تأثير كل من التمثيل الحركي ومدة عرض المثيرات على دقة التدوير العقلي[1]

د/ سعيد رمضان خضير[2]

أستاذ علم النفس التجريبي المساعد

قسم علم النفس- كلية الآداب- جامعة بني سويف

الملخص:

هدف البحث الحالي إلى معرفة دور التمثيل الحركي في عملية التدوير العقلي، بناءً على أن التدوير العقلي والتدوير الفعلي للمثيرات يتشاركان العمليات الأساسية التي يعتقد أنها تتحكم في ديناميات كل من إعادة التدوير التصوري والفعلي التي يتم أداؤها. وقد أجريت التجربة على عينة من طلاب جامعة بني سويف، معتمدين في تصميم التجربة على نموذج شيبرد-ميتزلر لمهمة التدوير العقلي التي تم تصميمها على البرنامج المحوسب E-Prime. وفقًا لهذا البحث تم إجراء تجربتين: الأولى منهما يطلب من المشاركين إجراء تجربة التدوير العقلي الموضحة في (خضير، ٢٠٢٢)، أما التجربة الثانية فطُلب فيها من المشاركين إجراء تجربة التدوير العقلي بالإضافة إلى قيام المشاركين بإجراء تدوير حركي باستخدام قلم يخطط به على ورقة مقدمة له وفق اتجاه التدوير الذي يتصوره. أشارت النتائج إلى عدم وجود تأثير دال بين التجربتين في دقة التدوير العقلي، في حين كانت هناك فروق دالة بين أزمنة عرض المثيرات المستخدمة في التدوير؛ حيث كانت دقة التدوير أفضل في كلتا التجربتين عندما كان زمن العرض المثيرات (٢٥٠م ث) مقارنة بزمن العرض (٧٥٠م ث). كما كانت هناك دلالة للتفاعل بين اختلاف التجربة (تمثيل حركي- لا تمثيل حركي) واختلاف زمن العرض (٢٥٠م ث-٧٥٠م ث) تبين معه وجود دور للتمثيل الحركي في علمية التدوير العقلي.

الكلمات المفتاحية: التدوير العقلي- التدوير الحركي- التمثيل الحركي- شيبرد-ميتزلر- دقة الاستجابة

---

[1] تم استلام البحث في٢٠ /٢٠٢٣/١ وتقرر صلاحيته للنشر في ٢٥ /٢٠٢٣/٢

[2] محمول: ٠١٠٣٣٩٤٤٨١٥ Email: said.ahmed@art.bsu.edu.eg

تأثير كل من التمثيل الحركي وزمن العرض على دقة التدوير العقلي

المقدمة:

يتمتع البشر بمهارات عالية في التعامل مع الأدوات الصلبة لحل المشكلات. ويعد استخدام مثل هذه الأدوات، على سبيل المثال، أحد تطبيقات القدرة على التدوير العقلي. في بعض الحالات، قد لا تؤدي المحاولات الفاشلة، للتعامل يدوياً في تحقيق الهدف المتوقع، إلى تكاليف باهظة، لكن هذا هو الحال بالنسبة للتعامل مع الأشياء الصغيرة التي يمكن استبدالها بسهولة. في حين أنه في عديد من الحالات الأخرى، قد يؤدي هذا الفشل إلى إهدار كثير من الطاقة أو الوقت أو الموارد الأخرى (مثل: تحريك حجر ثقيل)، أو اغتنام فرصة نادرة (مثل: أثناء الصيد) أو حتى عندما يكون الأمر خطيراً (مثل: قطع فرع الشجرة الذي يجلس عليه الشخص). ففي كل هذه الحالات، تصبح القدرة على محاكاة فعل ما قبل تنفيذه ميزة واضحة في الصراع من أجل البقاء (Liesefeld, 2012).

"يحكى أنه ذات مرة، وفي إحدى الغابات، كان هناك ثعلب مكار ودجاجة ساذجة. رأي الثعلب الدجاجة فتحركت لديه غريزته للحصول عليها، ولكن بمجرد أن رأت الدجاجة الثعلب طارت إلى فرع شجرة. حاول الثعلب عدة مرات إقناع الدجاجة بالنزول، ولكن لم تغرها أبداً كلماته. وفجأة خطرت على بال الثعلب فكرة مثيرة، فبدلاً من إقناع الدجاجة بالنزول، قرر الجري دائرياً حول الشجرة، وظلت الدجاجة تتابع حركة الثعلب باهتمام حتى أصابها الدوار وسقطت، وأصبحت عشاء الثعلب". توضح هذه الحكاية كيف يمكن أن يكون لمراقبة فعل ما التأثير نفسه الذي يحدثه القيام بهذا الفعل، فكما أن الدوران قد يشعرك بالدوار؛ فإن مشاهدة الشيء الذي يدور قد يجعلك أيضاً تشعر بالدوار. ويوضح المبدأ الفكري–حركي[3]، الذي حدده ويليام جيمس لأول مرة، هذا التأثير: كل تمثيل عقلي[4] للحركة يوقظ إلى حد ما الحركة الفعلية، ويصل هذا التنشيط أو الإيقاظ إلى أقصى درجة، إذا لم يتم منعه أثناء ذلك بتمثيل عقلي مضاد (Chandrasekharan et al., 2007).

[3] Ideomotor

[4] Mental Representation

وتشير وجهة نظر المبدأ الفكري–حركي إلى وجود ترميز مشترك بين الأفعال (تنشيط حركي) وملاحظة الأفعال (تنشيط إدراكي)، وهو الترميز الذي يسمح للتنشيط الإدراكي بإحداث التأثيرات البدنية نفسها التي يحدثها التنشيط الحركي. وتفترض تلك النماذج القائمة على هذه الفكرة أن الدماغ يحاكي تلقائيا الحركات المدركة من العالم الخارجي، مع الأخذ في الحسبان أنه، وبسبب عملية الكف، عادة ما يكون هذا التنشيط التلقائي للحركة (المحاكاة) غير ظاهر، ومع ذلك يعتقد أن هذه "المحاكاة" غير المعلنة للحركة تساهم في العملية المعرفية (Prinz, 2005). وفي بعض الحالات لا يظل التنشيط التلقائي سرياً؛ بل يؤدي إلى تنفيذ أفعال ظاهرة تكون مكملة للحركات المدركة.

يشير وكسلر وزملاؤه Wexler, et al. (1998) إلى أن الآليات المستخدمة في الإدراك البصري تؤدي دوراً رئيساً في التصور العقلي البصري. فعندما يتم عرض المثيرات، فإن رد فعله النموذجي سيكون بدنيا، وعادة يدوياً، لتدوير أحدهما حتى يتطابق بصرياً مع الآخر. إذا لم يكن بالإمكان تدوير المثيرات نفسها، فسيحاول الأشخاص في كثير من الأحيان قلب رؤوسهم من أجل محاذاة صورة شبكية العين لأحد المثيرات مع أثر آخر في الذاكرة. وفي حالة عدم إمكانية تحريك المثيرات أو الرأس؛ حينها يتم تنفيذ مهمة شيبرد–ميتزلر Shepard-Metzler، وفي هذه الحالة، يقوم الناس عادة بتدوير عقلي للمثير.

ويمكن للأفراد التعرف على معظم الأشياء عند تدويرها (١٨٠) درجة من اتجاهها الطبيعي. وقد أشار شيبرد Shepard وميتزلر Metzler إلى أنه يمكن تمييز هذه البنود أو الأشياء من خلال عملية "التدوير العقلي". فقد أجرى الباحثان تجربة طلبا فيها من المشاركين الحكم على ما إذا كان شكلان مؤلفان من خطوط ثلاثية الأبعاد متماثلين أم أنهما مجرد صورة مرآوية[5]، حيث تم تقديم الصورتين في وقت واحد، ولكن بزاويتي عرض مختلفين، من خلال تدوير أحدهما إما حول خط الرؤية ("دوران مستوى الصورة") أو حول المحور الرأسي للشاشة (دوران العمق). وقد تبين عند تسجيل زمن الاستجابة –كدالة للفرق في الاتجاه بين الصورتين– أن زمن الاستجابة ازداد خطياً كلما زاد اختلاف الزاوية، وقد كانت النتائج مماثلة لكلا محاور الدوران. وافترضا الباحثان أن الأشخاص يبنون تمثيلًا عقلياً ثلاثي الأبعاد للشيء الواحد، ثم يقومون بتدوير هذه الصورة الذهنية،

[5] Enantiomorphs

حتى لا يستمر التناقض الزاوي بينها وبين الشكل الثاني المقدم، من أجل الحكم على تشابهها (Shepard & Metzler, 1971).

وقد أظهر نموذج التدوير العقلي أنه عندما يُطلب من الأشخاص الحكم على ما إذا كانت المثيرات التي تختلف في الاتجاه متطابقة مكانياً تزداد أوقات رد الفعل مع التناقض الزاوي، رغم أن بعض التقارير أظهرت أن هذا ليس هو الحال دائماً. وقد كانت النتائج مماثلة عند إجراء التجربة باستخدام أشكال واقعية لأجزاء الجسم، حيث وجد أن التدوير العقلي لأجزاء الجسم يتبع نفس القواعد التجريبية مثل الأشياء ذات الطبيعة الأخرى (Petit et al., 2003).

وقد اعتمدت المحاولات المبكرة لشرح آليات الدماغ الكامنة وراء عمليات التدوير العقلي على فرضية الإدراك البصري المكاني. ووفقًا لهذا الرأي، يتم إجراء التدوير العقلي على أساس عمليات تتضمن بشكل أساسي التناول الداخلي للملامح البصرية والمكانية للأشياء. هذا الرأي يجعل التنبؤ بأن هذه العمليات تتعلق بشكل أساسي بمناطق الدماغ الكامنة وراء الإدراك البصري والمكاني. على عكس ذلك، تشير الدلائل السلوكية والعصبية الحديثة أيضًا إلى تضمين مهم للعمليات الحركية في التدوير العقلي، بغض النظر عن الإدراك الحسي. ومن هذا المنطلق، أظهرت البحوث السلوكية تداخلا بين عمليات التخطيط/التنفيذ وعمليات التدوير العقلي (Seepanomwan et al., 2013).

ويعمل التدوير العقلي على تجنيد العمليات الحركية، بل إنه يتضمن محاكاة خفية للتدوير الحركي، وهو ما تؤيده بعض الدراسات العصبية التي وجدت تنشيطًا للقشرة الحركية أثناء التدوير العقلي، في حين لم يكن هناك أي تنشيط للقشرة الحركية في دراسات أخرى، وهي القضية التي أصبحت محورية في الأدب النفسي حول موضوع التدوير العقلي، حيث يعكس عدم الاتفاق بين نتائج بعض الدراسات اختلاف المهام وتنوع الاستراتيجيات المعرفية (Gardony et al., 2014). على سبيل المثال؛ أسفر التدوير العقلي لرسومات اليد عن تنشيط القشرة الحركية الأولية، وهو ما فسره الباحثون بأن التدوير العقلي التصوري –كنتيجة مترتبة على التدوير الفعلي ليد الشخص نفسها– هو ما أدى إلى تنشيط القشرة الحركية الأولية (Kosslyn et al., 2001).

مشكلة البحث:

لقي مفهوم التدوير العقلي اهتماما كبيرا من قبل الباحثين، خاصة مع التقدم التكنولوجي في مجال البرمجيات، مما حذا بالباحثين إلى اختبار التدوير العقلي اعتمادا على برمجيات الحاسوب، حيث يُطلب من المشاركين الحكم على ما إذا كان شكلان مجردان تم عرضهما على شاشة الكمبيوتر "متماثلين" (غير مرآويين) أم "مختلفين" (مرآوي)، وفي هذه الحالة تكون المتغيرات التابعة هي زمن الاستجابة ومعدل الخطأ (Jost & Jansen, 2022). وتنوعت الدراسات في اهتمامها من حيث المتغيرات الأخرى التي قد يكون لها علاقة بالتدوير العقلي، كزاوية التدوير ونوع المثير وغيرها. بيد أن بعض الدراسات قد ركزت اهتمامها على العلاقة بين التدوير العقلي والتدوير الحركي، لما ظهر من ارتباط بينهما في بعض المواقف، حتى أن بعض الدراسات قد اهتمت بتأثير التدريب على التدوير الحركي في الأداء على مهام التدوير العقلي. لكن العلاقة بين التدوير العقلي والتدوير الحركي ما زال يكتنفها الغموض إلى حدٍ ما، خاصة وأن مهام التدوير العقلي التي يتم تصميمها ببرامج الحاسوب غالبا ما تكون الاستجابة لها يدوياً بالضغط على مفاتيح الاستجابة. ولكن ماذا عن إمكانية التداخل بين التدوير العقلي والاستجابة اليدوية، وهل يمكن أن يكون للتمثيل الحركي لمهمة التدوير العقلي تأثير على التدوير العقلي ذاته؟ ولذا يمكن صياغة سؤال الدراسة على النحو الآتي:

هل يؤثر كل من كل من التمثيل الحركي وزمن العرض على دقة التدوير العقلي؟

وينبثق من هذا السؤال عدد من الأسئلة:

١. هل يؤثر التمثيل الحركي على دقة التدوير العقلي؟
٢. هل تؤثر مدة عرض المثيرات على دقة التدوير العقلي؟
٣. هل هناك تأثير للتفاعل بين التمثيل الحركي ومدة عرض المثيرات على دقة التدوير العقلي؟

أهداف البحث:

١. الكشف عن دور التمثيل الحركي لعملية التدوير العقلي على أداء مهام التدوير العقلي، وما إذا كانت عملية التمثيل الحركي هي ميسر أم معوّق لعملية التدوير العقلي.
٢. الكشف عن مدى اختلاف دقة عملية التدوير العقلي باختلاف زمن عرض المثيرات المقدمة في مهام التدوير العقلي.

أهمية البحث:

الأهمية النظرية:

- رغم وجود أدلة مباشرة حول دعم الأفعال للعمليات المعرفية، لكن الأدلة حول دور الأفعال في التدوير العقلي لا تزال غير مباشرة، وهو ما نود إبرازه وتأكيده بشكل واضح من خلال هذه الدراسة.
- إثراء المعرفة في مجال علم النفس المعرفي بموضوع التدوير العقلي من حيث مفهومه وارتباطه بمفهوم التدوير الحركي وزمن عرض المثيرات المستخدمة في مهام التدوير العقلي.
- محاولة إلقاء الضوء على مفهوم التدوير العقلي والنظريات المرتبطة به، وكذلك أنواع المهام المستخدمة في قياس عمليات التدوير العقلي.

الأهمية التطبيقية:

- للتصور الحركي أو التدوير العقلي تطبيقات في المجال الإكلينيكي، فعلى سبيل المثال يمكن الاستفادة منه في إعادة التأهيل لمرضى السكتة الدماغية[6]، كالمرضى الذين يعانون من مرض باركنسون (الشلل الرعاش)[7] والمرضى الذين يعانون من متلازمة الألم الناحي المركب[8]*. حيث يتمثل التحدي الرئيس في مثل هذه الدراسات في مشاركة هؤلاء المرضى باستخدام الصور الحركية، حيث تنشط حينها فقط شبكات الدماغ المماثلة كما هو الحال في التحكم الحركي الفعلي، مما يحسن من الاسترجاع الحركي، بيد أن إحدى طرق إثبات ذلك تتمثل في تضمين المشاركين القادرين فقط على استخدام الصور الحركية (Dickstein & Deutsch, 2007). بالإضافة إلى أن استخدام مهمة تؤدي بشكل ضمني إلى استخدام حركة عقلية، قد ييسر على المريض الانخراط في حركة عقلية، نظرًا لأن هذه المشاركة لا تتطلب جهدًا واعيًا من المريض في تخيل الحركة (Ter Horst et al., 2010).

---

[6] Stroke

[7] Parkinson's Disease

[8] Complex Regional Pain Syndrome (CRPS)

* اضطراب يسبِّب ألمًا طويل الأمد يصيب عادةً الذراع أو الساق، وغالبًا ما يحدث بعد الإصابة، أو الجراحة، أو السكتة الدماغية، أو النوبة القلبية

- مراعاة إمكانية التداخل بين التمثيل الحركي –الذي قد يتضمن اختلاف السيادة اليدوية للمشاركين– والتدوير الحركي، حيث ينتشر بين الدراسات استخدام الاستجابات اليدوية، بل إن الاستجابة اليدوية أحيانا تكون هي النهج الأمثل. على سبيل المثال، قد لا يكون المرضى الذين يعانون من إعاقات لغوية بالإضافة إلى ضعف حركي متزامن عقب السكتة الدماغية في وضع يسمح لهم بتقديم استجابات لفظية أو استجابات يدوية باليد المصابة؛ ومن ثم فمن المحتمل أن تكون الاستجابة باليد غير المتأثرة هي المتاحة، وعليه فعندما يكون هؤلاء المرضى ممن يستخدمون اليد اليمنى، سيتم إجراء استجابات يدوية مع اليد غير السائدة (اليسرى).

الإطار النظري:

يعرف التدوير العقلي بأنه القدرة على تدوير التمثيلات الذهنية للأشكال ثنائية وثلاثية الأبعاد، كما هي مرتبطة بالتمثيل البصري لمثل هذا التدوير داخل العقل البشري. أو هو قدرة الفرد على تدوير أشكال بأبعاد مختلفة تدويراً عقلياً، وتقتضي عملية التدوير العقلي أن يقارن أشكالا ثنائية أو ثلاثية الأبعاد؛ حتى يقرر ما إذا كان كل زوج من هذه الأشكال متطابقين، أم أنهما صورة مرآوية (الشقور، والتل، ٢٠١٥).

يعرف مفهوم التصور الحركي[9] أو المحاكاة الداخلية للفعل على أنه القدرة على المحاكاة العقلية للحركات دون تنفيذها فعلياً. وتفترض نظرية المحاكاة[10] أن الأفعال الضمنية[11] تتشارك مع مثيلاتها العلنية في آليات عصبية أساسية. على سبيل المثال، على المستوى السلوكي؛ أوضحت الفحوصات النفسية البدنية[12] أن الزمن المستغرق في تصوّر الحركة يوازي تقريباً الزمن المستغرق في تنفيذها بدنياً، وأن قوانين الفيزياء (كقانون فيتس[13] الذي يوضح كيفية حساب الوقت المستغرق في الوصول إلى الهدف، مثل تحريك مؤشر فأرة الحاسوب ووضعه في مكان ما على الشاشة، بمعنى أن الزمن حسب هذا القانون يتناسب مع حجم الهدف والمسافة التي يبعد بها) تنطبق على كل من

[9] Motor imagery

[10] Simulation Theory

[11] Covert

[12] Psychophysical

[13] Fitts's law

تلك الأفعال الضمنية والعلنية، حيث يقوم المشاركون بتدوير الأشياء عقلياً بشكل مشابه للطريقة التي يتم بها تدويرها فعلياً، رغم أن القيود المادية للبيئة ليس بالضرورة أن تنطبق على الفضاء التخيلي (Saimpont et al., 2009; Wraga et al., 2003). وهو ما يشير إلى أن التدوير العقلي والتدوير الفعلي للمثيرات يتشاركان العمليات الأساسية التي يعتقد أنها تتحكم في ديناميات كل من إعادة التدوير التصوري والفعلي التي يتم أداؤها (Wohlschlager & Wohlschlager, 1998).

علاوة على ذلك، فعلى المستوى العصبي، كشف دراسات التصوير العصبي[14] أن مناطق المخ المتضمنة في محاكاة الحركة تتداخل جزئياً مع تلك المتضمنة في تنفيذ الحركة. وبالفعل، فقد ثبت أن القشرة الجدارية الخلفية[15]، والمناطق قبل الحركية[16] والتكميلية والحركية الأساسية، وكذلك العقد القاعدية[17] والمخيخ[18]، يتم تنشيطهما أثناء كل من التصوير الحركي وتنفيذ الحركة (Saimpont et al., 2009). كما وجد في الدراسات التي كان يطلب فيها من المشاركين التدوير العقلي لأشكال من أجزاء الجسم البشري (كاليد مثلا) كدراسة بارسونز وآخرين (Parsons et al., 1995)، ودراسة جانيس وزملائه (Ganis et al., 2000)، وجد أن مهام التدوير العقلي التي تشتمل على أجزاء الجسم تثير الاستراتيجيات الحركية، وهو ما يؤدي إلى تنشيط المناطق الحركية بالدماغ، وهو ما تم التوصل إليه في دراسات استخدمت أيضاً مثيرات غير مرتبطة بالجسم البشري كدراسة كل من (Lamm et al., 2001) ودراسة (Vingerhoets et al., 2001). وعليه قد ينتقل التنشيط الحركي ضمنياً عبر مهام التدوير العقلي المختلفة، حيث إن الاستراتيجيات الحركية التي يتم تبنيها أثناء التدوير العقلي للأيدي تنتقل إلى التدوير العقلي للأشياء، رغم أن المشاركين لم يتلقوا أي تعليمات بربط الأشياء بأيديهم، وهو ما يؤكد مرونة آليات المعالجة المكانية في الدماغ البشري (Wraga et al., 2003).

تصنيف مهام التدوير العقلي:

---

[14] Neuroimaging

[15] Posterior Parietal Cortex

[16] Premotor

[17] Basal Ganglia

[18] Cerebellum

منذ أول دراسة تجريبية حول التدوير العقلي لشيبرد وميتزلر (١٩٧١)، تم تطوير أنواع مختلفة لهذه المهمة. وتشترك هذه الأنواع من المهام في خصائص معينة؛ وهي:

- في جميع مهام التدوير العقلي، يجب مقارنة اثنين من المثيرات. يقارن المشاركون ميزات مثير واحد (أصلي) بالسمات المشفرة لاحقًا لمثير ثانٍ (مقارن).
- في معظم التجارب أو جميعها، يختلف هذان المثيران في الاتجاه. يحدد هذا التباين الزاوي مقدار التدوير الذي يتعين القيام به.
- يقرر المشاركون ما إذا كان المثير الأصلي يطابق مثير المقارنة بغض النظر عن التباين الزاوي.
- عادة ما تكون مثيرات المقارنة غير المتطابقة صوراً معكوسة للمثير الأصلي. ونظراً لأن تأثير التدوير العقلي قد لا يكون واضحاً في كل الظروف، مثلما يحدث حين يتم استخدام صور غير مرآوية كمثيرات مقارنة غير متطابقة (أي المنبهات التي لا تتوافق في بعض الميزات الأخرى)، فقد يبدو أن هذه الخاصية (المطابقة) حاسمة لحدوث التدوير العقلي (Liesefeld, 2012).

وقد حاول الباحثون الكشف عن العمليات المعرفية الكامنة وراء التدوير العقلي، لكنهم لم يتوصلوا بعد إلى إجابة قاطعة. ويفترض أن تشتمل مهام التدوير العقلي على خمس مراحل معالجة معرفية متسلسلة: (١) الترميز الإدراكي للمثير، (٢) تحديد المثير واتجاهه (وهو تحديد التباين الزاوي بين المثير الأصلي والمثير المقارن. أي: تحديد زاوية التدوير)، (٣) التدوير العقلي للمثير (أي: مطابقة التدوير العقلي[١٩*])، (٤) الحكم على التكافؤ (من خلال المقارنة بين التمثيلات العقلية المتوافقة الآن للمثير الأصلي والمقارن)، و(٥) الاستجابة والتنفيذ (Xue et al., 2017). ومع ذلك، حدد جاست وكاربنتر Just and Carpenter (1976) ثلاث عمليات متضمنة في مهمة التدوير العقلي، وهي: (١) البحث، (٢) التحويل والمقارنة، و(٣) تأكيد التطابق أو عدم التطابق بين المثيرات. ويلاحظ من ذلك أنهما ركزا في تفسيرهما بشكل أساسي على المرحلة ٤ (حكم التكافؤ) من نموذج المعالجة السابق والمرحلة ٣ (الدوران العقلي للمثير)، وبشكل ثانوي على المرحلة ٢ (تحديد اتجاه

[19] Mental Rotation Proper

* يقصد بهذا المصطلح بأنها تلك المرحلة التي تحدث بين عملية البحث الأولية وعملية التأكيد النهائي، وهي عملية تتضمن (أ) ترميز المثير وتوليد الصورة العقلية، (ب) والتخطيط لتنفيذ التدوير العقلي (Seepanomwan et al., 2013).

المثير). في حين ترى جوكسون وآخرون Göksun et al. (2013) أن مهمة التدوير العقلي تتضمن أربع مراحل أساسية، وهي: الترميز البصري للأشكال، وتدوير أحد الشكلين، ومقارنة الشكلين، ثم الاستجابة وإصدار حكم فيما يتعلق بالمثير الذي تم تدويره ومدى مطابقته للمثير الأصلي.

ورغم أن جميع أنواع مهام التدوير الذهني تشترك في خصائص المهمة هذه وخطوات المعالجة، إلا أن بعض الخصائص وخطوات المعالجة تختلف حسب نوع مهمة التدوير الذهني. وفيما يلي نعرض لأنواع مهام التدوير العقلي:

أولاً: مقارنة المثيرات المقدمة بشكل متزامن[٢٠]

في هذا النوع من مهام التدوير العقلي، يتم عرض مثيرين بجانب بعضهما بعضا، وعلى المشاركين تحديد ما إذا كان المثيران متماثلين أم أنهما صورتان معكوستان (مرآويتان) لبعضهما (Tomasino & Gremese, 2015). ويوضح الشكلان الآتيان نموذجا لهذا النوع من المهام:

شكل (١) أحد أنواع مهام التدوير (مقارنة المثيرات المقدمة بشكل متزامن)

واستناداً إلى أنماط تثبيت العين –كما ذكرنا سابقًا– فقد طوّر Just and Carpenter (1976) نموذج معالجة تفصيليًا نسبيًا يميز بين ثلاث مراحل معالجة رئيسية:

١. **البحث:** حيث البحث عن أجزاء من كلا الشكلين تتوافق ظاهريًا مع بعضهما بعضا، على سبيل المثال، وجود قطعتين في نهاية الشكلين لهما ثلاثة وجوه مرئية، وتتمثل وظيفة عملية البحث في تحديد أجزاء من الشكلين يمكن نقلها من أحد الشكلين إلى الآخر. ومن ثم، فإن ما يحدث هو كالآتي:

أ) يتم ترميز جزء من المثير الأصلي.

[20] Simultaneously

ب) يتم البحث عن الجزء المتوافق من المثير المقارن. يبدأ البحث عند النقطة المتوافقة لجوانب وأبعاد المثير المقارن، والتي هي بمثابة مربعات ذات حدود (تخيلية مفترضة) متماثلة حول المثيرين.

ج) إذا لم يكن هناك ذلك الجزء من المثير المقارن في هذه المرحلة، فإنه تتم أولاً مقارنة الجزء الأقرب من المثير إلى هذه النقطة.

د) مع زيادة التباين الزاوي بين المثيرات يزداد وقت البحث لسببين:

- وجود أجزاء متوافقة من المثير في مواقع متباينة لاحقة في الجوانب والأبعاد التي تم البحث عنها، وبالتالي يتم تخصيص مزيد من الوقت على التوالي للبحث النشط.
- من المحتمل أن يتم اختيار الجزء الخطأ، وبالتالي يزداد التدوير الخاطئ.

٢. **النقل**[٢١] **والمقارنة:** يتم تدوير الجزئين المتوافقين من الشكلين، ويتم تطبيق عملية النقل والمقارنة بشكل تدريجي على تمثيلات القطعتين (جزئين من الشكلين). وبالتالي: قد تتوافق كل خطوة من خطوات النقل مع التدوير، بحيث يتم تمثيل ذلك الجزء من الشكل في اتجاه جديد في نهاية النقل. ويتبع كل خطوة من خطوات النقل عمل مقارنة لتحديد ما إذا كان الاتجاهان متطابقين الآن أم لا، وتستمر عملية النقل والمقارنة التدريجية هذه حتى يتم إجراء العدد اللازم من النقلات لجعل التمثيلات الداخلية للقطعتين (جزئي الشكلين) متطابقة بدرجة كافية في الاتجاه.

٣. **التأكيد:** تتضمن المرحلة الثالثة التحقق مما إذا كان التدوير الذي جعل الجزأين في التطابق سيؤدي أيضاً إلى تطابق أجزاء أخرى من الشكلين. وقد قسم الباحثان هذه المرحلة إلى استراتيجيتين:

- استراتيجية ١:

أ) يتم ترميز الزوج الثاني من الأجزاء المتوافقة.

ب) يتم تطبيق التدوير نفسه –الذي تم إجراؤه على الزوج الأول– على هذا الزوج الثاني من الأجزاء المتوافقة.

ج) بعد التدوير، تتم مقارنة الأجزاء المتوافقة.

[21] Transformation

- استراتيجية ٢:

أ) يتم ترميز العلاقة بين الأجزاء الطرفية والمركزية لكل مثير.

ب) يتم مقارنة هذه العلاقة بشكل مباشرة (أي مستقلة عن التباين الزاوي) عند المثير الأول بالعلاقة نفسها عند المثير الثاني.

ثانيًا: مقارنة مثير مفرد بإدخاله في الذاكرة طويلة المدى[٢٢]

عند عرض مثير واحد فقط في المحاولة، فإنه ينظر إليه على أنه مثير المقارنة، ويتم التمثيل العقلي للمثير الأصلي بناء على الذاكرة طويلة المدى، وهو ما يفترض وجود مدخلات بالذاكرة طويلة المدى خاصة بهذا المثير. وبالتالي، يتم تعلم المثيرات قبل مهمة التدوير العقلي، أو أن هذه المثيرات تكون معروفة مسبقًا (مثل: الأحرف الأبجدية والأرقام، أو رسومات لأجزاء من جسم الإنسان)، وهو ما يمكن الإشارة إليه بتأثير الممارسة أو التدريب (Leone et al., 1993). ويوضح الشكل التالي مثالا على هذه المهام:

شكل (٢) أحد نواع مهام التدوير (مقارنة مثير مفرد بإدخاله في الذاكرة طويلة المدى)

في هذه المهام، يجب على المشاركين التمييز بين الخصائص العادية والمرآوية أو بين أجزاء الجسم اليمنى واليسرى، وتتبع سرعة اتخاذ القرار الدالة الخطية تقريباً نظراً لتباين المثير وفقًا للوضع الرأسي (درجة الاستقامة). كما يعتمد زمن رد الفعل للتمييز بين أجزاء الجسم (غير محددة الاتجاه) اليمنى واليسرى أيضاً على الخصائص الفسيولوجية لجسم الإنسان. لاحظ أن التمييز بين الأحرف المصوّرة العادية والمرآوية أو بين أجزاء الجسم اليمنى واليسرى يعتمد على تحديد ما إذا كان المثير المقدم يطابق مدخلات الذاكرة طويلة المدى أو ما إذا كان جزء الجسم المقدم يتطابق مع جزء الجسم الأيمن أو الأيسر. وعلى وجه التحديد، في مثل هذه المحاولات يُطلب من الشخص أن يحفظ شكلا قياسيا في اتجاه معين، بعد ذلك يتم عرض سلسلة من الأشكال (في اتجاهات مختلفة)، شكل واحد في كل مرة. بحيث يكون نصف هذه الأشكال هو نفسه الشكل المحفوظ (باستثناء الاتجاه)،

[22] Long-Term Memory

بينما تكون الأشكال الأخرى صوراً معكوسة، لذلك، تتطلب مهام التدوير العقلي ذات المثير المفرد أيضاً مقارنة بين اثنين من المثيرات كما تفعل جميع مهام التدوير العقلي (Steiger & Yuille, 1983).

ويكمن أحد الاختلافات الحاسمة بين مهام التدوير العقلي للمثير المفرد والعرض المتزامن في عملية تحديد التباين الزاوي، وبالتالي زاوية التدوير الصحيحة. بالنسبة للأحرف الأبجدية والأرقام، تمت مناقشة احتمالين:

١. التدوير الموازي لاثنين من التمثيلات العقلية.

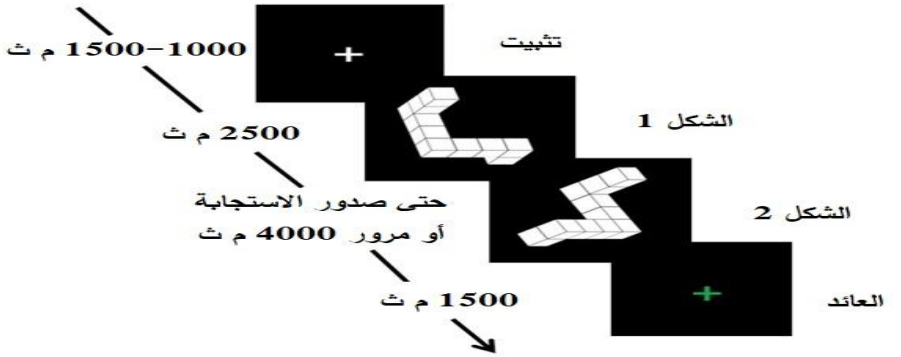
أ) يتم تدوير تمثيلين ذهنيين لمثير المقارنة المقدم بالتوازي، أحدهما في اتجاه عقارب الساعة والآخر في عكس اتجاه عقارب الساعة.
ب) بمجرد أن يصل تمثيل واحد إلى وضع مستقيم، تتم مقارنته بمدخلات الذاكرة طويلة المدى، وحينها يصبح تحديد التباين الزاوي غير ضروري.

٢. التدوير بعد تحديد الاتجاه.

أ) يتم تحديد هوية مثير المقارنة أو على الأقل تحديد قمته. وفي الواقع، يمكن تحديد هوية المثير على الأقل إلى وفقًا لدرجة زاوية معينة دون الحاجة إلى التدوير.
ب) يتم تحديد اتجاه المثير بناء على تباينه من الوضع الرأسي (التباين وفقًا لمدخلات الذاكرة طويلة المدى)
ج) يتم حساب زاوية التدوير الصحيحة ببساطة عن طريق عكس إشارة قيمة هذا التباين الزاوي (Liesefeld, 2012).

ثالثًا: مقارنة المثيرات المقدمة بشكلٍ متتابع

إن أحد بدائل التدريب على المثيرات غير المعروفة، قبل جزء التدوير بالتجربة، هو تقديم المثير الأصلي قبل المثير المقارن في كل محاولة. وفي مثل هذه المهام، يتم ترميز المثير الأصلي في الذاكرة العاملة ويتم إجراء الدوران العقلي عند عرض المثير المقارن. ويوضح الشكل الآتي ذلك:

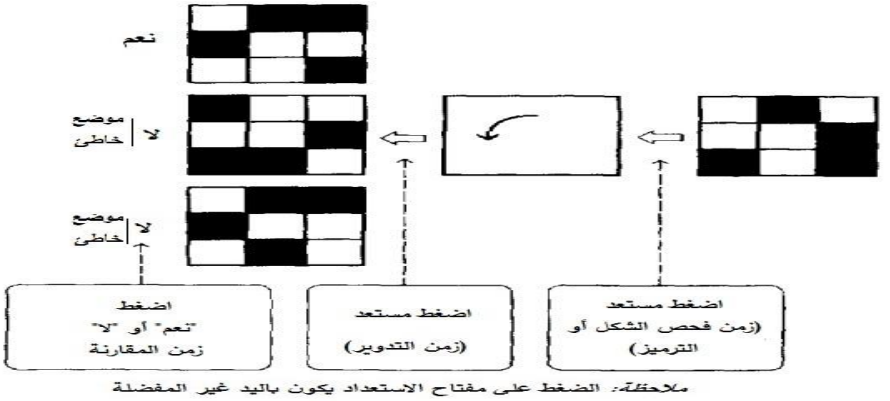


شكل (٣) التدوير بطريقة مقارنة المثيرات المقدمة بشكل متتالي

ونلاحظ أنه من بداية عرض المثير المقارن، فإن هذه المهام تشبه مهام المثير المفرد مع اختلاف وحيد متمثل في أن المثير الأصلي موجود في الذاكرة العاملة بدلاً من استعادته من الذاكرة طويلة المدى. بالتالي يمكن أن تكون المثيرات المستخدمة في هذا النوع من المهام –ولكن ليس بالضرورة– غير معروفة مسبقًا. ويمكن النظر لمهام التدوير العقلي في العرض التقديمي المتزامن على أنها حالات خاصة من مهام العرض المتتالية مع فاصل زمني مقدر بصفر مللي ثانية بين المثيرات (Farell, 1985). ومع ذلك، فإن التأثير الحاسم للفاصل الزمني، الذي يزيد عن الصفر، بين المثيرين هو أن المشاركين لا يمكنهم التحقق ذهابًا وإيابًا بين المثيرين، وبالتالي يتعين عليهم ترميز جميع المعلومات ذات الصلة أثناء عرض المثير الأصلي (Griksiene et al., 2019).

رابعًا: هاديات Cues التدوير

لسوء الحظ، فإن تأثير التدوير العقلي لا يمكّن من التمييز بين تأثيرات مطابقة التدوير العقلي وتأثيرات تحديد زاوية التدوير الصحيحة. كما هو واضح في أوصاف مهام التدوير العقلي حتى الآن، فإن تحديد زاوية التدوير عملية معقدة. في الواقع، هذه العملية ليست بالضرورة مماثلة لعملية مطابقة التدوير العقلي. فالوقت والجهد المبذولين في تحديد زاوية التدوير ومطابقة التدوير العقلي يسهّل الخلط بينهما، لأنه يُنظر لكلا العمليتين على أنهما أكثر صعوبة وتستغرقان وقتًا طويلاً مع زيادة زاوية التدوير. يمكن تخفيف هذه المضاعفات بسهولة عن طريق استخدام هاديات التدوير التي تشير إلى زاوية التدوير الصحيحة (انظر الشكل ٤).



شكل (٤) أحد أنواع مهام التدوير يستخدم الهاديات

ورغم أنه من حيث المبدأ، يمكن استخدام هاديات التدوير في كل نوع من أنواع المهام الثلاثة، إلا أنها غالباً ما توجد في المهام ذات العرض المتتابع للمثير، على سبيل المثال قام بيثل-فوكس وشيبرد Bethell-Fox and Shepard (1988) بتطوير نموذج بديل لفصل مهمة التدوير العقلي إلى مرحلة الترميز ومرحلة التدوير ومرحلة المقارنة/ اتخاذ القرار. حيث طلب من المشاركين في تجربته الضغط على مفتاح الاستجابة للتحكم في العرض التسلسلي لـــ(١) الشكل المرجعي، و(٢) والتحكم في الهاديات التي تشير إلى درجة واتجاه التدوير، ثم (٣) مقارنة الشكل.

ووفقًا للنظريات المهتمة بمعالجة مهام التدوير العقلي، فإنه يُبذل كثير من الجهد في تحديد زاوية التدوير الصحيحة، حيث يفترض أنه في الخطوة الأولى يجب تحديد التباين الزاوي بين المثير الأصلي والمثير المقارن. ويمكن أن يؤدي استخدام هاديات التدوير إلى تقليل تعقيد مهام التدوير العقلي بشكل كبير ويساعد على التركيز على عملية مطابقة التدوير العقلي. علاوة على ذلك، في مهام التدوير العقلي للعرض المتتالي مع هاديات التدوير مثل تلك المعروضة في شكل (٤)، يمكن عزل بعض خطوات المعالجة الضرورية عن مطابقة التدوير العقلي، هذا لأن خطوات المعالجة مفصولة إلى ثلاث فترات زمنية:

١. يبدأ ترميز المثير الأصلي من بداية عرض المثير الأصلي.
٢. يبدأ ترميز هاديات التدوير من بداية هاديات التدوير. ويبدأ التدوير العقلي عندما يتم ترميز كل من المثير الأصلي هاديات التدوير.

٣. يبدأ ترميز المثير المقارن، وتبدأ المقارنة من بداية المثير المقارن. بالإضافة إلى ذلك، لا يمكن أن تبدأ عملية اختيار الاستجابة قبل عرض المثير المقارن.

ومن المفترض أن ترميز هاديات التدوير لا يصبح أكثر صعوبة مع زيادة زاوية التدوير. بل إنه من المفترض أن يكون لزاوية التدوير تأثير على ترميز هاديات التدوير أقل من تأثيرها على تحديد زاوية التدوير بدون مساعدة من الهاديات. وبما أنه يتم الفصل مؤقتًا بين ترميز المثير الأصلي والمثير المقارن بالإضافة إلى عملية المقارنة نفسها واختيار الاستجابة عن مطابقة التدوير العقلي؛ فإن العرض المتتالي مع هاديات التدوير هو الخيار الأفضل لعزل عملية مطابقة التدوير العقلي عن جميع العمليات المعرفية الأخرى التي تعمل في مهام التدوير العقلي (Liesefeld, 2012).

ولذلك تشير إحدى الدراسات إلى أن توفر المعلومات المستندة إلى الجسم أثناء الحركة في البيئات الافتراضية (أي استخدام المشي الجسدي) يتيح إحساساً أفضل بالاتجاه ويسهل الحصول على المعلومات المكانية مقارنة بالاعتماد فقط على المعلومات المرئية. بيد أن –لسوء الحظ– تكاليف المعدات المرتفعة وقيود المساحة المادية تجعل المشي البدني غير مناسب لعديد من التطبيقات العملية. وفي مثل هذه المواقف؛ قد يكون من المفيد توفير معلومات جزئية تعتمد على الجسم مثل القدرة على الدوران الجسدي أثناء التنقل وأثناء البقاء في مكان. ومع ذلك، تظل الكفاءة النسبية للحركة الموضعية مع المعلومات المستندة إلى الجسم مقابل الحركة المرئية فقط محل جدل بين الباحثين (Grechkin & Riecke, 2014).

ومن منظور تجريبي، فإن مهمة التدوير العقلي للعرض المتتالي مع هاديات التدوير لها ميزة أنه بالمقارنة مع مهام التدوير العقلي الأخرى، تحدث عمليات معرفية أقل (فعلى الأقل عملية تحديد زاوية التدوير تكون أقل تعقيداً) وأن العمليات المعرفية المطلوبة لها يتم فصلها بشكل أفضل. إلا أن من عيوب هذا النوع من المهام هو تعقيدها من وجهة نظر المشاركين، حيث إنه عادة ما يستغرق الاستخدام الصحيح لهاديات التدوير بعض الوقت للتعلم، فالتعليمات إحدى المهام مثل: "قم بتدوير أحد المثيرات في اتجاه الآخر!" هي أكثر سهولة من "قم بتدوير أحد المثيرات وفقًا لهاديات التدوير!" بالإضافة إلى ذلك، في مهام التدوير العقلي المتتالية، تكون متطلبات الذاكرة العاملة مرتفعة، حيث يجب الحفاظ على خصائص المثير الأصلي أثناء التدوير، وفي حالة فقده، لا يمكن ترميزه من جديد (Liesefeld, 2012).

الدراسات السابقة:

يعد التدوير العقلي مهارة مكانية أساسية تم التحقق منها بشكل كبير في عدد من الدراسات سواء أكان ذلك على مستوى المجموعات، مثل: (Frick et al., 2009; Just et al., 2001)، أو على مستوى الفروق الفردية، مثل: (Jansen-Osmann & Heil, 2007; Peters et al., 2006). وقد ركز عدد من الأبحاث على العلاقة بين العمليات الحركية (مثل، حركات اليد على ذراع التحكم، أو المقبض، أو العصا التي تعمل على تدوير شيء ما). فعلى سبيل المثال، استخدمت سيكياما Sekiyama (1982) في دراستها مهمة للتدوير العقلي للأيدي، طلبت فيها من المشاركين إصدار أحكام سريعة حول ما إذا كانت اليد التي تم عرضها هي اليسرى أم اليمنى، وذلك في ظل ثلاثة شروط من إمالة الرأس (يسار، معتدل، يمين)، وقد وجدت أن ميل الرأس له تأثير على الإطار المرجعي الذاتي للتدوير العقلي عندما تكون درجة ميل الرأس ٦٠ درجة، وهو ما يشير إلى أنه قد يتم أثناء هذه المهام استخدام التمثيلات الداخلية للأيدي، بما يحافظ على المعلومات الحركية.

ومن الأدلة التي تشير إلى إسهام العمليات الحركية في توجيه التدوير العقلي، ما ظهر من علاقة بين التدوير الحركي والتدوير العقلي خلال دراسة بارسونز Parsons (1994) التي كان على المشاركين فيها تحديد ما إذا كانت الصورة المقدمة لهم هي لليد اليمنى أم اليسرى، حيث تباطأت أزمنة رد الفعل عندما كان يجب عليهم القيام بالتدوير العقلي للصور التي تعرض لوضعية تكون صعبة المراس في الأداء البدني.

وتشير الدراسات إلى أن الأفعال (كتدوير اليد) المتساوقة مع المهام المعرفية تؤدي دوراً مهماً في العملية المعرفية عموماً، حيث أشار كيرش وماجليو (Kirsh & Maglio, 1994) إلى أن لاعبي لعبة تيترس[٢٣] (من ألعاب الفيديو) يقومون ببعض الحركات لخفض العبء الحسابي أثناء اللعب، وهو ما يؤدي إلى تنشيط عملية تصدير المعلومات (حول هذه القطع) مبكراً، بما يسمح بالتعرف السريع على القطع التي سيتم وضعها في المكان، وكذلك لإجراء تحقق خارجي عن مدى ملاءمة هذه القطع للمكان المحتمل، وذلك بهدف تقليل عدم دقة هذه الأحكام. وبالطبع فإن هذه الأفعال لم تكن للتأثير على القطع نفسها أو اللعبة في حد ذاتها؛ بل للتأثير على اللاعب نفسه.

[23] Tetris

ويبدو أن هذا هو الحال بالنسبة للمعالجة العقلية لصور الأشياء التي يتم التقاطها عادة باليد مثل مفك البراغي، ففي دراسة طُلِب فيها من المشاركين، الذين يشاهدون مفكًا دواراً معروضاً في صورة متحركة، تحديد ما إذا كان يتم ربطه أم فكه. وقد ظهر اختلاف في الأداء بين الأيامن[24] والأشاول. فبالنسبة للأيامن؛ كانت اتجاهات المنبه ذات الوضعية صعبة المراس، وبشكل خاص للقبضة اليمنى، تسبب تباطؤًا في زمن الاستجابة، مقارنة بالاتجاهات المكافئة بصرياً، ولكن للوضعيات الأكثر راحة، وعندما طلب منهم أيضاً أن يتصوروا أن يدهم اليمنى تمسك مفك البراغي، تم الحصول على نتائج مماثلة. وبتخيلهم لليد اليسرى، زادت أوقات الاستجابة واختفت الاختلافات بين الوضعيات الصعبة والمريحة. وفي المقابل، واتساقاً مع السيادة اليدوية، كانت أزمنة الاستجابة لأصحاب اليد اليسرى مماثلة أيضاً لتلك التي تم الحصول عليها عند تخيلهم لليد اليسرى، ولكنها متمايزة عن تلك التي تم الحصول عليها عند تخيلهم لليد اليمنى. ونستنتج من ذلك أن اليد المستخدمة قد توجه تفسير الأحداث البصرية للأشياء القابلة للتغير (DeSperati & Stucchi, 1997).

وهو ما يتسق مع نتائج وكسلر وزملائه (Wexler et al., 1998)، عندما طلب من المشاركين القيام بالتدوير العقلي لأشكال هندسية ثنائية الأبعاد، أثناء حملهم لذراع تحكم بيدهم اليمنى. حيث طُلِب منهم أيضاً تحويل ذراع التحكم في اتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة أثناء حلهم للمشكلة. لاحظ الباحثون انخفاض معدلات الخطأ وزيادة سرعة الاستجابة عندما كان اتجاه حركة اليد والاتجاه الذي قاموا فيه بتدوير الشكل عقلياً متطابقين، كما وجد الباحثون أن زيادة سرعة التدوير الحركي تسبب زيادة في سرعة التدوير العقلي، والعكس بالعكس. وعليه، أوضح الباحثون أن التدوير الحركي غير المشاهد يؤدي إلى زيادة السرعة ونقص الأخطاء عندما يكون هذا التدوير الحركي متساوقًا مع التدوير العقلي، مقارنة بحالة عدم التساوق، وفي بعض الحالات فإن التدوير الحركي يجعل التدوير العقلي أسهل. كما يتسق مع ما أثبتته إحدى التجارب من أن المشاركين يطلبون مزيداً من الوقت عند أداء مهام تدوير عقلي يصعب تدويرها بدنياً، وهو ما وجد أيضاً عند التدوير العقلي مع حركات غير متساوقة، حيث أدى ذلك لتشويش الذاكرة (Chandrasekharan et al., 2007).

في حين أن شوارتز وهولتون (Schwartz & Holton, 2000) قد أشارا في دراستهما التي استخدما فيها أداوت للتدوير مثل سحب خيط من بكرة أو التدوير الفعلي لمكعب، إلى أن

[24] Right-Handers

الخصائص الهندسية لأحد الإجراءات (التدوير الفعلي وليس العقلي) لا يحدد مسار التحويل التخيلي، بل إن ما يحدد ذلك هو قدرة الناس على نمذجة الأدوات التي تتوسط بين النشاط الحركي ومترتباته البيئية ونقل المعرفة بهذه الأدوات إلى موقف جديد.

وفي دراسة لبيتيت وآخرين (Petit et al., 2003) أجريت بهدف تحديد ما إذا كان من الطبيعي أن يؤخذ في الحسبان صعوبة حركة ساعد اليد أثناء التدوير العقلي. بمعنى؛ هل سيتأثر التصور العقلي بالقيود الميكانيكية الحيوية[25] أم لا. حيث تم مقارنة التدوير العقلي لليد المتصلة بالساعد والذراع في الأوضاع الممكنة والمستحيلة تشريحيًا لبدء مهمة التدوير العقلي للإمساك بمطرقة. أظهرت النتائج أن زمن الاستجابة يزداد بشكل رتيب مع زيادة زاوية التناقض لكل من اليد والمثير، وأن سرعة التدوير أعلى للاتجاهات الممكنة تشريحيًا في حالة اليد. وبالتالي، فإن التدوير العقلي لأجزاء الجسم يتبع نفس القواعد التجريبية مثل الأشياء ذات الطبيعة الأخرى، ويمكن اعتبار القيود الميكانيكية الحيوية المفروضة على حركية هذه الأجزاء من سمات التمثيل العقلي.

وقد أوضحت نتائج عدد من الدراسات أنه يمكن التدريب على التدوير العقلي بالتكرار المكثف لعمليات التدوير العقلي، حيث يتناقص زمن الاستجابة مع التدريب، ففي دراسة كايل وبارك (Kail & Park, 1990) التي أجريت على مجموعة من الأطفال والراشدين للحكم على مجموعة من المثيرات البصرية (حروف) وصور هذه المثيرات، وتبين انخفاض زمن المعالجة بالتدريب، كما وجد كوشال وبارسونز (Kaushall and Parsons (1981 أيضًا النتيجة نفسها بغض النظر عن اختلاف اتجاه الأشكال، وهو ما فسره باحتمالية أن تكون الممارسة قد أدت إلى اكتشاف ملامح ثابتة للتدوير، أو إلى استخدام استراتيجيات متعددة.

ورغم ذلك فإن هناك أدلة تشير إلى أن عملية التدوير العقلي لم تتحسن بالتدريب، ففي دراسة تار وبينكر (Tarr & Pinker, 1989) انخفض زمن الاستجابة وكذلك معدل الميل الخطي بين زمن الاستجابة والتفاوت الزاوي مع التدريب المكثف. ومع ذلك، أظهرت نتائجهم أيضًا أنه لا يمكن الاستدلال على انخفاض الميل بأن عملية التدوير العقلي تُنفذ أسرع بعد التدريب، حيث أن تأثير الاتجاه قد اختفى تقريبًا، كما لم يكن للتدريب أي تأثير على الأشياء التي تم تقديمها في اتجاهات جديدة غير متعلمة، وقد أشار الباحثان إلى أن التدوير العقلي قد تحل محله تمثيلات مسترجعة من

[25] Biomechanical

مخزن الذاكرة. وهو ما وجده هايل وآخرون (Heil et al., 1998) في دراستهم التي أدى فيها المشاركون جلسات اختبار للتدوير العقلي، حيث شاركت مجموعة الممارسة (التجريبية) في أربع دورات تدريبية للتدوير العقلي، انخفض خلالها زمن الاستجابة من جلسة تدريبية إلى أخرى. ورغم أن المجموعة التجريبية استفادت من التدريب على الأشكال (المثيرات) المتعلمة، بيد أن هذه الاستفادة لم تكن تظهر إلا عندما يتم تقديم هذه الأشكال في نفس الاتجاه تماماً كما كان الحال أثناء التدريب، حتى أن زمن الاستجابة للأشكال الجديدة في الاتجاهات المتعلمة لم ينخفض. وبالتالي، فإن تأثير التدريب على التدوير العقلي يبدو أنه محفز للغاية ومع ذلك محدد جداً، ولذلك تشير البيانات إلى أن عملية التدوير العقلي لا تنفذ بسرعة أكبر بعد التدريب، بل يتم استبدالها باسترجاع التمثيلات المخزنة الذاكرة.

وفي دراسة لفيدنباور وآخرين (Wiedenbauer et al., 2007) كان الغرض الرئيس منها استكشاف ما إذا كان يمكن التدريب على التدوير العقلي من خلال مهمة تدوير يدوي في بيئة افتراضية. ونظراً لأن التدوير اليدوي يصور عملية التدوير العقلي وبما أن التدوير العقلي يفترض أنه تدوير ضمني للحركة، فإنه يجب التدريب على عملية التدوير العقلي نفسها، وبالتالي لا ينبغي أن يكون هذا التدريب قائماً على الذاكرة. وبعد تصميم الباحثين لاختبار التدوير الافتراضي، أظهرت النتائج فعالية التدريب على التدوير اليدوي. لكن ذلك لا يقدم أي دليل على أن تأثير التدريب يرجع إلى المكون اليدوي، فمن المحتمل أيضاً أن يكون لتصور عملية التدوير تأثير ما، خاصة فيما يتعلق بعمليات الذاكرة. فقد يساهم التدوير العقلي كعملية في فعالية التدريب، فمثلًا ربما يقوم المشارك بتدوير عقلي للمنبهات – على الأقل جزئيًا – قبل التدوير اليدوي لمعرفة الاتجاه الأقصر للتدوير. لذا سيكون من الأهمية بمكان استكشاف العناصر الأساسية للتدريب وإسهاماتها النسبية في فعاليته، وهو ما يمكن القيام به في دراسات لاحقة عن طريق مقارنة مجموعات التدريب المختلفة مثل مجموعة التدوير العقلي ومجموعة التصور ومجموعة التدريب الحركي، والتي ستوفر بالإضافة إلى ذلك معلومات حول الفعالية المميزة للتدريب على مهام بعينها.

لكن فيدنباور ويانسن–أوسمان (2008) Wiedenbauer and Jansen-Osmann أعادا الكَرّة مرة أخرى في دراسة عن العلاقة بين التدوير اليدوي والعقلي، وتبين أن التدريب اليدوي قد أدى إلى تحسين التدوير العقلي، بالإضافة إلى أن تأثير التدريب لم يقتصر على المثيرات المتعلمة سابقًا، وهي نتيجة تختلف في ظاهرها عن النتيجة التي أشار إليها سابقًا تار وبينكر (1989) من عدم وجود تأثير للتدريب على المثيرات التي تم تقديمها في اتجاهات جديدة غير متعلمة، حيث إن

الأخيرة تتحدث عن تغيير اتجاهات التدوير، في حين أن الأولى (فيدنباور ويانسن–أوسمان، 2008) تتحدث عن تغيير المثيرات نفسها.

وفي دراسة جاردوني وآخرين (Gardony et al., 2014) التي أجريت بهدف المقارنة بين التدوير العقلي والتدوير اليدوي، طُلب من المشاركين تدوير الأشكال المستخدمة في مهمة شيبرد وميتزلر الافتراضية تدويراً عقليا وبدنياً. وأشارت النتائج إلى أن عمليات التدوير العقلي والبدني متداخلة، كما كشفت عن أن التدوير البدني له تأثير على التدوير العقلي. وقد لوحظ أن المشاركين لم يقوموا بتدوير الأشكال بهدف تحقيق التطابق، بل للوصول إلى الفرق القانوني خارج محور التدوير، كما لوحظ أن استراتيجيات التدوير تختلف اختلافا كبيرا بالنسبة للأحكام الصادرة حول ما إذا كانت الأشكال هي نفسها أم مختلفة.

وبناء على نتائج الدراسات السابقة التي أشارت إلى إمكانية تحسين أداء التدوير العقلي، ووجود علاقة بين التدوير العقلي واليدوي؛ أجرى آدمز وآخرون (Adams et al., 2014) دراسة عن تأثير الممارسة على التدوير العقلي واليدوي (الافتراضي) على الأداء اللاحق لمهام التدوير العقلي واليدوي. وأشارت نتائج التجربة الأولى إلى أن ممارسة كل من التدوير العقلي واليدوي أدت إلى مزيد من كفاءة الأداء في الاختبار البعدي، وفي التجربة الثانية وجد أن ممارسة التدوير اليدوي فقط –وليس العقلي– أدت إلى تحسن الأداء، وبتحليل مسارات التدوير اليدوي لم يتم اكتشاف أي دليل على وجود اختلاف في الاستراتيجيات المستخدمة في عملية التدوير. ووفقًا لهذه النتائج فقد استنتج الباحثون أن التدوير اليدوي ربما يتطلب عمليات إضافية غير تلك التي يحتاجها التدوير العقلي. وبالنسبة لتأثير الممارسة؛ فقد أدى التدريب على التدوير اليدوي إلى تحسن الأداء لاحقًا في كل من التدوير العقلي واليدوي، في حين أن التدريب على التدوير العقلي أدى إلى تحسن لاحق في أداء التدوير العقلي فقط. وهو ما يتسق مع تأكيد فولشلايجر Wohlschläger (2001) على فكرة أن التدوير العقلي للمثيرات ما هو إلا فعل متصور، فضلًا عن أنها مهمة نقية للتصور البصري المكاني، وأن التداخل بين التدوير العقلي للمثيرات وحركات تدوير اليد هو تداخل بين أهداف الأفعال.

كما أجرى يانسن وكيلنر Jansen and Kellner (2015) دراسة بهدف الكشف عن تأثير حركة تدوير اليد (باستخدام مقبض الباب) على أداء التدوير العقلي، وكشفت النتائج عن وجود علاقة إيجابية بين القدرة الحركية ودقة الأداء على مهام التدوير العقلي، حيث إن القدرة على أداء حركات أقوى قد ارتبطت إيجابياً بالأداء الأفضل للتدوير العقلي. كما أن من لديهم قدرات حركية

متقدمة يميلون لاستخدام العمليات الحركية (كتدوير مقبض الباب) عند أدائهم لمهام التدوير العقلي، خاصة إذا كان التدوير العقلي محملًا بمهمة حركية.

يعد التنسيق بين العمليات الإدراكية–المعرفية والعمليات الحركية أحد المكونات الرئيسة المحددة للأداء الرياضي. ومع ذلك، هناك عوامل تؤثر على هذه المكونات، مثل الإعاقة والجنس وممارسة الرياضة. ولذلك أجرى جونجور وساهين Güngör and Şahin (2022) دراسة لفحص مهارة التدوير العقلي والأداء على مهام زمن الرجع على عينة من الذكور والإناث الرياضيين وغير الرياضيين المصابين بالصمم. وبعد إجراء اختبارات قياس التدوير العقلي وزمن الرجع أشارت النتائج إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين مجموعتي الرياضيين وغير الرياضيين في التدوير العقلي وزمن الرجع. إلا أنه كانت هناك نتيجة مهمة جدا، حيث وجد أن الرياضيين الذكور أفضل من النساء غير الرياضيات في التدوير العقلي وزمن الرجع. في حين لم يكن هناك فرق كبير في التدوير العقلي وزمن الرجع بين الذكور غير الرياضيين والإناث غير الرياضيات. نتيجة لذلك، يُقترح أن ممارسة الرياضة تحسن من التدوير العقلي ووقت رد الفعل للرياضيين الذكور الصم.

وفي دراسة جوست وجانسن (Jost & Jansen, 2022) تم فصل التدوير البصري عن التدوير اليدوي. وذلك باختيار عينة من المشاركين بشكل عشوائي للتدريب البصري أو للتدريب على التدوير اليدوي أو للتدريب اليدوي دون حركة تدوير. وقد كان على المشاركين قبل وبعد جلسة التدريب حل اختبار للتدوير العقلي. وكشف التحليل عن تحسن أداء التدوير العقلي لجميع المجموعات. ومع ذلك، لم يختلف هذا التحسن بين المجموعات. ونظرًا لاستقلالية شكل وحدوث النشاط اليدوي؛ يرى الباحثون أن هذا ربما يشير إلى أن النشاط اليدوي ليس مجرد نشاطًا حركيًا، بل هو تدوير بصري مصاحب للنشاط الحركي، والذي يؤدي بدوره إلى تحسين مهام التدوير العقلي.

تعقيب على الدراسات السابقة:

يلاحظ مما سبق أن دراسات التدوير العقلي ذات الاهتمام بالجانب الحركي أو اليدوي قد تفتقت عن ثلاث قضايا أساسية؛ اهتمت الأولى منها بالعلاقة بين التدوير الحركي أو اليدوي من ناحية والتدوير العقلي من ناحية أخرى، كدراسات: (Sekiyama, 1982; Parsons, 1994; Schwartz & Holton, 2000; Petit et al., 2003; Gardony et al., 2014; Jansen & Kellner, 2015; Güngör & Şahin, 2022). وبناءً على هذه الدراسات قد يتم أثناء مهام التدوير

العقلي استخدام التمثيلات الداخلية لليد، بما يحافظ على المعلومات الحركية، وهو ما يشير إلى إسهام العمليات الحركية في توجيه التدوير العقلي. كما أن القيود الميكانيكية الحيوية المفروضة على حركية بعض أجزاء الجسم كاليد والذراع مثلا يمكن النظر إليها بوصفها من سمات التمثيل العقلي. ومن ثم فإن التدوير البدني له تأثير على التدوير العقلي، وهو ما يبدو جلياً في وجود علاقة إيجابية بين القدرة الحركية ودقة الأداء على مهام التدوير العقلي، حتى أن العمليات الإدراكية–المعرفية والعمليات الحركية تعد من محددات الأداء الرياضي.

أما القضية الثانية التي اهتمت بها هذه الدراسات؛ فهي التساوق بين الحركات أو الأفعال من ناحية والتدوير العقلي من ناحية أخرى، كدراسات: (Kirsh & Maglio, 1994; DeSperati & Stucchi, 1997; Wexler et al., 1998). أشارت هذه الدراسات إلى أن الأفعال (كتدوير اليد) المتساوقة مع المهام المعرفية تؤدي دوراً مهماً في العملية المعرفية، حتى أن المعالجة العقلية لصور الأشياء التي يتم التقاطها عادة باليد مثل مفك البراغي لها دور في عملية التدوير العقلي، لدرجة أن تخيل اليد اليمنى أو اليسرى تمسك مفك البراغي (وفقًا للسيادة اليدوية) قد يكون له دور في تفسير المثيرات وتدويرها عقلياً. وخلاصة القول في هذا الصدد أن التدوير الحركي غير المشاهد يزيد من كفاءة التدوير عندما يكون هذا التدوير الحركي متساوقًا مع التدوير العقلي.

في حين كانت القضية الثالثة التي اهتمت بها الدراسات، دور التدريب في عمليات التدوير، كدراسات: (Kaushall & Parsons, 1981; Tarr & Pinker, 1989; Kail & Park, 1990; Heil et al., 1998; Wiedenbauer et al., 2007; Wiedenbauer & Jansen-Osmann, 2008; Adams et al., 2014; Jost & Jansen, 2022). حيث أشارت الدراسات إلى إمكانية التدريب على التدوير العقلي بالتكرار المكثف لعمليات التدوير العقلي، بل إن التدريب على التدوير اليدوي مهم في التدوير العقلي. فالنشاط اليدوي هو في الأصل تدوير بصري مصاحب للنشاط الحركي، والذي يؤدي بدوره إلى تحسين مهام التدوير العقلي. ومع ذلك فإن التدريب على التدوير العقلي رغم أهميته إلا أن تأثيره محدود جداً، نظراً لأن ما يحدث بعد التدريب هو خاص ببعض عمليات الذاكرة، كاسترجاع تمثيلات أخرى مخزنة بالذاكرة.

فروض البحث:

في ضوء ما تم عرضه من إطار نظري ودراسات سابقة، صاغ الباحث فرض الدراسة الرئيس على النحو الآتي:

يؤثر كل من التمثيل الحركي وزمن العرض على دقة التدوير العقلي. وينبثق من هذا الفرض عدد من الفروض:

١. يؤثر التمثيل الحركي تأثيراً إيجابياً على دقة التدوير العقلي.
٢. تزداد دقة التدوير العقلي بزيادة مدة عرض المثيرات في مهام التدوير العقلي.
٣. يوجد تأثير للتفاعل بين التمثيل الحركي ومدة عرض المثيرات على دقة التدوير العقلي.

منهج البحث:

تم استخدام المنهج التجريبي، حيث التحكم بالمتغيرات المستقلة (التمثيل الحركي- زمن عرض المثيرات) وقياس المتغيرات التابعة (دقة الاستجابة)، مع ضبط المتغيرات الدخيلة.

التصميم التجريبي:

تم استخدام التصميم التجريبي العاملي داخل الأفراد (٢x٢). حيث التفاعل بين المتغيرين المستقلين وهما متغير التمثيل الحركي (تدوير مع التمثيل الحركي-تدوير بدون تمثيل حركي) ومتغير زمن عرض المثير (٢٥٠ مللي ثانية-٧٥٠ مللي ثانية)، وذلك لدى المجموعة نفسها من عينة البحث.

جدول (١) يوضح التصميم التجريبي للبحث

متغيرات البحث		زمن عرض المثير		المتغير التابع
		٢٥٠ م ث	٧٥٠ م ث	
التمثيل الحركي	التدوير بدون تمثيل حركي	√	√	دقة التدوير العقلي
	التدوير مع تمثيل حركي	√	√	

متغيرات الدراسة وتعريفها إجرائياً:

أ) المتغيرات المستقلة:

١- التمثيل الحركي: يقوم المشاركون بالأداء على تجربة التدوير العقلي المحوسبة، في ظرفين تجريبيين، أحدهما يؤدون فيه تجربة تدوير الشكل (المقدم على شاشة الحاسوب)، وفقا لتعليمات التجربة، مع استخدامهم لقلم بيدهم المفضلة (اليمنى) يخططون به على ورقة أمامهم وفقا لاتجاه التدوير الذي يرونه صحيحا، أثناء محاولتهم الاستجابة لمهمة التدوير العقلي. في حين أنه في الظرف التجريبي الآخر يقوم المشاركون بعملية الاستجابة للتدوير العقلي المحوسب، وفقا لتعليمات التجربة، بدون استخدام الورقة والقلم.

٢- زمن عرض المثير: حيث تم عرض المثيرات وفقا لمدة عرض (٢٥٠) مللي ثانية، ومدة عرض (٧٥٠) مللي ثانية.

ب) المتغيرات التابعة:

- دقة التدوير العقلي: عدد الاستجابات الصحيحة عند تحديد الشكل المقارن بالشكل الأصلي من خلال اتخاذ قرار بما إذا كان الشكل المقارن هو صورة مرآوية معكوسة للشكل الأصلي أم أنه شكل تم تدويره بزاوية ما.

تم الاكتفاء بقياس الدقة دون السرعة (زمن الاستجابة) نظراً لما هو متوقع من تباطؤ الاستجابة في التجربة التي تتضمن تمثيلا حركياً، حيث يتوقع زيادة زمن الاستجابة في تجربة التمثيل الحركي مقارنة بالتجربة الأخرى.

العينة:

تم تطبيق الدراسة على (٥٥) طالباً من الذكور الأيامن المتطوعين لأداء التجربة. بلغ متوسط أعمارهم (٢٠,٢) بانحراف معياري (٠,٩)، تم اختيارهم من طلاب جامعة بني سويف (كليات التجارة والآداب والحقوق)، وتم اختيارهم بطريقة العينة العنقودية. وقد روعي في اختيار العينة سلامتهم الصحية والبصرية وقدرتهم على القراءة وتمييز الألوان، وعدم معاناتهم من مرض

مزمن أو إعاقة تؤثر على الأداء، وخاصة الأمراض والإعاقات المرتبطة بالحركة والسمع والبصر وحتى الإعاقات العقلية (كمتلازمة داون أو أحد مستويات التأخر العقلي).

أدوات البحث:

١. جهاز حاسوب بملحقاته.
٢. ورقة وقلم للقيام بالتدوير الحركي للشكل المقدم على شاشة الحاسوب.
٣. برنامج E_Prime، لتصميم المهام وعرض تجربة التدوير العقلي. تم تصميم تجربة التدوير العقلي وفقًا لنموذج شيبرد–ميتزلر (Shepard & Metzler, 1971)، حيث تم تقديم المثيرين في وقت واحد، ولكن بزاويتي عرض مختلفين، من خلال تدوير أحدهما إما حول خط الرؤية ("دوران مستوى الصورة") والذي يعني عرض المثير في حالته العادية، أو تدوير المثير حول المحور الرأسي للشاشة (دوران العمق) والذي يعني عرض المثير في حالته المعكوسة المرآوية. علما بأن المثيرات المستخدمة في التجربة مجموعة من الأرقام والحروف والأشكال، ويمكن الرجوع إلى (خضير، ٢٠٢٢) للاطلاع على جميع المثيرات وزوايا التدوير.

إجراءات البحث:

تتضمن هذه الدراسة تجربتين لمعرفة تأثير التمثيل الحركي على التدوير العقلي، ومن ثم فقد كانت إحدى التجربتين مماثلة لما تم شرحه في (خضير،٢٠٢٢)، في حين أن التجربة الأخرى أُضيف إليها إجراءٌ جديد، وهو أن يمسك المشارك بيده المفضلة (اليمنى) قلماً يقوم فيه بتخطيط اتجاهات التدوير على الورقة. وبسبب هذا الإجراء المتمثل في الإمساك بالقلم باليد المفضلة؛ تم الاعتماد في حساب النتائج على الدقة فقط دون السرعة، لأن الاستجابة للتدوير العقلي المحوسب بالضغط على مفاتيح الاستجابة في لوحة المفاتيح ستكون باليد غير المفضلة (اليسرى)، وفقًا لتعليمات التجربة التي توضح مهمة المشارك في أن يصدر حكما في كل محاولة بناء على ما يراه من مثير؛ ما إذا كان هذا المثير المقارن بالمثير الأصلي هو مثير عادي تم تدويره، أم أنه مجرد انعكاس لصورة مرآوية. وبعد ذلك يتم تقديم المحاولات التدريبية ثم المحاولات التجريبية، وذلك على النحو الآتي: تبدأ المحاولة بعرض علامة التثبيت (+) لمدة (١٠٠٠) مللي ثانية، ثم يليها عرض المثير الأصلي على شاشة الحاسوب بحيث يكون على يمين المشارك وفي منتصف الشاشة علامة التثبيت وعلى يسار المشارك يعرض المثير نفسه بحالاته وزواياه المختلفة، ويتم عرض المثير مع المثير

المطلوب الحكم على تدويره في زمن (٧٥٠/٢٥٠) مللي ثانية، ثم مدة فاصلة بين المحاولات مقدرة بـــ(١٠٠٠) مللي ثانية لا يقدم فيها أي مثير. علما بأن كل محاولة تتضمن حالة واحدة وزاوية واحدة فقط للعرض. وتنتهي التجربة بتوجيه رسالة شكر للمشارك على مشاركته الطوعية بالتجربة.

مثال على طريقة عرض المثيرات: حيث يأتي المثير الأصلي في كل محاولة مع واحد فقط من المثيرات المشابهة، مثل ما هو موضح في الجدول الآتي:

جدول (٢) يوضح أمثلة على محاولات تدوير المثيرات

	المحاولة	القرار بالتدوير
أمثلة على محاولات التدوير	5 + ح	صورة معكوسة
	⅂ + ⅂	صورة عادية تم تدويرها
	س + ɔ	صورة عادية تم تدويرها

وقد روعي في تقديم المحاولات أن يتم تقديمها وفقا للترتيب العشوائي، وكذلك الحال في تقديم المثير بزوايا التدوير أو حالة العرض (مرآوي أم عادي قياسي)، حيث روعي فيها العرض العشوائي أيضاً. كما روعي استخدام إجراء الموازنة بين المشاركين في أداء تجربة التدوير بدون التمثيل الحركي أولًا ثم تجربة التدوير مع التمثيل الحركي، حيث قام نصف المشاركين تقريباً بأداء التجربة الأولى ثم الثانية، وقام النصف الثاني بأداء التجربة الثانية ثم الأولى.

وبلغ عدد المحاولات التي قام المشارك بأدائها (١٢٠) محاولة للتجربة الأولى التي يستجيب فيها بالضغط على مفاتيح الاستجابة بلوحة مفاتيح الحاسوب دون استخدام للورقة والقلم، و(١٢٠) محاولة للتجربة الثانية مستخدما فيها الورقة والقلم باليد المفضلة للتخطيط وفقا لاتجاه التدوير الذي يراه المشارك صحيحاً. بحيث تتضمن كل محاولة تقديم المثير الأصلي مع المثير نفسه، لكن بحالات مختلفة من حيث التدوير أو الانعكاس.

أساليب التحليل الإحصائي:

١. حساب المتوسط والانحراف المعياري.
٢. اختبار تحليل التباين للقياسات المتكررة Repeated Measures لمعرفة دلالة الفرق بين الظروف التجريبية وفقا لمتغيرات البحث والكشف عن التفاعل بين هذه المتغيرات.

النتائج:

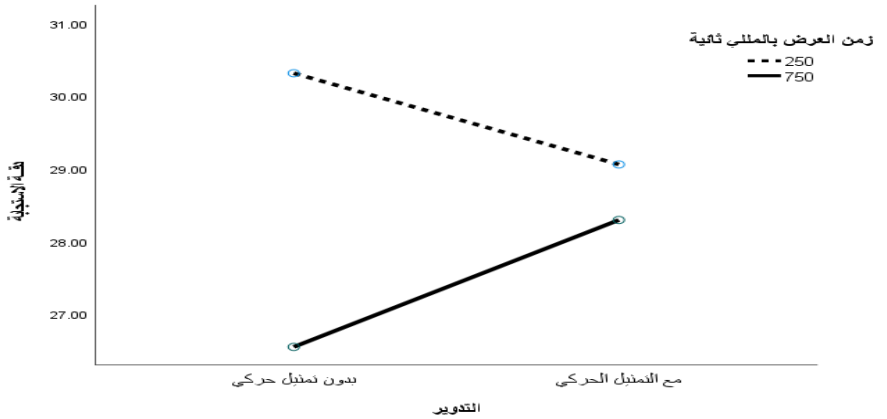
للتحقق من فروض الدراسة، تم استخدام تحليل التباين للقياسات المتكررة. وكانت النتائج على النحو الآتي:

جدول (٣) جدول يوضح تحليل التباين للقياسات المتكررة لتأثير التمثيل الحركي واختلاف زمن العرض على دقة التدوير العقلي

المتغيرات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	الدلالة
التمثيل الحركي	٥٤	٣,٣١	٠,٠٨	٠,٧٧
زمن العرض	٥٤	٢٨١,٨٢	٤,٠٠	٠,٠٥
التمثيل الحركي x زمن العرض	٥٤	١٢٣,٧٥	٥,٩٧	٠,٠٢

جدول (٤) يوضح المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لدقة التدوير العقلي في الظروف التجريبية المختلفة

المتغيرات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	العينة
تدوير بدون تمثيل حركي في زمن عرض٢٥٠ م ث	٣٠,٣١	٥,٥١	٥٥
تدوير بدون تمثيل حركي في زمن عرض ٧٥٠م ث	٢٦,٥٥	١٣,٠٥	٥٥
تدوير مع تمثيل حركي في زمن عرض٢٥٠ م ث	٢٩,٠٥	٦,٤٨	٥٥
تدوير مع تمثيل حركي في زمن عرض ٧٥٠م ث	٢٨,٢٩	٩,٤١	٥٥



شكل (٥) يوضح دقة الاستجابة لمهمة التدوير بناء على التمثيل الحركي وزمن العرض والتفاعل بينهما

يلاحظ في الجدول رقم (٣) الخاص بنتائج تحليل التباين للقياسات المتكررة لتأثير التمثيل الحركي واختلاف زمن العرض على دقة التدوير العقلي إلى وجود تأثير دال لزمن عرض المثير على دقة التدوير العقلي، وكذلك وجود دلالة للتفاعل بين زمن العرض والتمثيل الحركي. وبالنظر في الجدول رقم (٤) الذي يوضح المتوسطات الحسابية لهذه النتائج، يتبين أن دقة التدوير كانت أفضل في حالة زمن العرض الأقصر (٢٥٠ مللي ثانية) مقارنة بزمن العرض الأطول (٧٥٠ مللي ثانية)، كما أنها كانت أفضل في حالة زمن العرض الأقصر في تجربة التدوير مع التمثيل الحركي، مقارنة بزمن العرض الأطول في كلتا التجربتين (التدوير مع التمثيل الحركي، والتدوير بدون التمثيل الحركي). وهو ما يبدو في التمثيل البياني لهذه البيانات (شكل رقم ٥)، حيث يتضح زيادة دقة الاستجابة في زمن العرض (٢٥٠) مللي ثانية (الخط المتقطع) في كلتا التجربتين.

مناقشة النتائج:

ينص الفرض الفرعي الأول على أن التمثيل الحركي يؤثر تأثيراً إيجابياً على دقة التدوير العقلي. وتشير نتائج البحث إلى عدم تحقق هذا الفرض. فلم تكن هناك فروق دالة بين الدقة في حالة أداء التدوير بدون تمثيل حركي أو مع التمثيل الحركي. وهي نتيجة تتعارض مع معظم الدراسات التي تحدثت عن أهمية الأفعال الحركي في عملية التدوير العقلي، كدراسات: (Sekiyama, 1982; Parsons, 1994; Schwartz & Holton, 2000; Petit et al., 2003; Gardony et al., 2014; Jansen & Kellner, 2015; Güngör & Şahin, 2022). التي اهتمت بالعلاقة بين التدوير الحركي والعقلي. حيث أشارت هذه الدراسات إلى أنه قد يتم أثناء مهام التدوير العقلي استخدام التمثيلات الداخلية لليد، بما يحافظ على المعلومات الحركية، وهو ما يشير إلى إسهام العمليات الحركية في توجيه التدوير العقلي ومن ثم فإن التدوير البدني له تأثير على التدوير العقلي. لكن ما كشف عنه البحث الحالي هو أن التدوير الحركي أو التمثيل الحركي لم يؤثر على التدوير العقلي، وقد يرجع ذلك في جزء منه إلى طبيعة الإجراء المستخدم في هذه التجربة؛ حيث كان التمثيل الحركي يتم باليد المفضلة (اليمنى)، وبالتالي فإن عملية التدوير العقلي التي استخدمت فيها اليد غير المفضلة (اليسرى) ربما لم تكن على المستوى المطلوب بسبب استخدام هذه اليد غير المفضلة في الاستجابة على لوحة المفاتيح. وهو ما يمكن أن يثير تساؤلا حول إمكانية التفاعل بين المناطق الدماغية المسئولة عن عملية التدوير مع المناطق المسئولة عن السيادة اليدوية. وإذا ما أخذنا في الحسبان أن أداء عملية التدوير العقلي بإحدى اليدين مع التمثيل الحركي باليد الأخرى يتضمن في

واقع الأمر أداء متوازياً للمهمة الثنائية[٢٦]، فربما يمكننا تفسير سبب عدم تحقق هذا الفرض. حيث يفترض بالمهمة الثنائية أن يحدث تداخل حركي معرفي يظهر تأثيره على كل من السرعة والدقة (Kim et al., 2021)، ومثل هذا التداخل الحركي المعرفي قد يزيد من صعوبة المهمة، وهو أمر بالغ الأهمية في مهام التدوير العقلي، حيث تؤثر الخصائص المختلفة للهدف ومتطلبات المهمة على زمن الاستجابة ودقتها، مثلما يزداد زمن الاستجابة إذا زاد التباين الزاوي بين المثيرين، كذلك الحال يؤدي رفع مستوى تعقيد المهمة وصعوبتها إلى تقليل الدقة (Taragin, 2019).

أما الفرض الثاني الخاص بتأثير مدة عرض المثيرات على دقة التدوير العقلي؛ فقد بينت النتائج عدم تحقق هذا الفرض، بل إن النتيجة التي حصلنا عليها عكس المتوقع تماماً. فقد كانت دقة التدوير أفضل في حالة زمن العرض الأقصر (٢٥٠ م ث). سواء أكان ذلك في تجربة التدوير مع التمثيل أو تجربة التدوير بدون التمثيل الحركي. وهو ما يتعارض بشكل عام مع ما هو معروف بأن زيادة زمن عرض المثير يتبعه تحسن في الأداء، كدراسة (Shea et al., 1981) أتي أشارت إلى أنه عندما لم تكن سرعة المثير معروفة، تأخرت الاستجابة بعض الشيء وبدأت دقة الاستجابة تتناقص مع زيادة سرعة المثير (أي انخفضت مدة المثير). وقد يرجع ذلك إلى ما أشارت إليه دراسة (Rolfm et al.,1998) من أن زيادة مدة عرض المثيرات قد يؤدي إلى زيادة في مدة إنتاج الاستجابة، وهو ما يوحي بافتراض أن المشاركين بالتجربة الحالية، وبسبب زيادة مدة العرض، ربما قد انشغلوا أثناء عرض مثيرات التدوير في المدة الأطول بما يشتت انتباههم، مما تسبب في انخفاض معدل الدقة لديهم، مقارنة بالأداء في مدة العرض الأقصر.

وفي الواقع فإنه وفقًا للنتائج الموضحة سابقا بالجدولين (٤، ٥) والرسم البياني؛ لا يمكن تفسير دقة التدوير بمعزل عن التفاعل بين كلا المتغيرين (مدة عرض المثيرات والتمثيل الحركي). فكما هو واضح في النتائج كان التفاعل دالا بين المتغيرين في التأثير على دقة التدوير، وهو ما يعني تحقق الفرض الثالث للبحث الحالي. وبالتركيز في هذه النتائج نلاحظ أن دقة الأداء كانت أفضل في حالة زمن العرض الأقصر فحسب؛ بل إن دقة التدوير كانت أفضل في تجربة التدوير مع التمثيل الحركي مقارنة بمثيلتها في تجربة التدوير دون تمثيل حركي، وذلك في مدة العرض (٢٥٠ م ث). حيث كانت دقة الأداء في زمن العرض (٢٥٠ م ث) في تجربة التدوير مع التمثيل الحركي أفضل من مثيلتها في زمن العرض (٧٥٠ م ث) سواء في تجربة التدوير مع التمثيل الحركي أو في تجربة

[26] Dual Task

التدوير بدون تمثيل حركي. كما يلاحظ أيضاً من هذه النتائج أن دقة التدوير كانت أسوأ في تجربة التدوير بدون تمثيل حركي في زمن عرض (٧٥٠م ث)، بمعنى أنه في هذا الزمن كانت دقة التدوير في تجربة التمثيل الحركي أفضل منها في تجربة عدم التمثيل الحركي.

وبناء على ما اتضح من هذه النتائج، يمكن القول أن دقة التدوير العقلي في حالة التمثيل الحركي (سواء أكان ذلك في مدة العرض ٢٥٠م ث أو ٧٥٠م ث) كانت أفضل من دقة التدوير العقلي في حالة عدم التمثيل الحركي في زمن العرض (٧٥٠م ث)، وهو ما يتفق بشكل عام مع نتائج الدراسات السابقة التي أشارت إلى تحسن الأداء على مهام التدوير العقلي إذا كان للنشاط الحركي دور مشارك فيه، بمعنى أن التدوير البدني له تأثير على التدوير العقلي، أو وجود علاقة بين القدرة الحركية ودقة الأداء على مهام التدوير العقلي (Jansen & Kellner, 2015). كما يتسق أيضاً مع نتائج دراسة (Adams et al., 2014) حول تأثير الممارسة، حيث أدى التدريب على التدوير اليدوي إلى تحسن الأداء لاحقًا في كل من التدوير العقلي واليدوي، وكذلك دراسة (Jost & Jansen, 2022) التي اهتمت بالتدريب على التدوير اليدوي دون البصري أو العكس. حيث اتضح تحسن أداء التدوير العقلي بعد التدريب، وهو ما دعا إلى تفسير النشاط اليدوي بأنه تدوير بصري مصاحب للنشاط الحركي، والذي يؤدي بدوره إلى تحسين مهام التدوير العقلي.

ورغم أن نتائج البحث الحالي قدّمت دليلا وإن كان ضعيفًا على دور التمثيل الحركي في تحسين عملية التدوير العقلي؛ يمكن القول إن هذا الدليل لم يكن ضعيفًا فحسب؛ بل إنه لم يكن دورا مطلقًا ومستقلًا بذاته، حيث كان مرتبطًا بمحدد آخر وهو زمن عرض المثيرات الأصلية والمقارنة. وإذا وضعنا في الحسبان وجود محددات أخرى كنوع المثيرات وموضع عرضها وحجمها، سنجد أننا بحاجة لعدد من البحوث المستقبلية لتحديد طبيعة دور التمثيل الحركي في عملية التدوير في ظل هذه المحددات. كما أن السيادة اليدوية قد تكون لها دور في التأثير على التدوير العقلي، خاصة وأننا بصدد الحديث عن التمثيل الحركي الذي تم التعبير عنه باستجابة يدوية، وهو ما يثير تساؤلًا مهما حول إمكانية تأثير السيادة اليدوية في العلاقة بين التمثيل الحركي والتدوير العقلي، وما إذا كان أداء المشاركين للتمثيل الحركي باليد المفضلة له تأثير على عملية التدوير العقلي، أم لا.

التوصيات:

بناء على ما سبق، فإنه يمكن التوصية بإجراء مزيد من الدراسة حول التمثيل الحركي والتدوير العقلي، مع الأخذ في الحسبان تفضيل اليد اليمنى أو اليسرى، أو ما يعرف بالسيادة اليدوية، خاصة وأن مفهوم السيادة اليدوية مرتبط بالسيادة الشقية، والتي قد يكون لها تأثير مشترك مع متغيرات أخرى في عملية التدوير العقلي. وهو الأمر الذي قد يكون له تضمينات في الدراسات التي تجرى على مرضى السكتات الدماغية، الذين قد يضطرون للاستجابات اللفظية، أو الاستجابات باليد غير المفضلة.

المراجع:

الشقور، وليد حامد، والتل، شادية أحمد. (٢٠١٥). تطور القدرة على التدوير العقلي لدى عينة من الطلبة الأردنيين. *دراسات العلوم التربوية*، ٤٢، ٢، ٤٤٣-٤٦٠.

خضير، سعيد رمضان. (٢٠٢٢). تأثير زاوية التدوير وحالة المثير على كفاءة عملية التدوير العقلي لدى الجنسين باختلاف نوع المثير. *مجلة الدراسات النفسية المعاصرة*، ٤،٢، ١٠٨-١٤٦.

Adams, D. M., Stull, A.T., Roewe, I. & Hegarty, M. (2014). Effects of Mental and Manual Rotation Training on Mental and Manual Rotation Performance. *Spatial Cognition & Computation, 14*:3, 169-198.

Bethell-Fox, C. E. & Shepard, R. N. (1988). Mental Rotation: Effects of Stimulus Complexity and Familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 14, 12-23.

Chandrasekharan, S., Bora, S., Athreya, D. & Srinivasan, N. (2007). Thinking More Lowers Hand Waving: Dual Task Damps Hand Movements During Mental Rotation. *Proceedings of the 29th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, Nashville. 857-862

Desperati, C. & Stucchi, N. (1997). Recognizing the Motion of a Graspable Object Is Guided By Handedness. *Neuroreport, 8*. 2761–2765.

Dickstein R, Deutsch Je (2007) Motor Imagery in Physical Therapist Practice. Physical Therapy, 87: 942–953

Farell, B. (1985). Same-Different Judgments: A Review of Current Controversies in Perceptual Comparisons. *Psychological Bulletin*, 98(3), 419-456.

Frick, A., Daum, M. M., Walser, S. & Mast, F. W. (2009). Motor Processes in Children's Mental Rotation. *Journal of Cognition and Development, 10*:18–40

Ganis, G., Keenan, J. P., Kosslyn, S. M. & Pascual-Leone, A. (2000). Transcranial Magnetic Stimulation of Primary Motor Cortex Affects Mental Rotation. *Cerebral Cortex*, 10, 175–180.

Gardony, A. L., Taylor, H. A., Brunye, T. T. (2014). What Does Physical Rotation Reveal About Mental Rotation? *Psychological Science*, 25(2), 605–612.

Göksun, T., Goldin-Meadow, S., Newcombe, N. & Shipley, T. (213). Individual Differences in Mental Rotation: What Does Gesture Tell Us? *Cogn Process, 14(*2): 153–162

Grechkin, T. Y., & Riecke, B. E. (2014). Re-Evaluating Benefits of Body-Based Rotational Cues for Maintaining Orientation in Virtual Environments: Men Benefit from Real Rotations, Women Don't. *ACM Symposium on Applied Perception SAP*, 99–102.

Griksiene, R., Arnatkeviciute, A., Monciunskaite, R., Koenig, T. & Ruksenas, O. (2019). Mental Rotation of Sequentially Presented 3D Figures: Sex and Sex Hormones Related Differences in Behavioural and ERP Measures. *Scientific Reports*, 9(1):18843.

Güngör, A. & Şahin, Ş. (2022). Comparison of Mental Rotation and Reaction Time Performances in Deaf Athletes and Non-Athletes. Spormetre. The *Journal of Physical Education and Sport Sciences*, 20(2), 126-137.

Heil, M., Roesler, F., Link, M., & Bajric, J. (1998). What Is Improved If a Mental Rotation Task Is Repeated-The Efficiency of Memory Access, Or the Speed of A Transformation Routine? *Psychological Research, 61*, 99-106

Jansen, P. & Kellner, J. (2015). The Role of Rotational Hand Movements and General Motor Ability in Children's Mental Rotation Performance. *Frontiers in Psychology. 6*: 984.

Jansen-Osmann, P. & Heil, M. (2007). Suitable Stimuli to Obtain (No) Gender Differences in the Speed of Cognitive Processes Involved in Mental Rotation. *Brain and Cognition, 64*:217–227

Jost P. & Jansen, L. (2022). Manual Training of Mental Rotation Performance: Visual Representation of Rotating Figures Is the Main Driver for Improvements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 75(4) 695–711

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye Fixations and Cognitive Processes. *Cognitive Psychology*, 8(4), 441-480.

Just, M.A., Carpenter, P. A., Maguire, M., Diwadkar, V. & Mcmains, S. (2001). Mental Rotation of Objects Retrieved from Memory: A Functional MRI Study of Spatial Processing. *Journal of Experimental Psychology: General, 130*:493–504

Kail, R., & Park, Y. S. (1990). Impact of Practice on Speed of Mental Rotation. *Journal of Experimental Child Psychology, 49*, 227-244

Kaushall, P., & Parsons, L. M. (1981). Optical Information and Practice in the Discrimination of 3-D Mirror-Reflected Objects. *Perception, 10*, 545-562.

Kim, H., Kim, H-K., Kim, N. & Nam, C.S. (2021) Dual Task Effects on Speed and Accuracy During Cognitive and Upper Limb Motor Tasks in Adults with Stroke Hemiparesis. *Frontiers in Human Neuroscience*. 15:671541.

Kirsh, D., & Maglio, P. (1994). on Distinguishing Epistemic from Pragmatic Action. *Cognitive Science, 18*, 513-549.

Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., Wraga, M. & Alpert, N. M. (2001). Imagining Rotation by Endogenous Versus Exogenous Forces: Distinct Neural Mechanisms. *Neuroreport*, 12, 2519–2525.

Lamm, C., 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. *Neuro- Image*, 14, 268–283

Leone, G., Taine, M. C. & Droulez, J. (1993). The Influence of Long-Term Practice on Mental Rotation of 3-D Objects. *Cognitive Brain Research*, 1, 241-255.

Liesefeld, H.R. (2012). The *Mental Representation in Mental Rotation: Its Content, Timing, and Neuronal Source.* [Doctoral Thesis, Faculties of Saarland University]. Https://Publikationen.Sulb.Unisaarland.De/Bitstream/20.500.11880/23409/1/Diss_Liesefeld_Scidok.Pdf

Parsons, L. M. (1994). Temporal and Kinematic Properties of Motor Behavior Reflected in Mentally Simulated Action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*, 709–730

Parsons, L. M., Fox, P. T., Downs, J. H., Glass, T., Hirsch, T. B., & Martin, C. G., Et Al. (1995). Use of Implicit Motor Imagery for Visual Shape Discrimination as Revealed by PET. Nature, 375, 54–58

Peters, M., Lehmann, W., Takaira, S., Takeuchi, Y. & Jordan, K. (2006). Mental Rotation Test Performance in Four Cross-Cultural Samples (N=3367): Overall Sex Differences and the Role of Academic Program in Performance. *Cortex*, *42*:1005–1014

Petit, L. S., Pegna, A. J., Mayer, E. & Hauert, C. A. (2003). Representation of Anatomical Constraints in Motor Imagery: Mental Rotation of a Body Segment, *Brain and Cognition*, 51, 1, 95-101.

Prinz, W. (2005). An Ideomotor Approach to Imitation. in S. Hurley, N. Chater (Eds.), *Perspectives on Imitation: from* Neuroscience to Social Science, 1, 141-156.

Rolfm, U., Gerhard, R. & Jeff, M. (1998). Effects of Stimulus Duration and Intensity on Simple Reaction Time and Response Force. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 24, 3, 915-928.

Saimpont, A., Pozzo, T. & Papaxanthis, C. (2009). Aging Affects the Mental Rotation of Left and Right Hands. *Plos ONE. 4*(8): E6714.

Schwartz, D. L. & Holton, D. L. (2000). Tool Use and the Effect of Action on the Imagination. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 26*:1655–1665

Seepanomwan K., Caligiore D., Baldassarre G., Cangelosi A. (2013). Modeling Mental Rotation in Cognitive Robots. *Adaptive Behavior*, 21(4), 299 - 312

Sekiyama, K. (1982). Kinesthetic Aspects of Mental Representations in the Identification of Left and Right Hands. *Perception & Psychophysics, 32*:89–95

Shea, C. H., Krampitz, J. B., Tolson, H., Ashby, A. A., Howard, R. M & Husak, W. S. (1981). Stimulus Velocity, Duration and Uncertainty as Determiners of Response Structure and Timing Accuracy. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 52:1, 86-99.

Shepard, R. N. & Metzler, J., (1971). Mental Rotation of Three Dimensional Objects, *Science, 171*, 701-703

Steiger, J. & Yuille, J. (1983). Long-Term Memory and Mental Rotation. *Canadian Journal of Psychology*, 37, 367-389.

Taragin, D., Tzuriel, D. & Vakil, E. (2019). Mental Rotation: The Effects of Processing Strategy, Gender and Task Characteristics on Children's Accuracy, Reaction Time and Eye Movements' Pattern. *J Eye Mov Res*, 6;12(8).

Tarr, M. J., & Pinker, S. (1989). Mental Rotation and Orientation-Dependence in Shape Recognition. *Cognitive Psychology, 21*, 233-282

Ter Horst, A. C., Van Lier, R. & Steenbergen, B. (2010). Mental Rotation Task of Hands: Differential Influence Number of Rotational Axes. *Exp Brain Res, 203*: 347–354

Tomasino, B. & Gremese, M. (2015). Effects of Stimulus Type and Strategy on Mental Rotation Network: An Activation Likelihood Estimation Meta-Analysis. *Front Hum Neurosci*, 9:693.

Vingerhoets, G., Santens, P., Van Laere, K., Lahorte, P., Dierckx, R. A., & De Reuck, J. (2001). Regional Brain Activity During Different Paradigms of Mental Rotation in Healthy Volunteers: A Positron Emission Tomography Study. Neuroimage, 13, 381–391

Wexler, M., Kosslyn S. M. & Berthoz, A. (1998). Motor Processes in Mental Rotation. *Cognition, 68*, 77-94.

Wiedenbauer, G., Schmid, J. & Jansen-Osmann, P. (2007). Manual Training of Mental Rotation. *European Journal of Cognitive Psychology.19* (1), 17-36

Wiedenbauer, G. & Jansen-Osmann, P. (2008). Manual Training of Mental Rotation in Children. *Learning and Instruction. 18*, 30-41

Wohlschlager, A. (2001). Mental Object Rotation and the Planning of Hand Movements. *Perception & Psychophysics. 63* (4), 709-718

Wohlschlager, A. & Wohlschlager, A. (1998). Mental and Manual Rotation. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance.* 2:397–412

Wraga, M., Thompson, W. L., Alpert, N. M. & Kosslyn, S. M. (2003). Implicit Transfer of Motor Strategies in Mental Rotation. *Brain and Cognition. 52*, 135–143.

Xue, J., Li, C., Quan, C. Lu, Y., Yue, J. & Zhang, C. (2017). Uncovering the Cognitive Processes Underlying Mental Rotation: An Eye-Movement Study. *Scientific Reports*, 7, 10076.

Effect of Motor Representation and duration of stimuli on the Mental Rotation Accuracy

Said Ramadan Khodier

Assistant Professor of Experimental Psychology

Department of Psychology - Faculty of Arts - Beni Suef University

Summary:

Based on the assumption that mental and actual rotation of stimuli shares the basic processes that are believed to control the dynamics of both the imagery and the actual rotation that are performed, the current research aims to know the role of motor representation in the mental rotation process. The experiment was conducted on a sample of Beni Suef University students, relying in the design of the experiment on the Shepherd-Metzler model of the mental rotation task, which was designed on the computerized program E-Prime. According to this research, two experiments were conducted: the first of which asked the participants to perform the mental rotation experiment described in (Khodier, 2022). In the second experiment, participants asked to perform the previous mental rotation experiment in addition to performing a movement rotation using a pen that was drawn on a paper provided to them according to the imagery direction of rotation. The results indicated that there was no significant effect between the two experiments in the accuracy of mental rotation, while there were significant differences between the presentation durations of the stimuli used in the rotation. The rotation accuracy was better in both experiments when the stimulus presentation duration was (250ms) compared to the presentation duration (750ms). There was also an indication of the interaction between the difference in experience (motor representation - no motor representation) and the difference in presentation duration (250ms - 750ms), showing that there is a role for motor representation in the process of mental rotation.

Keywords: Mental Rotation - Motor Rotation - Motor Representation - Shepherd-Metzler - Response Accuracy