomotor and postural control in fMRI. Neurobiology of Aging, 33(6),1073-1084.doi:10.1016/j.neurobiolagin g.2010.09.022