الفروق بين الجنسين في نشاط المناطق الدماغية في أثناء أداء المهام المفردة والتبديل بين المهام المتعددة

سمر علي عبد الظاهر حسن (*)

ملخص

استهدفت الدراسة الحالية الكشف عن الفروق بين الجنسين في نسبة نشاط المناطق الدماغية التي يحدثها استقبال ومعالجة وتنفيذ التنبيهات (السمعية، والبصرية) المقدمة كمهام مفردة ومهام متعددة، تكونت عينة المسح العصبي من (١٢) مشاركًا (٧ من الإناث، و٥ من الذكور) أيامن اليد بمتوسط عمري (٢٤.٥٨) وانحراف معياري (٤.٣١٦)، وروعي في انتقاء المشاركين سلامة حاسة السمع والبصر وعدم الإصابة بأي أمراض عصبية أو اضطرابات نفسية، والرغبة في المشاركة فضلًا عن عدم وجود أي موانع تعيق عمل الفحص بالرنين المغناطيسي الوظيفي. وتوصلت النتائج إلى أن نسبة نشاط المناطق الدماغية في المهمة السمعية أعلى لدى الإناث مقارنة بالذكور، فضلًا عن نشاط منطقة الفص الجداري العلوي الأيمن والأيسر في المهمة السمعية المفردة بشكل أكبر لديهن، بالإضافة إلى أنه لوحظ نسبة نشاط أعلى لدى الذكور في أثناء التبديل بين المهام مقارنة بالإناث، كذلك
نشاط منطقتي التلفيف الصدغي العلوي، والفص القذالي الأيمن والأيسر، وعدم وجود فروق بين متوسطات أداء العينة في نسبة نشاط المناطق الدماغية في النماذج الثلاثة للمهام.

الكلمات المفتاحية: المهام المفردة-المهام المتعددة-نشاط الدماغ

(*) هذا البحث مستل من رسالة الماجستير الخاصة بالباحثة، وهي بعنوان:]تأثير نوع المدخل الحسي في أداء الراشدين من الجنسين للمهام المفردة وكفاءة التبديل بين المهام المتعددة[، تحت إشراف أ.د. سنية جمال عبد الحميد - كلية الآداب- جامعة سوهاج، ود. أحمد محمود موسى -كلية الآداب -جامعة سوهاج، ود. مينا العريان يوسف، كلية الطب-جامعة عين شمس.

Sex differences in brain activity during single task performance and switching among multiple tasks

Samar Ali Abd Elzaher

Abstract

The present study aims to determine the effect differences between both sexes in brain activity of receiving, processing and performance (auditory and visual) stimuli presented as single and multiple tasks. The neuroimaging sample comprised (12) right-handed participants (7 females and 5 males) with a mean age of (24.58) and a standard deviation of (4.316). The inclusion criteria were the integrity of auditory and visual functions, free from neurological diseases or psychological disorders, the willingness to participate, and the lack of obstacles to conducting functional magnetic resonance imaging in the neuroimaging sample. The results revealed that the brain areas in the auditory tasks were more active among the females, and the activity of the right and left superior parietal lobes in the single auditory tasks in favor of the females, but the males outperformed in switching among multiple tasks, there were statistically significant differences between males and females in switching among multiple tasks in the superior temporal gyrus and right and left occipital lobes, favoring the males, and there were no differences between the sample's averages in brain activity in the three task models.

Key words: brain activity- single task- multiple tasks

مُقدمة

تُعد الحواس أداة الوصل بين عالمنا الداخلي والخارجي فهي تلك الأجهزة التي تُترجم المعلومات الواصلة إليها من البيئة إلى أنشطة عصبية تعمل على توصيلها إلى مراكزها النوعية في الدماغ، وتتميز أعضاء الحس بالنوعية والتخصص؛ أي أن كل منها مُختص بنوع معين من الطاقة(عبدالقوي،٢٠١٧، ١٣١). وتكون هذه الأعضاء الحسية في حالة يقظة حتى في أثناء النوم وتُمثل القدرة على الاتصال المباشر مع العالم الخارجي خاصية من أعظم الخصائص المستقرة والثابتة لدى الإنسان (سولسو، ٢٠٠٠، ٩٦).

وتَبلغ نسبة المُدخلات الحسية البصرية حوالي ٨٠% من مجموع المدخلات الحسية كلها، وتأتي حاسة السمع في المرتبة الثانية، بينما تُشارك بقية الحواس في النسبة القليلة المُتبقية من نسبة الوارد الحسي (في: موسى،٢٣٨، ٢٠١٥). وذلك لأن نسبة كبيرة من المعلومات التي نجمعها من العالم الذي يعج بالطاقة تُلتقط بالعين والأذن(سولسو،٢٠٠٠، ١٠٣).

ورغم تماثل الإشارات الحسية فإن إدراكها يختلف باختلاف الظروف والخبرة الفردية، وباختلاف البناء النفسي والاجتماعي والثقافي لكل فرد فضلًا عن اختلاف العمر والنوع (الصبوة، القرشي،٢٠١٢، ٢٢٠).

وترتبط المعالجة الحسية بقدرة الدماغ على انتقاء وتنظيم وتفسير المنبهات الحسية الموجودة في البيئة بالكامل وتكاملها معًا، وتُعد المعالجة الحسية عملية فسيولوجية مستمرة ومتواصلة تتم في مختلف الأماكن والأوقات، كما أنها تساعد على اندماج الفرد مع البيئة التي يعيش بها مما يؤدي إلى فهم وإدراك أدق (محمد ،٢٠٢١).

كما أصبح في الوقت الحاضر تعدد المهام منتشرًا على نطاق واسع ومطلوب في كثير من الأنشطة تتمثل في تشغيل الأجهزة الإلكترونية المعقدة، مثل (قيادة السيارة، أو تشغيل القطار، أو الطائرة، أو الغواصة)، بالإضافة إلى وسائط المعلومات والاتصالات مثل: الهواتف الذكية، وأجهزة الكمبيوتر المحمولة، والمكتبية، وهذا يتطلب تعلم مهارات جديدة، والتدريب على أنشطة جديدة، والتعامل مع مصادر المعلومات المتعددة لاتخاذ القرار، ففي حالة تنفيذ أداء المهام المتعددة بشكل سيء ينتج عن ذلك آثار سلبية أما إذا نُفذ بشكل جيد فذلك يُسهم في خفض التكاليف وزيادة الأداء التنظيمي العام(Ahmad et al., 2016).

وتهتم الأبحاث حاليًا بالبحث عن ماهية تعدد المهام، وذلك للكشف عن القدرات المعرفية البشرية أو محددات السعة المعرفية للأدمغة البشرية. حيث يمتلك الدماغ البشري قدرة هائلة لمتابعة مسارات فكرية متعددة متزامنة، لكن هذه السعة أو القدرة لديها محددات عديدة، فالفكر البشري ليس بلا حدود، ومع عصر السرعة في القرن الحادي والعشرين، زادت فرصة القيام بتعدد المهام، ومع ظهور أحدث الأجهزة الإلكترونية للتصوير العصبي أُثيرت عديد من التساؤلات حول ما الذي يحدث في الدماغ البشري عند محاولته القيام بمعالجة أكثر من معلومة (Just & Buchweitz ,2014).

وترجع أولى المحاولات للتحقق أو فحص التبديل بين المهام باستخدام التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي إلى دراسات " دوف وآخرين" (2000) Dove et al. ، و"كمبرج وآخرين" (2000) Kimberg et al. حيث بدأت أبحاث التصوير العصبي للدماغ في التبديل بين المهام على أساس فرضية تشريحية عصبية تستند إلى البحث العصبي للضبط المعرفي، وباستخدام الاختبارات النفسية العصبية مثل اختبار ويسكونسن والتي أظهرت أن المصابين بأضرار في الفص الجبهي بشكل خاص في القشرة قبل الجبهية الجانبية the lateral prefrontal cortex لديهم صعوبة في المرونة المعرفية، وقد حاولت الأبحاث المبكرة بالتصوير العصبي للتبديل بين المهام فحص النشاط في القشرة قبل الجبهية والتي كانت أقوي بالنسبة لتجارب التبديل بين المهام مقارنة بتجارب التكرار Kiesel et al., 2022.275). وتتطلب محاولة فهم ومعالجة الإنسان للمعلومات الكشف عما يجري داخل الدماغ بدلًا من التركيز على محاولة فهمها كعملية معرفية مجردة (يوسف، ٢٠١٩).

وتتمثل إسهامات التصوير العصبي في فهم العمليات المعرفية المتضمنة في التبديل بين المهام في الآتي: رسم خرائط دماغية، واكتشاف النشاط التحضيري لقواعد المهام ذات الصلة (في كلٍ من المناطق الجدارية الجبهية، ومناطق دماغية محددة للمهمة) وهذا لا يقتصر فقط على تجارب التبديل، ولكن ظهر أيضًا في تجارب التكرار، كما ساهمت في فصل العمليات ذات الصلة بالهاديات، عن تلك العمليات ذات الصلة بمعالجة الهدف، وكذلك تمكنت من حل الجدل بين حساب إعادة تشكيل قواعد المهام وحساب القصور الذاتي لقواعد المهام الذي كان من الصعب أن يتحقق اعتمادًا على البيانات السلوكية(Kiesel et al., 2022).

وتعد واحدة من أكثر المشكلات التي تواجه علم النفس المعرفي وعلم الأعصاب المعرفي هي شرح وتفسير العمليات العقلية للسلوكيات الإرادية مما يسمح للمصادر الدماغية الانتقاء بمرونة وتحقيق الأهداف المتغيرة (Driver,2000).

مشكلة الدراسة وتساؤلاتها

يمثل كل من زمن الاستجابة والدقة مقياسان ذوو حساسية للتغييرات في مجموعة المهام، إلا أنهما لا يوفران معلومات حول كيفية استعداد الدماغ لهذه التغييرات والاستجابة لها ولمراقبة النشاط القشري المرتبط بالتبديل بين المهام، يجب أن تكون تقنية التصوير العصبي المختارة ذات حساسية للتغييرات التي تحدث على مدى فترات زمنية قصيرة جدًا.(Goffaux et al.,2006) .

واتضح لدى الطالبة في حدود اطلاعها قلة الدراسات الأجنبية في المقارنة بين نسبة نشاط المناطق الدماغية في أداء المهام المفردة السمعية والبصرية والتبديل بين المهام، وندرة الدراسات العربية، وبالإضافة إلى ذلك فمعظم الدراسات ركزت على التنبيهات البصرية في دراسة الفروق بين أداء المهام الثنائية، والتبديل بين المهام، أو المقارنة بين أداء المهام الثنائية، وأداء المهام المفردة.

ومن ثم تستهدف الدراسة الحالية قياس الفروق بين الأفراد في أداء المهام المفردة والتبديل بين المهام المتعددة ذات النوعيات الحسية المختلفة، وذلك من خلال تحديد المناطق الدماغية، ومقارنة نسبة النشاط الدماغي في أثناء أداء المهام المفردة، والتبديل بين المهام المتعددة لدى الراشدين من الجنسين، وذلك باستخدام التصوير العصبي الوظيفي بالرنين المغناطيسي، ومعرفة إذا كانت نسبة النشاط تقل أو تزيد بمعالجة الدماغ للمدخلات الحسية المختلفة.

في ضوء ما سبق أمكن للطالبة صياغة مشكلة الدراسة الحالية في التساؤلات الآتية:

١- هل توجد فروق بين متوسطات أداء عينة المسح العصبي في نسبة نشاط المناطق الدماغية للتصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي تبعًا لنوع المدخل الحسي المقدم (المهام: البصرية، والسمعية، والتبديل بين المهام المختلطة)؟

٢-هل توجد فروق بين نسب نشاط الدماغ لذكور وإناث عينة المسح العصبي تبعًا لنوع المدخل الحسي المقدم (المهام: البصرية، والسمعية، والتبديل بين المهام المختلطة) ؟

٣-هل يمكن تحديد المناطق الدماغية التي تنشط عند أداء كل من المهام البصرية والسمعية والمختلطة طبقًا للتصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي؟

أهداف الدراسة

- الكشف عن تأثير نوع المدخلات الحسية (البصرية- والسمعية-والمختلطة) وتتابع المهام المتعددة على نشاط المناطق الدماغية.

- الكشف عن الفروق الفيزيولوجية بين الذكور والإناث في أداء المهام المفردة، والمهام المتعددة المتتابعة.

- تحديد المناطق العصبية التي تنشط عند أداء كل من المهام المفردة والمتعددة المتتابعة.

- الإحاطة ببعض المعرفة عن كيفية معالجة الدماغ للمهام المفردة والمتعددة وذلك باستخدام التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي.

أهمية الدراسة

الأهمية النظرية

- تُعد الدراسة إضافة للبحوث الفيزيولوجية العربية التي توضح تأثير نوع المدخل الحسي على أداء الراشدين الذكور والإناث للمهام المفردة والتبديل بين المهام المتعددة المتتابعة.

الأهمية التطبيقية

- الاستفادة من نتائج الدراسة الحالية في تصميم برامج وأدوات تستخدم في انتقاء العاملين من الجنسين بالوظائف التي تتطلب أداء مهام مفردة أو متعددة وذلك بعد معرفة الفروق الأدائية والاختلافات الفيزيولوجية.
- تقديم الدراسة لنموذج من المهام المتوافق مع طريقة فحص التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي والذي يتطلب المقارنة بين فترات الراحة والنشاط وتثبيت المدة الزمنية للعرض.

مفاهيم الدراسة والأطر النظرية المفسرة لها

مفهوم المهام المفردة

عرفها قاموس الجمعية النفسية الأمريكية لعلم النفس أنها" نشاط موجه نحو هدف يقوم به الفرد أو مجموعة عندما يكون مثل هذا النشاط موضوع الملاحظة في بيئة تجريبية مثل دراسات اتخاذ القرار، وحل المشكلات وقد يضع الباحث الأهداف ويتحكم فيها، ويُعالج هذه الأهداف، أو التنبيهات، أو الاستجابات المحتملة؛ وبالتالي تتغير معالم المهمة لرصد التعديلات السلوكية"(VandenBos, 2015,1066-1067).

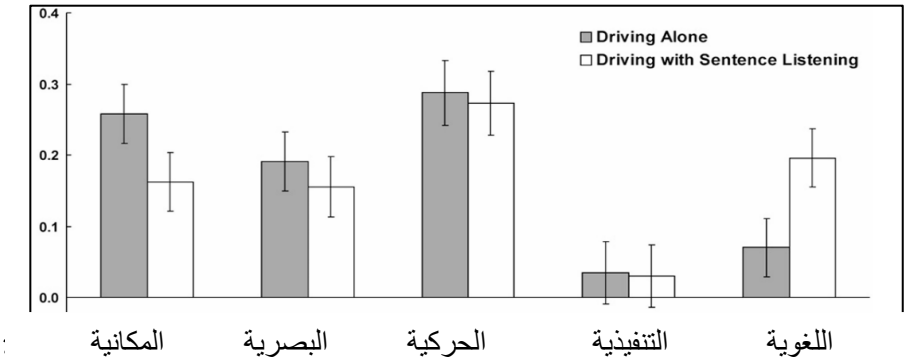
وتعرف المهمة بأنها "مُتطلبًا مَعرفيًا حركيًا مُحددًا موجه لتحقيق هدف المهمة" وتمثل متطلبات المهمة قواعد المهام الذهنية التي تُنفذ عمليات الضبط التي تمكن من التصرف وفقًا للمهمة مما يعني توجيه الانتباه إلى التنبيهات ذات الصلة، وتنفيذ العملية العقلية الصحيحة، وتترجم نتيجة هذه العملية العقلية إلى نشاط حركي (Koch & Kiesel,2022).

الأساس السلوكي والعصبي لأداء المهام المفردة

يختلف النشاط العصبي بالدماغ عند أداء المهام بشكل منفصل مقارنة بأدائها في أثناء التبديل بين المهام أو أداء المهام الثنائية، حيث كشفت نتائج دراسة "جيست وآخرون" just et al. (2008) عن انخفاض النشاط المرتبط بمهمة القيادة في القشرة الجدارية الثنائية عند الاستماع إلى جملة في أثناء أداء مهمة القيادة، وهذا يؤكد افتراض إن معالجة اللغة المنطوقة تؤدي إلى تحويل مصادر الانتباه بعيدًا عن مهمة القيادة ومن ثم يحدث انخفاض في نشاط مناطق الدماغ التي تدعم أداء تلك المهمة، بالإضافة إلى ذلك أظهرت عديد من المناطق الجدارية والقذالية نشاطًا أكبر عند أداء مهمة القيادة بمفردها مقارنة بأداء تلك المهمة بالتزامن مع مهمة الاستماع لجملة منطوقة، كما انخفض نشاط الدماغ في المناطق الدماغية المسئولة عن المعالجة المكانية المرتبطة بمهمة القيادة بنسبة (٣٧%) في المهمة الثنائية مقارنة بالمهمة المفردة، بالإضافة إلى نشاط منخفض بشكل غير دال في المناطق البصرية والحركية والتنفيذية على عكس المناطق اللغوية التي أظهرت نشاطًا ملحوظًا دالًا في المهمة الثنائية.

شكل (١)

نشاط المناطق الدماغية في أثناء أداء الظروف التجريبية



(just et al.,2008)

وفحص "جيست وآخرون" just et al (2001) الفروق في أداء المهام المفردة والمهام الثنائية. وتمثلت المهام في مهمة التدوير العقلي ومهمة فهم الجملة عُرضتا بالتزامن وبشكل منفصل أيضًا، وتوصل إلى أن مجموع النشاط في المناطق الدماغية أقل بشكل دال في المهام الثنائية مقارنة بتنفيذ كل مهمة مفردة، وفسر ذلك في ضوء أنه قد يكون هناك محددات على إجمالي كمية النشاط في مناطق الارتباط والمناطق الحسية، أو ربما توجد آليات بيولوجية تفرض حدًا على كمية الأنسجة القشرية التي يمكن تنشيطها في وقت معين، والتفسير الأخير يتمثل في قدر الاهتمام المحدود والمتاح لتوزيعه على أكثر من مهمة.

وقد قارنت إحدى دراسات التحليل البعدي بين أنظمة الإجهاد الفيزيولوجي في ُأثناء أداء المهام المفردة والثنائية والمتعددة وتمثلت تلك الأنظمة الفيزيولوجية في: الجهاز العصبي السيمبثاوي، والباراسيمبثاوي، والهيبوثالاموس، ومحور الغدة النخامية الكظرية، وكشفت النتائج التحليلية عن نشاط أعلى بشكل ملحوظ للجهاز العصبي السيمبثاوي ونشاط أقل للجهاز العصبي الباراسيمبثاوي في أثناء أداء المهام المتعددة والثنائية مقارنة بالمهام المفردة، كما انخفضت مستويات هرمون الكورتيزول في المهام المفردة وأيضًا في المهام الثنائية ولكن هذا الانخفاض كان أقوى في المهام المفردة مقارنة بالمهام الثنائية (Becker et al.,2023) .

العوامل التي تؤثر في أداء المهام المعرفية

العوامل الفردية: توجد العديد من العوامل التي تؤثر في أداء الفرد للمهام المعرفية: العامل الأول هو ***الممارسة*** التي تجعل الأداء أفضل، وتؤدي إلى حدوث

تغييرات كبيرة في نشاط الدماغ، بالإضافة إلى الممارسة يتمثل العامل الثاني في سعة ***الذاكرة العاملة*** حيث تُعد مؤشرًا على سرعة تعدد المهام، ومعدل الخطأ، ويساعد فهم دور سعة الذاكرة العاملة في أداء المهام المتعددة في تقييم ومعرفة الفروق بين الأفراد، والعامل الثالث هو ***العوامل البيوكيميائية*** التي تؤثر في الأداء المعرفي للمهام.

صعوبة المهمة: بالإضافة إلى العوامل الفردية فإن المهمة نفسها يمكن أن تؤثر في الأداء ويُعرف عبء العمل العقلي بأنه الجهد المبذول في أثناء أداء مهمة معرفية(Camden,2015).

مفهوم المهام المتعددة

تعني المهام المتعددة "أداء الفرد لاثنين أو أكثر من المهام بشكل متزامن ويعتمد مدى نجاح المهمة على درجة توزيع مصادر الانتباه بين المهام التي تُنفذ" (VandenBos, 2015,678).

وأشار "ديلبيرج" Delbridge (2000) إلى أن المهام المتعددة تعني تحقيق أهداف متعددة خلال فترة زمنية معينة من خلال المشاركة في التبديل المتكرر بين المهام الفردية (In:Dzubak, 2008).

مفهوم التبديل بين المهام

يعني مصطلح التبديل بين المهام انتقال المشارك بين اثنين أو أكثر من المهام وفقًا لجدول منظم من المواقف التجريبية، وتتمثل النتيجة المعتادة في أن الاستجابات تكون أبطأ عند التبديل بين المهام مما يحدث عندما تتكرر المهمة نفسها(VandenBos, 2015,1067) .

ويعرف "أوبيرير وآخرون"(Oberauer et al. (2003 التبديل بين المهام " بأنه أحد المهام التنفيذية النموذجية لأنه عملية انتباهية إشرافية يجب أن تمنع مخطط الإجراء الأكثر نشاطًا (أي مجموعة المهام المستخدمة سابقًا) وتعمل على تحديد مخطط أخر بدلًا من ذلك.

الأساس العصبي لعملية التبديل بين المهام

تتمثل فرضية التبديل بين المهام في وجود مهمتين على الأقل للتبديل بينهما، والذي يفترض أن تنفيذهما يكون عن طريق تغيير مجموعات المهام العصبية الأساسية للمهام الفردية (Wang, 2020).

ويعد التبديل بين المهام أحد أكثر النماذج السلوكية استخدامًا لدراسة وتقييم المرونة المعرفية التي تمثل القدرة العقلية للتبديل بين المعتقدات والقواعد والاستجابات المختلفة. ويكشف فهم الآليات العصبية للتبديل بين المهام عن الكيفية التي يعمل بها الدماغ لتنفيذ الوظيفة المعرفية بمرونة وسرعة (Wu, 2020).

ويتطلب التبديل بين المهام شبكة من المناطق الدماغية لاختيار قواعد المهام المناسبة، وتنفيذها، والحفاظ عليها، ويمكن الكشف عن ذلك من خلال قياس، وفحص نسبة الأكسجين بالدم في القشرة الجبهية، والجدارية، وتعتبر الارتباطات العصبية لقواعد المهام نشاطًا عصبيًا خاصًا بالمهمة، ويرتبط نشاط الفص الجبهي بإعداد قواعد المهام المقصودة، والموجهة للاستجابة، بينما يرتبط نشاط الفص الجداري بإعداد قواعد المهام المقصودة والموجهة للمثيرات أو التنبيهات، وتزداد المعالجة في هذه المناطق، ويتضح ذلك في زيادة التنشيط، وذلك يعكس تشكيل أو تكوين قواعد المهام والحفاظ على قواعد المهام الجديدة، وقد يظهر التداخل من قواعد المهام السابقة كنشاط خاص بالمهمة ويستمر في تجارب التبديل على مستوى الدماغ بالكامل، وقد تتنافس معالجة المهمة السابقة مع التحضير للمهمة الجديدة، وكشفت دراسات التصوير عن شبكة من المناطق الجبهية والجدارية والتي تكون أكثر نشاطًا في تجارب التبديل مقارنة بتجارب التكرار والتي تتضمن قشرة الفص الجبهي الجانبي(the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC ، والقشرة الحزامية الأمامية(anterior cingulate cortex (ACC ، والقشرة الجدارية الخلفية(posterior parietal cortex (PPC (Chan, 2017).

الأساس العصبي لتكلفة التبديل (الروابط العصبية)

يختلف النشاط العصبي الذي يحدث في تجارب التبديل مقارنة بتجارب التكرار، وذلك يعكس الحاجة لإعادة تشكيل قواعد المهمة، أو لزيادة تنافس المهمة في أثناء التبديل حيث إنه عند مشاركة الأفراد في نشاط إعادة تشكيل قواعد المهام ينتج عن ذلك نشاط عصبي أكبر في أثناء التبديل بين المهام مقارنة بتكرارها (Richter & Yeung ,2014).

وقد تكون تكاليف التبديل مرتفعة للغاية في عمليات الضبط المعرفي التي تحتاج إلى نجاح كامل في التبديل السريع بين المهام المختلفة وتعكس تكاليف التبديل المكونات المستمرة للضبط المعرفي مثل زيادة نشاط متطلبات الحفاظ المرتبطة بقواعد المهام ذات الصلة ذات المستويات العليا أو الاندماج في عمليات المراقبة

الانتباهية لزيادة الحساسية للإشارات البيئية التي تشير إلى تغييرات المهام، في المقابل قد تؤدي تكاليف التبديل إلى فهرسة المزيد من عمليات الضبط العابرة المرتبطة بتبديل المهام مثل إعادة تشكيل أو تحديث الأهداف أو ربط إشارات المهمة بتعيينات التحفيز والاستجابة المناسبة (Braver et al., 2003).

التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي

تعمل هذه التقنية على تصوير نشاط الدماغ في أثناء قيامه ببعض الوظائف (عبدالقوى،٢٠١٧) حيث يُسَجَل مستوى الأكسجين في الدم المعتمد على تغييرات الإشارة المرتبطة بنشاط الخلايا العصبية في الدماغ بأكمله بدقة مكانية عالية (Weiskopf et al.,2007). يُعد تغير مستوى الأكسجين في الدم مؤشرًا غير مباشر على النشاط العصبي، إذ يعكس التغيرات في تدفق الدم واستهلاك الطاقة.". وتحدث المقارنة بين فترات نشاط الدماغ في أثناء أداء المهمة، وفترات الراحة ذلك التحول يصف تحولات النشاط الوظيفي(Soares et al.,2016) ، ويعتمد التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي على ملاحظة التغييرات في السلوك ومتطلبات المهمة المعرفية اللذان يؤديا إلى تغيرات في النشاط العصبي، وترتبط التغيرات في النشاط العصبي ارتباطًا وثيقًا بالتغييرات في خصائص الدم، والتي يُشار إليها باسم (الاستجابة الديناميكية الدموية) ويقيس التصوير العصبي خاصية ذات صلة بالتغييرات في مستوى الأكسجين، وعند استخدام التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي يتم التقاط وأخذ صور للدماغ بشكل متكرر وبالتسلسل، وبعد ذلك تتراوح الإجراءات الإحصائية من المقارنات المباشرة بين حالات المهام، إلى قياسات وتقييمات أكثر تفصيلًا للتفاعلات والارتباطات بين المهام حتى يتمكن من تحديد تلك المناطق التي من غير المرجح أن يحدث فيها النشاط عن طريق الصدفة (Cabeza & Kingstone ,2006).

المقارنة بين تقديم المهام في جلسات التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي، وجلسات التدريب السلوكي

- جلسات التصوير الوظيفي لا تقدم للمشاركين أي ملاحظات عن الأداء وذلك على عكس جلسات التدريب السلوكي.

- يُقدم عدد قليل من التجارب خلال جلسة التصوير الوظيفي، وذلك بسبب الوقت المحدد الذي يقضيه المشاركون داخل جهاز الرنين المغناطيسي.

- تستخدم لوحة استجابة في جلسات التصوير بينما تستخدم لوحة مفاتيح الحاسوب في جلسات التدريب السلوكي.
- تستخدم شاشة الحاسوب في جلسات التدريب السلوكي بينما تستخدم نظارات بداخل جهاز الرنين المغناطيسي(Erickson et al.,2007) .

النماذج والنظريات المفسرة لمفاهيم الدراسة

تتمثل الاختلافات الأساسية بين نظريات التبديل بين المهام في التفسيرات المتعلقة بتشكيل قواعد المهام وكيفية التعامل مع تحديات تعدد المهام (Wang, 2020).

نظرية الاستخدام الشقي

يتم التنسيق بين شقي المخ في الأداء من خلال الجسم الجاسئ الذي يتكون من أكثر من ٢٠٠ مليون ليف عصبي وعلى الرغم من وجود مسارات عصبية أخرى تنقل المعلومات إلا أنه يسمح بتبادل أغلبية المعلومات بين الشقين. والتفاعل بين شقي المخ لا يؤثر فقط في مُعالجة المُدخل الحسي، ولكن أيضًا يُعدل من سعة المعالجة. كما تشير أيضًا هذه النظرية إلى أن الأداء يكون أفضل عندما تنقسم العمليات على شقي المخ بدلاً من قيام الشق نفسه بكلا المهمتين. وُوجِد أن قدرة التفاعل بين شقي المخ لتسهيل الأداء يزداد كتعقيد حسابي للمهمة والذي يمثل عدد وطبيعة الخطوات المشاركة. كما أن المشاركة الثنائية بين الشقين تؤدي إلى تعزيز الأداء في ظل ظروف عالية الطلب أو مهام شديدة التعقيد أو الصعوبة Banich, (1998). وتعتمد هذه النظرية على فكرة التفاعل بين شقي المخ ففي ظل المهام الصعبة وانخفاض قدرة الموارد العصبية بأحد الشقين على المعالجة، تتوزع المعالجة على الشقين، وهو ما يتطلب أن تكون المعالجة في كلا الشقين شديدة التنسيق وتفترض أن ذلك ينعكس في زيادة الاتصال بينهما (Stephan et al., 2007).

نظرية المصادر المتعددة

هي نظرية لتفسير أداء الفرد للمهام المتعددة، وتكمن أهمية مفهوم المصادر المتعددة في القدرة على التنبؤ بمستويات تداخل المهام الثنائية التي يتم تنفيذها بشكل متزامن لتكون متسقة مع الآليات الفيزيولوجية الكامنة وراء أداء المهمة، ولتفسير التباين في تداخل المهام الذي لا يمكن تفسيره بسهولة من خلال نماذج أبسط لمعالجة المعلومات البشرية، مثل نظرية عنق الزجاجة أو نظرية التصفية. وتشير

كلمة المصادر إلى أي شيء محدود وقابل للتخصص، أما مفهوم المتعدد يشير إلى المعالجة المستقلة أو المنفصلة نسبيًا.

ويرجع أصل نظرية المصادر المتعددة إلى مفهوم عنق الزجاجة الأحادي في معالجة المعلومات البشرية والذي يحد القدرة على الأداء لمهمتين بشكل متزامن بنفس السرعة وبفعالية كما لو تم تأديتهم بشكل منفصل؛ فتقسيم الوقت بين مهمتين يكون أكثر فعالية في حالة استخدام المهمتين بنية منفصلة مما لو استخدمت بنيات مشتركة، حيث إن أداء المهام الثنائية يكون أبطأ عند استخدام المصدر نفسه (فعلي سبيل المثال قيادة الدراجة بالتزامن مع سماع الفرد إلى مجموعة من التعليمات تكون أكثر فعالية من القيادة بالتزامن مع قراءة مجموعة التعليمات نفسها (Wickens, 2002).

نظرية الذاكرة لأجل الهدف

عندما يخطط الأفراد للقيام بمهمة معينة أو عندما يتفاعلون مع الحالات الطارئة أو الانقطاعات التي تحصل في أثناء القيام بالمهام هناك عملية مرتبطة بهذا الجانب وهي الإدارة المعرفية للأهداف، تُعرِف النظرية الهدف بأنه" تمثيل معرفي لقصد معين لإنجاز مهمة أو القيام ببعض الأنشطة الذهنية أو الجسمية" وتفترض النظرية أن القيام ببدء مهمة جديدة يتطلب تقوية أهداف تلك المهمة في الذاكرة لدرجة أن تنشيطها يرتفع عن الأهداف الأخرى، وتفسر النظرية تعدد المهام من خلال عملية تنشيط الهدف، والتنشيط هو العملية التي تصبح فيها الأهداف محور التركيز والانتباه بحيث يصبح الهدف الجديد أو الهدف الذي تم تنشيطه حديثًا هو الهدف الذي يوجه السلوك في حين يتم تأجيل الأهداف القديمة (Altmann & Trafton, 2002).

نموذج الانتباه إلى الفعل:Attention-to-Action Model

قدم هذا النموذج "نورمان وشاليس" (١٩٨٦) وهو يتكون من ثلاثة مكونات فرعية هي: مخططات الفعل وجدولة التنافس بين المهام والنظام الانتباهي الإشرافي. وتعرف مخططات الفعل بأنها صيغ أو أساليب متكررة لأداء الفرد مهام تتضمن المهارات أو المهام المعرفية الإدراكية والحركية التي اكتسبت بشكل جيد، ويشمل كل مخطط فعل درجة حالية من النشاط الذي يزيد عند ظهور تنبيهات إدراكية محددة، أو مخرجات ذات صلة بمخططات أخرى، بالإضافة إلى ذلك قد تنشط مخططات متعددة متزامنة بواسطة منبهات مختلفة، وقد يحدث صراع ينتج

عنه خطأ إذا تطلبت المنبهات استجابات مشتركة مثل: (الكتابة على لوحة المفاتيح والرد على الموبايل بشكل متزامن)، ولحل هذا الصراع يستخدم نموذج الانتباه إلى الفعل جدولة التنافس وبالتالي تسمح جدولة التنافس بين المهام بتقييم الهاديات البيئية وأولوية المهمة، ورغم ذلك هذه العملية لا تكون دائمًا كافية للتعامل مع الصراعات التي تحدث في حالة حدوث مهام جديدة وسلوكيات معقدة. وبناءً على ذلك فإن النظام الانتباهي الإشرافي يوجه السلوك ببطء ومرونة ووعي، ومن ثم يساعد في تنظيم الأفعال المعقدة وأداء المهام الجديدة عن طريق التنشيط الانتقائي أو منع مُخططات الفعل. ومن المتوقع أن النظام الانتباهي الإشرافي يؤدي دورًا مهمًا حاسمًا أثناء التبديل بين المهام غير المألوفة وغير المتوافقة والتي تؤدى معًا على نحو غير عادي، كما يُفسر النموذج الإخفاقات أو العجز في الأداء الذي يحدث أثناء أداء الأحداث اليومية مما يوضح الاضطرابات السلوكية لدى المرضى المصابين باضطراب الفص الجبهي.

نموذج الفص الجبهي التنفيذي:Frontal-Lobe Executive Model

قدم هذا النموذج "دانكان"(١٩٨٦) وهو يتضمن فروضًا مشابهة لنموذج الانتباه إلى الفعل ويشمل هذا النموذج ثلاثة مكونات رئيسية تتمثل في: قوائم الهدف- وإجراءات تحليل الوسائل- الأهداف وأبنية الفعل.

قوائم الهدف: وهي تمثل حالة الفرد الراهنة الموجهة نحو الهدف ذو الأولوية.

إجراءات تحليل الوسائل -الأهداف: تشبه إجراءات النظام الانتباهي الإشرافي وتحديث المحتويات وترتيب الأهداف في الذاكرة العاملة، ويُفسر بشكل جيد الإنجاز مع مرور الوقت، وبالإضافة إلى ذلك فإن أبنية الفعل لنموذج الفص الجبهي التنفيذي تكمل هذه الوظائف، حيث تُشكل مخزونًا كبيرًا للمعرفة الإجرائية لتوجيه الهدف مباشرة، وتشير هذه القواعد إلى التنبيهات الإدراكية والأهداف.

أبنية الفعل: المكونة لهذه القواعد مماثلة وظيفيًا لمخططات الفعل في نموذج الانتباه إلى الفعل وبالتالي تبعًا لنموذج "دانكان" (١٩٨٦) فإن قوائم الهدف وتحليل الأهداف -الوسائل تُنفذ بشكل أو بطريقة أولية في مناطق الفص الجبهي.

كما يشير نموذج الفص الجبهي التنفيذي إلى أن العطب في مناطق محددة من الفص الجبهي للدماغ ربما يُعيق أو يُعطل قدرة الإنسان على مواصلة وتتبع أهدافه، ومن ثم تنخفض كفاءته على التخطيط وأداء المهام المتعددة (Rubinstein et al., 2001). كما أن التدريب يمكن أن يعمل على خفض التداخل في أداء المهام

المتعددة، ولكنه من غير المعروف كيف يُمَكِن التدريب المخ من حل مشكلة المهام المتعددة، فمن المحتمل تدخل القشرة الأمامية الجبهية، يحدث ذلك زيادة سرعة معالجة المعلومات في تلك المنطقة الدماغية، وبالتالي تسمح للمهام المتعددة أن تُعَالَج في تتابع أسرع(Dux et al.,2009).

نماذج التبديل بين المهام

ظهرت عدة نماذج أو إجراءات لدراسة التبديل بين المهام اختلفت تلك النماذج في تحديد كيفية أداء المهمة، ويؤدي المشارك في كل النماذج اثنين أو أكثر من المهام وتتضمن المهام أرقام، أو حروف، أو كلمات، أو كائنات أخرى، حيث تقدم كمهام متعددة وتختلف المهام عن بعضها البعض في عدة جوانب تتمثل في الآتي:

- الجوانب الإدراكية للتنبيهات التي يجب الاهتمام بها لتصنيف المنبه
- الأبعاد التي يتم التصنيف على أساسها
- تعيين المنبه- الاستجابة
- نمط أو نوعية الاستجابة (Arrington& Logan,2005).

نموذج التبديل المقترن بهاديات الانتقال The transition-cuing paradigm:

قدم هذا النموذج" فورستمان وآخرون" (٢٠٠٧) .Forstmann et al حيث تُقدم وفقًا لهذا النموذج الهاديات التي تشير إلى المهمة القادمة مع الإشارة إلى المهمة السابقة، وبالتالي لتفعيل مجموعة المهام الحالية يحتاج المشاركون إلى تذكر هوية المهمة السابقة ودمج المعلومات المحفوظة بالذاكرة مع معنى الإشارة الحالية لتحديد المهمة المطلوبة، وتمثلت النماذج الأربعة لتقديم المهام والهاديات في الآتي:

أ-هادية التكرار- التكرار (تقدم المهام بالتسلسل: أ أ أ).

ب-هادية التبديل-التبديل (تقدم المهام بالتسلسل: أ ب أ).

ج-هادية التكرار-التبديل (تقدم المهام بالتسلسل: ب ب أ).

د-هادية التبديل-التكرار (تقدم المهام بالتسلسل: ب أ أ) (٢٠٠٧., Forstmann et al)، وبالتالي يسمح النموذج بفحص أكثر احتمالية لمستوى عالٍ من الضبط في أثناء العملية أي أن الهاديات المستخدمة في حد ذاتها ليست مرتبطة بمهمة واحدة معينة ولكنها مرتبطة بمتطلبات الانتقال، ومن ثم فإن الهاديات تشير إلى السلوك المطلوب(Grange& Houghton,2014) .

إجراء نطاق أو مدى المهمة: The task -span procedure

قدم هذه النموذج "لوجان" (2004) Logan وهو يتضمن عدد المهام التي يمكن تنفيذها بشكل صحيح ومنظم، ويتضمن إجراء نطاق المهمة عديد من العمليات التنفيذية التي تشكل أساس الأداء، وحين اختبره "لوجان" قدم للمشاركين ثلاثة مهام تمثلت في: تحديد الرقم إذا كان أكبر أو أصغر من (٥)، وتحديد إذا كان الرقم فردي أو زوجي، والحكم على الرقم المقدم عدد أم كلمة، وتضمنت الأرقام كأعداد (١-٢-٣-٤-٦-٧-٨-٩)، وتضمنت الأرقام ككلمات (واحد، اثنان، ثلاثة، أربعة، خمسة، ستة، سبعة، ثمانية، تسعة)، وتختلف كل مهمة عن المهمة التي تسبقها أو تليها ويتضمن هذا الإجراء قياس متغيري الدقة وزمن الرجع وتتمثل شروط الأداء الصحيح في : أ) استدعاء اسم المهمة المناسب للمنبه الحالي، ب) استخدام مجموعة المهام المناسبة، ج) التنفيذ الصحيح استجابة للمنبه الهدف، ويفترض النموذج أن زمن الرجع يمثل مجموع الأوقات اللازمة لاستدعاء أسماء المهام، والعمليات التنفيذية المتضمنة في التبديل بين المهام، والعمليات الثانوية المتضمنة في أداء المهام، وهذا يرتبط بنظريات الذاكرة العاملة ونظريات التبديل بين المهام (Logan,2004). ويتطلب هذا الإجراء الضبط المعرفي حيث يجب على المشارك الوصول إلى عناصر الذاكرة لاستدعاء اسم المهمة الصحيح في التجربة الحالية وكذلك تنفيذ التبديل بين المهام إذا تطلب الأمر(Grange& Houghton,2014).

نموذج تبديل المهمة الطوعي: Voluntary task switching (VTS)

يشار إلى هذا النموذج بنموذج التبديل بين المهام طواعية، وذلك لأن المشارك يقرر بذاته متى ينتقل إلى المهمة التالية(Wasylyshyn ,2007). وفي هذا النموذج لا تقدم أي هاديات للمشاركين (وذلك يقلل من آثار مشكلة تبديل الهادية) ويجب على المشاركين وفقًا لهذا النموذج أن يختار أي من المهمتين يؤديها، أو التبديل بين مهمتين أو أكثر بطريقة عشوائية. حيث ينتقل المشارك في بعض التجارب من مهمة إلى مهمة أخرى مشابهة (تجارب التكرار)، وفي بعض التجارب الأخرى ينتقل المشارك من مهمة إلى مهمة أخرى مختلفة (تجارب التبديل) وتكون الاستجابات منفصلة بالنسبة للمهمتين على سبيل المثال: الاستجابة باليد اليسرى بالضغط على حرف (د ، و ف) في حالة تنفيذ المهمة[أ] والاستجابة باليد اليمنى بالضغط على مفتاح (ك، و ج) في حالة المهمة[ب] ويكون الباحث قادر على أن

يحدد بسهولة أي من المهام قام المشارك بتنفيذها، ويتطلب اختيار المهمة الضبط المعرفي ويكشف نموذج تبديل المهمة الإرادي عن عمليات الضبط المعرفي في أثناء الأداء، وتتمثل المتغيرات التابعة وفقًا لهذا النموذج في زمن الرجع ومعدلات الأخطاء وذلك بالنسبة لتكرار المهام أو التبديل بينها (Grange& Houghton,2014).

الدراسات السابقة

استهدفت دراسة "بورجيس وآخرين" Burgess et al. (2000) الكشف عن الروابط المعرفية والعصبية المتضمنة في أداء المهام المتعددة. تكونت الدراسة من مجموعتين إحداهما تجريبية اشتملت على (٦٠) مشاركًا ممن لديهم إصابات مخية محددة، ومجموعة ضابطة اشتملت على (٦٠) مشاركًا من العاديين. توصلت النتائج إلى أن الأفراد الذين يعانون من إصابات مخية بالقشرة الحزامية الخلفية بالشق الأيسر وكذلك مناطق أخرى بالدماغ لديهم صعوبات على كل المقاييس(مهمة التعلم، والتذكر، ومتابعة الخطة، وتذكر الفرد لرد فعله بالمواقف التي تتطلب مهام متعددة)، باستثناء التخطيط، أما الأشخاص الذين لديهم إصابات بالقشرة الحزامية الأمامية فتأثرت لديهم مهمة التذكر، وحدث لديهم فشل في التبديل وكسر القواعد، وأشارت النتائج إلى أن هناك ثلاثة أبنية تدعم المهام المتعددة (الذاكرة بأثر رجعي، والذاكرة المستقبلية، والتخطيط) وكشفت النتائج أيضًا عن أن القشرة الحزامية الأمامية والخلفية والقشرة الجبهية الجانبية الظهرية اليمنى تؤديا دورًا في الذاكرة بأثر رجعي، بينما الذاكرة المستقبلية والتخطيط يتطلبا دعم المناطق ٨-٩-١٠ من مناطق برودمان بالشق الأيسر.

وحاولت دراسة "دوف وآخرين" Dove et al. (2000) تحديد المناطق الدماغية التي تنشط في أثناء عملية التبديل بين المهام، وكذلك التحقق مما إذا كانت المناطق التي تنشط في التبديل بين المهام ذاتها تنشط في أثناء تكرار المهام، أم أن نشاط تلك المناطق يقتصر على التبديل فقط، وأيضا هدفت إلى التحقق من مشاركة القشرة الجبهية في تنفيذ تلك العملية باستخدام التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي. تكونت عينة الدراسة من (١٦) مشاركًا، تراوحت أعمارهم من (٢١-٢٩) عامًا، وقُدمت موافقة كتابية من قبل المشاركين، وتكون نموذج المهام من المهمة الأساسية والتي تمثلت في ظهور علامتين (-) و(+) في منتصف الشاشة ويُوجَه المشاركون بالضغط على المفتاح الأيسر عندما تكون العلامة (+)،

والمفتاح الأيمن عند ظهور علامة (-) وذلك باستخدام إصبعي السبابة، والوسطى باليد اليمنى، أما في مهمة التبديل فيتغير لون العلامة إلى اللون الأحمر، وتُعكَس طريقة الاستجابة كالآتي (المفتاح الأيسر عند ظهور علامة -، والمفتاح الأيمن عند ظهور علامة +). قدمت المنبهات لمدة (١٠٠٠) مللي ثانية مع فاصل زمني مدته (١٥٠٠٠) مللي ثانية تمثل في ظهور مربع التثبيت، وقُدمت (١٢٥) تجربة أساسية، و (٢٠) تجربة غير متوقعه للتبديل، وقد توصلت النتائج إلى نشاط القشرة قبل الجبهية، والقشرة الحركية، والتلم داخل الجداري، والثلاموس والقشرة الحزامية الخلفية، والطليعة، والفص الجزيري الأمامي، كما لوحظ أن هذه المناطق تنشط في ظرف تكرار المهام، وأظهرت نشاطًا أعلى في ظرف التبديل بين المهام وهذا يؤكد أن عملية التبديل ترتبط بنشاط شبكة عصبية تتكون من عدة مناطق دماغية.

وقارن "دراهير وجرافمان" Dreher & Grafman (2003) بين أداء المهام المتزامنة والتبديل بين المهام باستخدام التصوير العصبي الوظيفي بالرنين المغناطيسي، وتكونت عينة الدراسة من (٨) مشاركين تراوحت أعمارهم من(٢٠-٣١)عامًا، من أيامن اليد. تمثلت المهام المقدمة في التمييز بين الحروف إذا كان ساكنًا أو متحركًا أو لون الحرف إذا كان أحمرًا أو أخضرًا، أو إذا كان الحرف كبيرًا أو صغيرًا وكشفت النتائج عن نشاط شبكة جبهية جدارية عند أداء مهمتين بالتتابع أو بالتزامن، وهذه الشبكة لا تنشط بالتحديد عند أداء المهام المتزامنة أو التبديل بين المهام، ولكن بشكل عام عند أداء العمليات التنفيذية، وأيضا نشاط القشرة الحزامية الأمامية والقشرة قبل الجبهية الجانبية بشكل مختلف في أثناء تنفيذ المهام المتزامنة والتبديل بين المهام، وكذلك توصلت النتائج إلى أن القشرة الحزامية الأمامية الجانبية تعمل على حل التنافس بين المنبه والاستجابة عند أداء مهمتين متزامنتين، كما تُحدد قشرة الفص الجبهي آليا المسارات العصبية المطلوبة لأداء المهام أثناء التبديل بينها، كذلك تنشط المنطقة الحزامية الأمامية الجانبية عند أداء مهمتين متزامنتين مقارنة بأداء مهمتين بالتتابع، ونجد أنه عند أداء مهمتين بالتتابع تنشط القشرة الجبهية الجانبية الثنائية اليسرى ومنطقة التلم داخل الجداري.

وفي دراسة "ستيلزل وآخرين Stelzel et al. (2006)" تم قياس نشاط المنطقة الجبهية عند أداء المهام الثنائية والمهام المفردة، وذلك عند تقديم المهام غير المتوافقة التي تمثلت في منبهات (يدوية- سمعية، وصوتية- بصرية)، والمهام

المتوافقة التي تمثلت في منبهات(صوتية- سمعية، ويدوية- بصرية).عُرضت المنبهات البصرية، والسمعية باستخدام برنامج المجرب الحصيف، وعُرضت المنبهات البصرية من خلال مرآة مثبتة على رأس ملف التردد اللاسلكي في أثناء استلقاء المشاركين داخل جهاز الرنين المغناطيسي الوظيفي، ونفذ المشاركون ٤ أنماط من المهام الفردية، ومهمتين من المهام الثنائية. وتكونت عينة الدراسة من(١٣) مشاركًا تراوحت أعمارهم من (٢١-٢٨) عامًا من الأيامن. كشفت النتائج عن زيادة تكلفة الأداء عند تنفيذ المهام الثنائية غير المتوافقة مقارنة بالمهام الثنائية المتوافقة، كما أوضحت نتائج التصوير العصبي أن زيادة تكاليف تنفيذ المهام الثنائية ارتبطت بزيادة النشاط في منطقة التلم الجبهي السفلي، وكذلك ارتبط تنفيذ المهام الثنائية غير المتوافقة بتغييرات في الإشارة بشكل أعلى ودال في منطقة التلم الجبهي السفلي مقارنة بالمهام الثنائية المتوافقة. بالإضافة إلى أنها كشفت عن دور منطقة التلم الجبهي السفلي في تنسيق العمليات المتداخلة عند تنفيذ المهام الثنائية.

وحاول "دريهير وآخرون"(2008) .Dreher et al فهم التنظيم الوظيفي للدماغ لدى المصابين بإصابات بالقشرة الجبهية، وتكونت عينة الدراسة من (١٣) مريضًا مصابين بإصابات في الفص الجبهي. وأظهرت النتائج أن إصابة القشرة الجبهية تؤدي إلى انخفاض أداء المهام المتعددة وزيادة عدد الأخطاء، وأن تلك المنطقة مهمة لأداء المهام التي تتطلب الاحتفاظ بهدف أولي بينما تعالج مهمة أخرى.

كما هدفت دراسة "فيتزجيرالد وآخرين" (2008) .Fitzgerald et al إلى فحص نشاط الدماغ المرتبط بالأداء المعرفي أثناء عرض مهام متعددة (الذاكرة العاملة، والتخطيط) باستخدام الرنين المغناطيسي الوظيفي. تكونت عينة الدراسة من مجموعتين؛ مجموعة تجريبية من ذوي اضطراب الاكتئاب الحاد وأخرى ضابطة من الأسوياء. خلصت النتائج إلى ضعف الأداء لدى المجموعة التجريبية، كما أظهرت المجموعة التجريبية زيادة في النشاط الدماغي خاصة في مناطق الفص الجبهي الأيمن، وذلك في أداء العديد من أنماط المهام المتعددة المعرفية كما أن زيادة النشاط الدماغي لدي ذوي اضطراب الاكتئاب الحاد قد تظهر نتيجة لتحقيق أداء متشابه أو أضعف من المجموعة الضابطة.

كما أهتم "موراي وآخرون" (2009) .Murray et al بدراسة تأثير تكاليف الأداء المرتبطة بالتبديل بين المهام أو التبديل بين النوعيات الحسية المختلفة.

اشتملت الدراسة على تجربتين استخدمت كل منهما برنامج المجرب الحصيف في تقديم التنبيهات (السمعية، والبصرية)، تكونت عينة الدراسة في التجربة الأولى من (١٦) مشاركًا: (٦) من الذكور، و(١٠) من الإناث تراوحت أعمارهم من (٢١-٣٦) عامًا، أما التجربة الثانية تكونت عينتها من (١٤) مشاركًا: (١١) من الإناث، و(٣) من الذكور، قدموا جميعًا موافقة مستنيرة للمشاركة وروعي في اختيارهم سلامة حاسة السمع والبصر وعدم الإصابة بأي أمراض عصبية أو اضطرابات نفسية، وقُدمت للمشاركين هادية بصرية- سمعية متزامنة تمثل الجزء البصري منها في شكل دائري أو مثلث يعرض في منتصف الشاشة، بينما تمثل الجزء السمعي في نغمة متصاعدة بمعدل(٢٦٠-٤٥٠) هرتز، أو نغمة تنازلية بمعدل(٦٥٠-٤٥٠) هرتز، وتم تعريف المنبه المستهدف بناء على: أ) النمط الحسي(بصري، أو سمعي)، ب) الموقع (يسار، أو يمين)، ج) فئة الكائن (حي، أو غير حي)، وتمثلت التنبيهات البصرية في عرض نصف الصور لأشياء حية ونصفها لأشياء غير حية، عرضت إما على يسار أو يمين علامة التثبيت(+) وعددها ٦٠تنبيهًا (٣٠ رسم × ٢جانب)، والتنبيهات السمعية كانت عبارة عن مجموعة من الأصوات عُرض نصفها على إحدى القناتين السمعيتين والنصف الأخر على القناة السمعية الأخرى وعددها ٦٠ تنبيهًا أي (٣٠ صوت×٢ قناة)، وكشفت النتائج عن وجود تأثير دال لنوع المدخل الحسي على تكاليف التبديل بين المهام حيث كان زمن الرجع أقصر للتنبيهات البصرية عن السمعية، مع معدلات خطأ أعلى للتنبيهات البصرية مقارنة بالتنبيهات السمعية، وكانت أيضًا أزمنة الرجع أقصر عند تكرار المهام مقارنة بتبديلها، ومعدلات خطأ أقل لتجارب التكرار مقارنة بتجربة التبديل، ودعمت هذه الدراسة فكرة أن جزءًا كبيرًا من تكلفة التبديل من مهمة إلى أخرى تنشأ من المنافسة بين النشاط المستمر في الشبكة العصبية المرتبطة بالمهمة في التجربة السابقة والنشاط في الشبكة العصبية المرتبطة بالمهمة في التجربة الحالية وعندما يتم فصل هذه الشبكات تقل المنافسة وتصبح تكلفة التبديل أقل.

أما في دراسة "روكا وآخرين"(2011) .Roca et al فقد تمت مقارنة أداء ثلاث مجموعات: الأولى لديها إصابة بالمنطقة رقم ١٠ بالفص الجبهي، والثانية لديها إصابة بالفص الجبهي، ولكن ليس لديها إصابة بمنطقة رقم ١٠، والثالثة مجموعة ضابطة تكونت من العاديين، وذلك باستخدام التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي على اختبارات تتطلب أداء مهام متعددة ومهام نظرية العقل. توصلت النتائج إلى أن المجموعة التي لديها إصابة بالمنطقة رقم ١٠ أظهروا عجزًا

في أداء تعدد المهام ومهام نظرية العقل، أما المرضى الذين لديهم إصابة بالفص الجبهي فقد أدوا بشكل أسوأ على اختبار يقيس الوظيفة التنفيذية مقارنة بالمجموعة الضابطة، بالإضافة إلى ذلك تم بحث العلاقة بين الأداء وحجم الإصابة في مناطق دماغية مختلفة تحت المنطقة رقم ١٠، وأشارت النتائج إلى العلاقة بين أداء المهام المتعددة ومهام نظرية العقل وحجم الضرر في الجانب الأيمن من المنطقة رقم ١٠، وبالتالي أشارت النتائج إلى دور المنطقة رقم ١٠ في القيام بالمهام المتعددة.

وصمم "كيم وآخرون" Kim et al. (2011) نموذجًا بشكل انتقائي تُبدَل فيه القواعد المعرفية، والاستجابات، والمنبهات في سياق مهمة واحدة تُنفذ بمجموعة مشتركة من المنبهات لاختبار إذا كانت هناك مناطق دماغية متعددة تُسهم في أنواع مختلفة من المرونة المعرفية مما يسمح بقياس ثلاثة أنواع مختلفة من التبديل. تمثلت ظروف التبديل الثلاثة في (تبديل المنبهات، وتبديل الاستجابات، وتبديل القواعد المعرفية) وظرف عدم التبديل وتكونت عينة الدراسة من (١٦) مشاركًا تراوحت أعمارهم من (٢٠-٢٨) عامًا من الأيامن ليس لديهم أي اضطرابات عصبية، ويتمتعون برؤية صحيحة. تلقى المشاركون تدريبًا على مهمة مقارنة الرقم- اللون قبل إجراء الفحص بالرنين المغناطيسي الوظيفي. في **الجلسة التدريبية الأولى** تدرب المشاركون على ربط اللون الأحمر برقم ٥ أو ٧ اعتماد على جانب العرض (شمال =٥ ، يمين=7) وفي **الجلسة التدريبية الثانية** تدرب المشاركون على ربط اللون الأخضر برقم٦ أو٤ (شمال= ٦، يمين= ٤) ، وفي هاتين الجلستين التدريبيتين طُلب من المشاركين التعبير لفظيًا عن الرقم المرتبط بالمربع الملون المُقدم في موقع معين على سبيل المثال المربع باللون الأحمر قُدم في الصندوق الأيسر وعلى المشاركين قول (٥)، وبالنسبة للمربع الأخضر قُدم في الصندوق الأيمن وعلى المشاركين قول (٤) ، وفي **الجلسة التدريبية الثالثة** تدرب المشاركون على قواعد الاستجابة حيث عُرض رقمان من (٢-٩) في وقت واحد داخل المربع نفسه، وطُلب من المشاركين اختيار قيمة الرقم الأكبر لو الأرقام قُدمت في الصف العلوي، وقيمة الرقم الأصغر إذا قُدمت في الصف السفلي. بالنسبة للدورة التدريبية لقواعد الاستجابة استجاب المشاركون بالضغط على المفتاح الأيمن أو الأيسر، وقُدمت الصناديق البيضاء على خلفية سوداء وبداخلها رقم ومربع ملون، في واحد من هذه الصناديق كل الأرقام قُدمت باللون الأبيض والمربع قُدم إما باللون الأحمر أو باللون الأخضر. وتتطلب مهمة مقارنة الرقم- اللون اختيار قواعد الرقم المناسبة اعتماد على لون المربع وجانب العرض واختيار قواعد الاستجابة

الصحيحة وفقًا للصف، وقد صُممت التجارب باستخدام برنامج المجرب الحصيف. وتوصلت النتائج إلى ظهور نشاط واضح ومشترك في كل أنماط التبديل في منطقة الرابطة الجبهية السفلى والقشرة الجدارية الخلفية، وهذا يعني أن القشرة الجدارية الخلفية، والرابطة الجبهية السفلى تسهما في العمليات المعرفية الأساسية للتبديل بين المهام، وهما تمثيل وتحديث قواعد المهام، كما ارتبط التبديل بين القواعد المعرفية بنشاط في القشرة قبل الجبهية الوسطى والجانبية، وهذا يتفق مع الدور السابق المعروف للقشرة قبل الجبهية في الإنشاء الداخلي للتمثيلات المعرفية وبالنسبة لتبديل الاستجابة ارتبط بنشاط في (القشرة قبل الجبهية الظهرية الجانبية اليسرى، والجزء المنقاري من القشرة الحزامية الظهرية، وارتبط التبديل بين المنبهات بنشاط في القشرة قبل الحركية وجزء من القشرة الحزامية الظهرية ومن ثم أظهرت النتائج أن منطقة القشرة قبل الحركية تُساهم في التبديل بين التمثيلات الداخلية .

وحاولت دراسة "فيلمر وآخرين "Filmer et al. (2013) فحص دور القشرة قبل الجبهية الجانبية الخلفية اليسرى في أداء المهام الثنائية. وذلك من خلال المقارنة بين أداء المشاركين في أثناء أداء مهمة مفردة (سمعية أو بصرية) أو تقديم المهمتين متزامنتين، وتكونت عينة الدراسة من (١٨) مشاركًا، تراوحت أعمارهم من(١٨-٢٨) عامًا، وتوصلت النتائج إلى أن القشرة قبل الجبهية الجانبية الخلفية اليسرى منطقة مهمة لمعالجة المهام الثنائية، وأنها ترتبط بمحددات، وتكلفة الأداء، كما قدمت دليلًا مباشرًا يوضح أن هذه المنطقة تحدد قدرة الفرد على اتخاذ قرارين بسيطين في الوقت نفسه.

وفي دراسة " تاناكا وكيرينو" Tanaka & Kirino (2017) التي كان من ضمن أهدافها الرئيسية معرفة دور منطقة الحركة التكميلية في تخيل الأداء الموسيقي ، تكونت عينة الدراسة من (٤١) طالبًا وخريجًا من مدارس الموسيقى تراوحت أعمارهم من (١٩-٣٠) عامًا، استخدمت الدراسة التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي، توصلت نتائجها إلى أن نشاط منطقة الحركة التكميلية ترتبط بنشاط عدة مناطق أثناء الأداء الموسيقي المتخيل، حيث إن هذه المنطقة تشارك في معالجة معلومات متعددة تتضمن معلومات بصرية مكانية ، وحركية ، ودلالية ، ونحوية، وعاطفية اجتماعية؛ وبالتالي تشارك هذه المنطقة في التمثيل الداخلي للأداء الموسيقى المتخيل وهذا تأكيد على دورها المعرفي ليس فقط الحركي.

وفي دراسة "تشيرنيج" Tschernegg et al.(2017) للتحقق من الفروق التي ترجع إلى النوع في الأداء السلوكي وأنماط النشاط الدماغي الوظيفي في أثناء أداء المهام الثنائية باستخدام التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي، تكونت عينة الدراسة من (٤٠) مشاركًا تراوحت أعمارهم من (١٨-٣٦) عامًا من الأيامن، وتمثلت المهام المقدمة في: لفظية مفردة، ولفظية ثنائية، ومكانية مفردة، ومكانية ثنائية، ومهمة للذاكرة العاملة. ومن الناحية السلوكية قورن بين الذكور والإناث في زمن الرجع ومعدل الدقة في ظرفي المهام الثنائية وظرفي المهمة المفردة، وذلك في المهمة الأساسية والمهمة الثانوية، ولم تُظهر النتائج أي فروق دالة ترجع إلى النوع سواء في زمن الرجع أو معدل الدقة كما لوحظ زيادة زمن الرجع بالنسبة لمهمة الذاكرة العاملة، وازداد بشكل ملحوظ في ظرفي المهمة اللفظية والمكانية الثنائية مقارنة بالمهمة المفردة، كما لوحظ انخفاض معدل الدقة بالنسبة لمهمة الذاكرة العاملة في ظرف المهمة الثنائية مقارنة بظرف المهمة المفردة، كما لوحظ زيادة زمن الرجع وانخفاض الدقة في ظرف المهمة الثنائية اللفظية وظرف المهمة الثنائية المكانية مقارنة بظرفي المهمة المفردة اللفظية والمهمة المفردة المكانية، وأوضحت نتائج التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي عند المقارنة بين المهمة الثنائية المكانية والمهمة المفردة المكانية زيادة النشاط في أثناء أداء المهام الثنائية مقارنة بالمهام المفردة في المناطق الآتية: التلفيف الجبهي الأيسر، والتلفيف الجبهي الأوسط الثنائي، والحزامية الأمامية اليمنى والأمامية اليسرى، والقشرة القذالية الجانبية اليسرى، والطليعة الثنائية وكذلك المناطق تحت اللحاء مثل (المهاد الأيسر، والذنب الايسر، والبواتامين الأيسر)، ونشطت المناطق الآتية:(التلفيف الجبهي العلوي الأيمن، التلفيف الجبهي الأوسط الأيمن، القشرة القذالية الجانبية، التلفيف القذالي الأيمن، التلفيف الجبهي العلوي الأيسر، التلفيف الجبهي الأوسط الأيسر) في المهام الثنائية اللفظية مقارنة بالمهمة المفردة اللفظية، وفي المقارنة بين الذكور والإناث أظهرت الإناث مقارنة بالذكور زيادة في النشاط الدماغي في التلفيف الحزامي الأيمن، والقشرة قبل الجبهية اليمنى، وذلك في المهمة الثنائية اللفظية. وفي المهمة الثنائية المكانية أظهر الذكور مقارنة بالإناث زيادة نشاط في القشرة القذالية الجانبية اليسرى. وبالنسبة للمهمة المكانية المفردة أظهرت الإناث زيادة في النشاط الدماغي مقارنة بالذكور الذين لوحظ لديهم نشاط دماغي أعلى في ظرف المهمة اللفظية المفردة، وكذلك لوحظ لدى الإناث زيادة في نشاط التلفيف الجبهي، والقشرة الحزامية مقارنة

بالذكور في أداء مهمتين متزامنتين في حالة لو تطلبت المهمة الأساسية معالجة لفظية، مما يدعم تفسير نشاط التلفيف الجبهي السفلي بشكل دال لمعالجة المنبه اللفظي إذا ظهر في ظرف المهمة الثنائية.

كما اختبرت دراسة "هيرنشتاين وآخرين" Hirnstein et al. (2019) قدرة الذكور والإناث على أداء المهام المتعددة في بيئة الحياة الواقعية . تكونت عينة الدراسة من : (٨٢) من الذكور، و(٦٦) من الإناث ، تراوحت أعمارهم من (١٨-٦٠ عامًا)، واختبر فرض الدراسة باستخدام مهام معدة على الكمبيوتر(CMPT) Computerized meeting preparation task والتي تطلبت من المشاركين إعداد غرفة للاجتماع وأداء مهام مختلفة، وأشارت النتائج إلى أن مقاييس تعدد المهام (الدقة-والوقت الإجمالي -والمسافة الإجمالية-ودرجة الذاكرة المستقبلية - ودرجة التحكم في المشتتات) لم تُظهر فروقًا ترجع إلى النوع، كما أوضحت الدراسة أن هناك القليل من البيانات المتاحة التي توضح الفروق التي ترجع إلى النوع، وفي أي أنماط المهام المتعددة تنشأ هذه الفروق.

وهدفت دراسة "وارد وآخرين"(2019) .ward et al إلى معرفة الاختلاف في السلوك وتكاليف الأداء وفحص النشاط الوظيفي للدماغ في أثناء التبديل بين المهام، وأداء المهام الثنائية. تكونت عينة الدراسة من (٣٠) مشاركًا من الشباب الأصحاء تراوحت أعمارهم من(١٨-٣٢) عامًا من الأيامن، ولم تكن لديهم أية موانع ذات صلة بالتصوير العصبي. استخدمت التجربة التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي، وتكونت الدراسة من جلستين مدة كل منهما ساعة وكلاهما تم الانتهاء منه في غضون أسبوع ، وصممت المهام ببرنامج المجرب الحصيف (E-prime)، وفي أثناء كل تجربة كان يُوجَه المشاركون للاستجابة للهدف اعتمادًا على الهادية التي تقدم متمثلة في ظهور (حرف ساكن أو حرف متحرك) وكذلك (حرف كبير أو حرف صغير) تكونت الحروف من (M-H-S-A-E-I-O-U-B-K) وكان يُعرض الحرف المستهدف بواحد من ثلاثة ألوان (أزرق، وأخضر، وأصفر) وذلك على خلفية سوداء، وأكمل المشاركون (١٦) تجربة تدريبية قبل التشغيل الفعلي وتضمن تصميم المهام فترات لعرض المنبهات تفصل بينها فترات راحة، وتمثلت الاستجابة على المنبهات في الضغط بالأصبع الأوسط الأيسر للحرف الصغير، والإصبع الأوسط الأيمن للحرف الكبير، وإصبع السبابة الأيسر للحرف الساكن، وإصبع السبابة الأيمن للحرف المتحرك، وقد كشفت النتائج عن أن

أوقات الاستجابة أبطأ بالنسبة للمهام الثنائية مقارنة بالتبديل بين المهام، وذلك عكس ما توصل إليه "دراهير وجرافمان" اللذان أوضحا أن أوقات الاستجابة أبطأ في ظرف التبديل بين المهام مقارنة بظرف أداء المهام الثنائية، بالإضافة إلى ذلك كشفت الدراسة عن تفاعل دال بين التبديل بين المهام، وأداء المهام الثنائية من حيث الدقة، وكانت تكاليف الدقة أعلي تحت ظرف التبديل بين المهام مقارنة بالمهام الثنائية بينما تكاليف أوقات الاستجابة كانت كبيرة للغاية في أثناء أداء المهام الثنائية مقارنة بالتبديل بين المهام، كما كشفت نتائج التصوير العصبي عن ارتباط التبديل بين المهام بنشاط المناطق الجبهية الجدارية اليسرى، وارتبطت المهام الثنائية بنشاط المناطق الجبهية الجدارية اليمنى، مع نشاط في القشرة الجدارية اليمنى واليسرى مرتبط بمتطلبات ظرفي المهام الثنائية والمهام المتعددة.

تعقيب عام على الدراسات السابقة

- ندرة الدراسات العربية التي اهتمت بمتغيرات الدراسة من الناحية الفيزيولوجية وركزت على القياس السلوكي، وذلك في حدود علم الطالبة، حيث اهتم "رمضان" (٢٠١١) بدراسة تأثير النوع على تداخل المهام الثنائية، وأيضًا حاول "عبد المجيد"(٢٠١٢) الكشف عن تأثير نوع المدخل الحسي على كفاءة التبديل بين المهام، وكذلك اهتم "عبد المجيد" (٢٠١٦) بدراسة تأثير التدريب على تحسين كفاءة التبديل بين المهام المتعددة، واستخدم الباحثان برنامج المجرب الحصيف كأداة لقياس الأداء المعرفي.
- أشارت بعض الدراسات (Dreher et ؛ Dreher & Grafman, 2003 2000؛ Jaeggi et al .,2003؛ Crone et al., 2006؛ al., 2008 sohn et al.,) إلى دور الفص الجبهي ونشاطه بشكل دال في أثناء أداء المهام المفردة، والتبديل بين المهام.
- بالإضافة إلى ذلك توصلت بعض الدراسات أن لمنطقة الحركة التكميلية وقبل التكميلية دورًا في أداء التبديل بين المهام، وأكدت على دورها المعرفي والتمثيل الداخلي للأداء قبل التنفيذ الفعلي(Crone et al., 2006؛ Rushworth et al .,2002؛ Tanaka & Kirino,2017).
- ندرة الدراسات التي جمعت في قياس متغيراتها بين استخدام برنامج المجرب الحصيف (E-prime) واستخدام التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي (FMRI)، فبعض الدراسات استخدمت برنامج

المجرب الحصيف(عبدالمجيد،٢٠١٦،٢٠١٢؛ رمضان،٢٠١١ ؛ Murray et al.,2009)، وبعضها استخدم التصوير العصبي (2003 Dove et 2000, ؛ Jaeggi et al., 2003؛ Dreher & Grafman, sohn et al., 2000 ؛ al.,)، أما بالنسبة للدراسات القليلة التي جمعت بين الأداتين مثل دراسة "وارد وآخرين" (2019) .ward et al حيث فحصت النشاط الوظيفي للدماغ في أثناء التبديل بين المهام، وكذلك دراسة "ستيلزل وآخرين "(2006) .Stelzel et al التي قاست نشاط المنطقة الجبهية عند أداء المهام الثنائية والمهام المفردة.

- صغر عدد المبحوثين في عينات التصوير العصبي وذلك يرجع إلى صعوبة التطبيق وخضوع العينة للتصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي خاصة من الأصحاء حيث وصل في بعض الدراسات (٨) مشاركين فقط.
- تباين المدى العمري للمشاركين بالعينات البحثية في الدراسات السابقة، ولكن غالبية الدراسات بدأ فيها التطبيق من ١٨ عامًا فما فوق (Tschernegg et al.,2017؛ Hirnstein et al., 2019 ؛ Lui and Wong, 2019)، ووصل أعلى مدى عمري في بعض الدراسات حتى سن الثلاثينيات (Rushworth et al .,2002؛ sohn et al., 2000 ؛ Lui et al., 2020)، وقليل من الدراسات التي فحصت أداء تعدد المهام لدى كبار السن (Hirnstein et al., 2019 ؛ Strobach and Woszidlo 2015) .
- كان المشاركون في كثير من الدراسات من أيامن اليد، وتباين عدد المشاركين في الدراسات السابقة، ولكن غالبية الدراسات لم يتجاوز فيها العدد (٥٠) مشاركًا(Filmer et al ., 2013 ؛ Kim et al., 2011) بالإضافة إلى أن الدراسات الوصفية وصل فيها العدد إلى (٢٤١) مشاركًا (Szameitat et al., 2015).
- بالنسبة للأدوات تمثلت المهام المعرفية المقدمة في عرض تنبيهات بصرية أو سمعية حيث تضمنت التنبيهات البصرية عرض كلمات لأشياء حية أو أشياء غير حية، أو تحديد موقع التنبيه، أو تقديم أشكال هندسية، أو تحديد إذا كان التنبيه رقمًا فرديًا أو زوجيًا، أو تحديد إذا كان الرقم المعروض أصغر أو أكبر من رقم(٥)، أو استخدام علامات(-)، و(+)، أو عمل

محاكاة لبعض المهام الواقعية، وتضمنت المهام السمعية تقديم مجموعة من الأصوات أو النغمات بمعدلات مختلفة.

فروض الدراسة

١- توجد فروق بين متوسطات أداء عينة المسح العصبي في نسبة نشاط المناطق الدماغية للتصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي تبعًا لنوع المدخل الحسي المقدم (المهام: البصرية، والسمعية، والتبديل بين المهام المختلطة).

٢- توجد فروق بين نسب نشاط الدماغ لذكور وإناث العينة العصبية تبعًا لنوع المدخل الحسي المقدم (المهام: البصرية، والسمعية، والتبديل بين المهام المختلطة).

٣- يمكن تحديد المناطق الدماغية التي تنشط عند أداء كل من المهام البصرية والسمعية والمختلطة طبقًا للتصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي.

منهج الدراسة

استُخدم في الدراسة الحالية المنهج التجريبي لمناسبته لطبيعة الدراسة، وكذلك لاختبار فرض تأثير نوع المُدخل الحسي (السمعي- والبصري) في أداء الراشدين الذكور والإناث للمهام المفردة (السمعية والبصرية)، وكفاءة التبديل بين المهام المتعددة المتتابعة. حيث يقوم المنهج التجريبي عن عمد بمعالجة عوامل معينة تحت شروط مضبوطة ضبطًا دقيقًا لكي يتحقق من كيفية حدوث شرط أو حادثة معينة ويحدد أسبابها بالإضافة إلى ملاحظة، وقياس التغيرات الناتجة عن عملية المعالجة مع ضبط تأثير المتغيرات الدخيلة غير المقصودة بالدراسة (يوسف،٢٠١٩).

التصميم التجريبي

قامت الدراسة على التصميم التجريبي العاملي المختلط (٢×٣) (داخل وبين المجموعات) حيث إن التصميم المختلط يجمع بين التصميم داخل الأفراد والتصميم بين الأفراد الذي يصبح ضرورة حتمية إذا كان أحد المتغيرات المستقلة في التجربة متغيرًا تصنيفيًا كمتغير النوع، أو الذكاء (القرشي،٢٠٠١، ١٧٣) كما أن الدراسة تتضمن متغيرين مستقلين وهما متغير النوع (ذكور، وإناث)، وهو متغير تصنيفي،

والمتغير الآخر وهو نوع المدخل الحسي (بصري، سمعي، مختلط) وقُدِم هذا المتغير داخل الأفراد أي تعرض الفرد لثلاث مستويات تجريبية منه.

جدول (١)

التصميم العاملي المختلط للدراسة

المتغيرات المستقلة	النوع ←	ذكور	إناث
	نوع المدخل الحسي ←	بصري-سمعي-مختلط	بصري-سمعي-مختلط
المتغيرات التابعة	أداء المهام المفردة.	التبديل بين المهام المتعددة.	

ومن ثم تتضمن الدراسة المتغيرات الآتية:

التعريفات الإجرائية للمتغيرات المستقلة:

- **نوع المدخل الحسي:** وهو متغير تجريبي قُدِم كمهام مفردة (سمعية، وبصرية)، ومهام مختلطة متعددة متتابعة تنقسم إلى مهام (بصرية-وسمعية-ومختلطة).
- **نوع المشارك:** وهو متغير تصنيفي ويتمثل في (المقارنة بين الذكور، والإناث) في نسبة نشاط المناطق الدماغية في أداء النماذج الثلاثة للمهام.

التعريفات الإجرائية للمتغيرات التابعة:

- **أداء المهام المفردة (السمعية، والبصرية):** المتمثل في قياس نسبة نشاط المناطق الدماغية التي تحدث استجابة للتنبيهات المفردة.
- **التبديل بين المهام المتعددة المتتابعة:** المتمثل في قياس نسبة نشاط المناطق الدماغية التي تحدث استجابة للتنبهات المختلطة.

عينة الدراسة

العينة الاستطلاعية:

تكونت عينة دراسة المسح العصبي الاستطلاعية من (٤) مشاركين (٢ من الذكور، و٢ من الإناث) أيامن اليد، تراوحت أعمارهم من (٢٠- ٢٢) عامًا، طبق على هذه العينة نموذج عرض المهام باستخدام التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي، ونظرًا لعدم شيوع دراسات المسح العصبي فقد اعتمدت الطالبة على المتطوعين للمشاركة من طلاب المؤهلات العليا والمتوسطة.

العينة الأساسية:

تكونت عينة الدارسة الثانية من (١٢) مشاركًا من الراشدين (٥ ذكور، و٧ إناث) أيامن اليد، تراوحت أعمارهم من (١٩-٣١) عامًا، واشتملت على طلاب وخريجين من كليات: (الآداب، والعلوم الصحية التطبيقية، والتمريض، والتربية الرياضية، والتجارة، والدراسات الإسلامية والعربية)، والمعهد الفني الصناعي. وجميعهم من المتطوعين حيث أعلنت الطالبة على تطبيق واتس آب، وأيضا بلغت الفكرة لعدد من العاملين بالمستشفى، وكذلك ساعد المتطوعون الذين طبقوا الفحص؛ حيث نقلوا الفكرة وأيضًا وصفوا طريقة الفحص لأصدقائهم ودعوهم للمشاركة، وقد راعت الطالبة توضيح هدف التجربة وطريقة الفحص لمن يرغب وذلك لضمان جدية المشارك وموافقته على الفحص باستخدام التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي، وقاموا بتقديم موافقة مستنيرة مسبقة قبل المشاركة، وتمثلت خصائص العينة في: (سلامة حواس البصر، والسمع، ورؤية صحيحة للألوان، وعدم الإصابة بأي مشكلات عصبية أو تعاطي بعض الأدوية التي تؤثر على التركيز والانتباه، أو الفوبيا من الأماكن المغلقة، وعدم الإصابة بأي مرض عضوي، وكذلك عدم ارتداء أو وضع معدن داخل الجسم، بالإضافة إلى سؤال المشاركين إذا كانت لديهم أي أسباب تمنع استخدام التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي).

ضبط المتغيرات الدخيلة

- **سلامة حاسة البصر:**

تُعد حاسة البصر من أهم المتغيرات التي تؤثر تأثيرًا كبيرًا في الأداء ولذا استُبعدت الحالات التي تعاني من مشكلات صحية في إحدى العينين، وعُرضت التنبيهات البصرية على مرآة تعكس ما عُرِض على شاشة جهاز الرنين المغناطيسي، والتي عَرضت أيضًا التنبيهات الموجودة على جهاز الحاسوب الموضوع في الغرفة المقابلة لغرفة الفحص.

- **سلامة حاسة السمع:**

تؤثر حاسة السمع على دقة الاستجابة للتنبيهات السمعية، لذا تُعد سلامتها لدى المشارك مطلبًا أساسيًا للتأكد من قدرته على الاستجابة الصحيحة، وارتدى المشاركون سماعة لخفض درجة سماع صوت الجهاز، والتأكد من سماع التنبيهات السمعية بدرجة أفضل وهي سماعة معدة للتوافق مع جهاز الرنين المغناطيسي.

- **مكان إجراء التجربة**

أُجريت جلسة التصوير الوظيفي داخل غرفة التصوير بالرنين المغناطيسي بالمستشفى (مستشفى الدمرداش بعين شمس بالقاهرة) وهي غرفة مضاءة وجيدة التهوية، وتراوحت مدة الجلسة من ٣٠ إلى ٤٠ دقيقة حسب التزام المشارك بتعليمات تثبيت الرأس داخل الجهاز لضمان تصوير أفضل.

- **توقيت إجراء التجربة**

أُجري الفحص بالتصوير بالرنين المغناطيسي في الصباح، وكذلك بعد الظهر وكان يوجه للمفحوصين الدعوة قبل الجلسة، ويتم التأكيد على بعض النصائح من حيث التغذية الجيدة، والنوم، وذلك لضمان تركيز الحالة، وعدم تأثره بالإرهاق.

- **المسافة بين المشارك والشاشة**

ارتدى المشارك قناع الرأس المثبت بداخله المرآة العاكسة، وكان يتم تقريب شاشة الرنين بالدرجة التي يُخبِر وقتها المشارك بإمكانية قراءة التعليمات ورؤية التنبيهات.

-الدافعية

كانت المشاركة في التجربة تتم بشكل تطوعي لضمان جدية المشارك ودافعيته للاستمرار وتوضيح الزمن المستغرق في الأداء قبل أن يبدأ.

الأدوات والأجهزة المستخدمة في الدراسة

- استمارة البيانات الأساسية وهي تشتمل على البيانات الآتية:(الاسم، النوع، العمر، تاريخ الميلاد، الكلية، القسم، الفرقة الدراسية، رقم الموبايل، العنوان، المستوى التعليمي، الحالة الاجتماعية، المستوى الاقتصادي، اليد المفضلة، مستوى النظر، خبرة المشارك بالكمبيوتر، وسؤال المشارك عما إذا كان يعاني من أي اضطراب نفسي أو عضوي، وإذا كان يتعاطى أي أدوية، أو يتعاطى أي نوع من المخدرات، وإذا كانت هناك أي موانع تعيق التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي مثل: تركيب أجهزة معدنية بالجسم، أو الخوف من الأماكن المغلقة، أو عمى الألوان. وهي استمارة قدمت للمشاركين ورقيًا قبل بدء التجربة.

- جهاز حاسوب محمول ملحق به (فأرة-ولوحة مفاتيح) : وهو جهاز الحاسوب المحمول(Dell) ، الطول في الارتفاع = ١٩٢٠×١٠٨٠ ، ومعدل التحديث =٦٠.٠٥٢ هرتز ، وعمق البايت =٦-بايت ونسخة الويندور المستخدمة ١٠.
- برنامج Paint لتصميم الأشكال الهندسية.
- برنامج Narakeet وهو برنامج يعمل على تحويل النصوص المكتوبة إلى صوت؛ حيث استخدم في المهمة السمعية، وذلك لتحويل الأرقام الفردية والزوجية إلى أصوات مسموعة باللغة العربية.
- برنامج "المجرب الحصيف" E-prime (لتصميم، وعرض التجربة، وجمع البيانات) وهو الذي يسجل استجابات المشاركين وأزمنة الرجع المستغرقة في الاستجابة على التنبيهات المختلفة.
- جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي والذي استخدم تحت إشراف الطبيب وقام بعمل الفحص اختصاصي الأشعة وذلك بوحدة الرنين المغناطيسي بمستشفى الدمرداش بعين شمس بالقاهرة.
- الأداة البلاستيكية ذات الأربعة مفاتيح البارزة والتي كُتب عليها أرقام (١-٢-٣- ٤) (قام بتصنيعها مهندس تخصص ميكاترونكس خصيصًا للدراسة الحالية) وقد صنعت من البلاستيك كي تكون متوافقة مع جهاز الرنين المغناطيسي ولا تسبب ضررًا سواء للمشارك أو للجهاز، وذلك لعدم توافر الأداة المستخدمة في الدراسات الأجنبية، والتي اعتمدت على التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي وتسجيل استجابات المشاركين بضغطهم على مفاتيح تلك الأداة المعدة بشكل يتوافق مع خصائص جهاز الرنين المغناطيسي، والتي تكون موصلة بشكل مباشر مع جهاز الحاسوب، ومن ثم بمجرد ضغط المشارك تسجل استجابته مباشرة ، وبالتالي تشابهت أداة الدراسة الحالية مع الأداة التي استُخدمت في الدراسات الأجنبية السابقة في الشكل فقط، وليس في التوصيل وتسجيل الاستجابات السلوكية، ولكنها تُحدث النشاط العصبي نفسه الخاص بالحركة في الدماغ.

-الصدق (صدق المحكمين)

عَرضت الطالبة نماذج المهام الثلاثة (البصرية المفردة، والسمعية المفردة، والمتعددة المتتابعة)، والتي صُممت جميعها ببرنامج المجرب

الحصيف، وذلك على مجموعة من الأساتذة المتخصصين في علم النفس بلغ عددهم (٦) ، وقَدمت الطالبة تعريفًا إجرائيًا لمتغيرات الدراسة، ووصفًا للمهام المعدة بالإضافة إلى إرفاق نسخة إلكترونية من المهام، وذلك لتحديد مدى سلامة بناء التجربة، ووضوح المهام، وطرق الاستجابة. وتمثلت النسخة الورقية المقدمة في وصف المهمة وعدد التنبيهات من حيث الحروف المستخدمة ولغة كتابتها وعددهم، وعدد الأرقام المستخدمة، ولون خط عرض التنبيه ولون خلفية الشاشة وحجم الخط ونمطه، وكيفية استجابة المشارك ومفاتيح الاستجابة، وأحجام الأشكال الهندسية وعددها، ولون عرضها، وكذلك عدد الأصوات والكلمات، فضلًا عن توضيح خطوات تصميم التجربة والأزمنة التي اقترحت لظهور صفحة التعليمات، وعلامة التثبيت، وزمن عرض التنبيه، والمدة الفاصلة، كما ذكرت التعليمات التي تظهر لكل مشارك في كل تجربة لمعرفة مدى مناسبة الكلمات ووضوحها ولغة عرضها الأقرب للفهم العربية أم العامية، وذلك في محاولة لتحديد أي من هذه الإجراءات تمثل طريقة حقيقة ومناسبة لقياس متغيرات الدراسة.

إجراءات التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي لعينة المسح العصبي (الاستطلاعية، والأساسية)

استخدمت الدراسة الحالية في التصوير الوظيفي جهاز الرنين المغناطيسي philips (٣ تسلا) وهو مزود بملف رأسي قياسي. بدأ الفحص بأخذ صورة ثلاثية الأبعاد للدماغ، ثم عمل إعادة بناء لها ليتم التصوير على الثلاث مستويات (المحوري، والسهمي، والإكليلي). واستخدمت الدراسة التصميم التجريبي المسدودblocked design الذي يتضمن فترات نشاط ثم فترات للراحة بالتناوب، ولذلك نفذت (١٦محاولة) مسح في كل نموذج من الثلاث نماذج للمهام (البصرية- والسمعية- والمتعددة) منها (٨ محاولات) للراحة، و(٨ محاولات) لعرض المهام، وكان يتم الحصول على الصورة كل (٣ ثواني) في أثناء المسح، وتكونت عملية المسح في النموذج الواحد من (١١٢ ديناميك) بمعدل (٧ ديناميك) في فترة النشاط، و (٧ ديناميك) في فترة الراحة، وتمثل كل ديناميك (٣ ثواني) ومن ثم استغرقت فترة النشاط (٢١ ثانية)، وأيضا فترة الراحة (٢١ ثانية)، كما روعي خفض مستوى ضوضاء جهاز الرنين واستخدامه عند مستوى soft one mode ، وأيضا وضع المريض سماعة الأذن المتوافقة مع خصائص جهاز المسح والتي ساعدت على خفض مستوى الصوت لضمان سماع أفضل للتنبيهات السمعية وخفض تأثير

صوت الضوضاء، بالإضافة إلى ذلك استُخدم غطاء الرأس المزود بمرآة عاكسة(Ds head neck spine coil) وأُجري الحصول على الصور الوظيفية باستخدام تسلسل تصوير(الصدى المستوي) أو الإيكو الخطي السريع the fast echo-planar imaging (EPI)، وتم عمل مسح هيكلي باستخدام T1 لكل مشارك وخصائصه كالآتي: (وقت الصدى:٣٥ مللي ثانية، وقت التكرار:٣٠٠٠ مللي ثانية، حجم المصفوفة:٩٦×٩٤ ملي متر، حجم الفوكسيل: ٢.٤×٢.٤مللي متر، زاوية الدوران:٩٠°) . وعرضت الطالبة على المشارك قبل الدخول لعملية الفحص جزءًا تدريبيًا للمهام كي يتمكن من فهم المطلوب منه قبل الإجراء الفعلي، كما طُلب من المشاركين عند الاستجابة وفقًا لما هو مطلوب في كل مهمة الضغط على إحدى مفاتيح الأداة البلاستيكية التي توضع في قبضة يد المشارك قبل الدخول إلى التنفيذ الفعلي للفحص.

الأساليب الإحصائية المستخدمة في الدراسة

للتحقق من مدى صحة فروض الدراسة قامت الطالبة بعمل التحليلات الإحصائية باستخدام التحليلات الإحصائية ببرنامج **Excel** وحزمة البرامج الإحصائية **Statistical Package For Social Sciences** المعروفة باسم الـ **SPSS** النسخة (٢٥) وتم استخدام الطرق والأساليب الإحصائية المناسبة وهي:

١- **المتوسطات – والانحرافات المعيارية:** وذلك بهدف وصف خصائص عينات الدراسة ومتغيراتها.

٢-**اختبار "مان ويتني"** لمعرفة الفروق التي ترجع إلى النوع في نسبة نشاط المناطق الدماغية في المهام (البصرية، والسمعية، والمختلطة). ودلالة الفروق بين الجنسين في نشاط المناطق الدماغية

٣- **اختبار فريدمان:** لحساب الفروق في نسبة النشاط في المهام (البصرية، والسمعية، والمختلطة).

نتائج البحث ومناقشتها

أولًا: الإحصائيات الوصفية

المتوسطات، والانحرافات المعيارية لنسب نشاط المناطق الدماغية في المهام البصرية، والسمعية، والمختلطة لدى عينة المسح العصبي

جدول (٢) *المتوسطات والانحرافات المعيارية والخطأ المعياري وأكبر وأقل قيمة لنسب نشاط المناطق الدماغية في المهام البصرية، والسمعية، والمختلطة لدى عينة المسح العصبي ن=١٢*

المتغيرات	أقل قيمة	أكبر قيمة	المتوسط		الانحراف المعياري
			قيمة المتوسط	*الخطأ المعياري*	
متوسط نسبة النشاط المهمة في البصرية	٢٤٧١.٠٠	٤٠٧٠.٠٠	٣٢٥٣.١٦	١٣٧.٣٥	٤٧٥.٨١
متوسط نسبة النشاط في المهمة السمعية	٢٥٤٤.٠٠	١٠٤٤٠.٠٠	٤٠١٠.٨٣	٦٣٢.١٩	٢١٨٩.٩٧
متوسط نسبة النشاط في أثناء التبديل بين المهام	١٧٦٣.٠٠	٥٨٦٦.٠٠	٣٠١٧.٥٠	٤٠٣.١٧	١٣٩٦.٦٤

المتوسطات، والانحرافات المعيارية لنسب نشاط المناطق الدماغية في المهام البصرية، والسمعية، والمختلطة لدى كل من الذكور والإناث

النوع	المتغيرات	أقل قيمة	أكبر قيمة	المتوسط		الانحراف المعياري
				قيمة المتوسط	*الخطأ المعياري*	
ذكور ن=٥	متوسط نسبة النشاط المهمة في البصرية	٣٠٣٣.٠٠	٣٨٢٣.٠٠	٣٢٤٩.٠٠	١٤٦.٤٩	٣٢٧.٥٧
	متوسط نسبة النشاط في المهمة السمعية	٢٥٤٤.٠٠	٣٣١١.٠٠	٢٧٩٣.٦٠	١٤٤.٤٨	٣٢٣.٠٨
	متوسط نسبة النشاط في أثناء التبديل بين المهام	٢٢٠٦.٠٠	٥٨٦٦.٠٠	٤٢٣٨.٨٠	٦٣٣.٢٧	١٤١٦.٠٤
إناث ن=٧	متوسط نسبة النشاط المهمة في البصرية	٢٤٧١.٠٠	٤٠٧٠.٠٠	٣٢٥٦.١٤	٢٢١.٥٢	٥٨٦.٠٨
	متوسط نسبة النشاط في المهمة السمعية	٣٢٩٩.٠٠	١٠٤٤٠.٠٠	٤٨٨٠.٢٨	٩٧١.٤٨	٢٥٧٠.٢٩
	متوسط نسبة النشاط في أثناء التبديل بين المهام	١٧٦٣.٠٠	٢٧٦٤.٠٠	٢١٤٥.١٤	١٢٤.٥١	٣٢٩.٤٣

نتائج المعالجات الإحصائية للتحقق من فروض الدراسة

نص الفرض الأول على: توجد فروق بين متوسطات أداء عينة المسح العصبي في نسبة نشاط المناطق الدماغية للتصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي تبعًا لنوع المدخل الحسي المقدم (المهام: البصرية، والسمعية، والتبديل بين المهام المختلطة). وللتحقق من صحة الفرض استخدمت الطالبة اختبار فريدمان اللامعلمي.

جدول (٤) *اختبار فريدمان لدلالة الفروق بين نسب نشاط المناطق الدماغية لدى عينة المسح العصبي=١٢*

المتغيرات	متوسط الرتب	درجة الحرية	كا٢	مستوى الدلالة	حجم التأثير
نسبة النشاط في المهمة البصرية	٢.٠٨	٢	٢.١٦٧	.٣٣٨	٠.٠٩
نسبة النشاط في المهمة السمعية	٢.٢٥				
نسبة النشاط في أثناء التبديل بين المهام	١.٦٧				

يتبين من جدول (٤) أنه لا توجد فروق دالة احصائيًا بين متوسطات أداء عينة المسح العصبي في نسب نشاط المناطق الدماغية في المهمة البصرية، والسمعية، والمختلطة وأيضًا حجم التأثير صغير.

وبناء على نتيجة المعالجة الإحصائية للبيانات التي أوضحت أنه لا توجد فروق دالة احصائيًا بين متوسطات أداء عينة المسح العصبي في نسبة نشاط المناطق الدماغية في المهمة البصرية، والسمعية، والمختلطة، وبالنظر إلى جدول (٢) حيث كان أعلى متوسط لنسبة نشاط المناطق الدماغية في المهمة السمعية المفردة (٤٠١٠.٨٣) يليه متوسط نسبة النشاط في المهمة البصرية المفردة (٣٢٥٣.١٦) ثم أخيرًا متوسط نسبة النشاط في أثناء التبديل بين المهام(٣٠١٧.٥٠) تختلف هذه النتيجة عن تلك التي توصل إليها "دوف وآخرون" Dove et al. (2000) حيث كشف عن نشاط شبكة من المناطق الدماغية التي تنشط عند تكرار المهام أو في أثناء التبديل ولكن يزداد نشاطها في ظرف التبديل مقارنة بالتكرار.

أما عن ظهور أعلي نسبة نشاط للمناطق الدماغية في أثناء أداء المهمة السمعية فقد يُعزى إلى تأثير صوت جهاز الرنين على الأداء الذي يؤدي بالمشاركين إلى زيادة التحفيز والتنبه للتنبيهات السمعية لتمييزها وسط ضوضاء الجهاز.

وانقسمت المناطق الدماغية في تحليلها إلى مناطق مسئولة عن استقبال التنبيهات السمعية، والبصرية حيث نشط الفص القذالي الأيمن والأيسر استجابة لاستقبال التنبيهات البصرية في (المهمة البصرية)، بينما نشط الفص الصدغي

الأيمن والأيسر استجابة للتنبيهات السمعية في (المهمة السمعية)، ونشط كلاهما في ظرف التبديل بين المهام الذي تضمن النوعين من التنبيهات، أما عن المناطق الدماغية الأخرى التي نشطت في أثناء المعالجة المعرفية والحركية فتمثلت في نشاط الفص الجداري الأيمن والأيسر، ومنطقة برودمان رقم (١٠)، ومنطقة الحركة التكميلية وقبل التكميلية، ومنطقتي بروكا وفرنيكي وهذا يعني أن الشبكة اللحائية نفسها نشطت في ظرفي المهمة المفردة (البصرية، والسمعية) وظرف التنبيهات المختلطة باختلاف نسب نشاطها مما يعني أن انخفاض نسبة النشاط في أثناء التبديل بين المهام قد يُعزي إلى نشاط تلك المناطق الدماغية نفسها بشكل متكرر في ظرفي المهمة المفردة، واللذان سبقا في تقديمها ظرف التبديل بين المهام، وهذا يتفق مع تفسير "جريل-سبيكتور وآخرين" (2006) Grill-Spector et al. حيث أوضح أن نشاط الدم بالمناطق الدماغية ينخفض كدالة لاستخدام نفس الخلايا العصبية بشكل متكرر استجابة للتنبيهات، وتلك تُعد واحدة من أقوى ديناميات القشرة الدماغية المرتبطة بالخبرات المتمثلة في انخفاض النشاط العصبي عند تكرار التنبيهات حيث يحدث الانخفاض المرتبط بالتكرار على مقاييس زمنية متعددة أي تختلف فترتها الزمنية وتحدث في مناطق دماغية متعددة وخلال عدد كبير من الظروف التجريبية، ويُشار إلى هذا الانخفاض بالتكيف أو تثبيط وقمع التكرار، أو التحضير العصبي، أو تصفية الذاكرة.

وتشير بعض دراسات التخطيط الكهربي إلى انخفاض قوة التردد عند تكرار المهام، وقد ثبت أن مثل هذه التغييرات ترتبط بالتغيرات المعتمدة على مستوى الأكسجين بالدم واتساقًا مع ذلك يظهر ميل استجابات التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي إلى الانخفاض عند التكرار وهو ما يسمى بظاهرة تكيف التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي (Grill-Spector et al., , ٢٠٠٦).

نص الفرض الثاني على:" توجد فروق بين نسب نشاط الدماغ لذكور وإناث العينة العصبية تبعًا لنوع المدخل الحسي المقدم (المهام: البصرية، والسمعية، والتبديل بين المهام المختلطة)".

وللتحقق من صحة الفرض قامت الطالبة باستخدام اختبار مان ويتني، ويبين جدول (٥) النتائج.

جدول (٥) *اختبار مان ويتني ودلالة قيمته للفروق بين الذكور والإناث في نشاط المناطق الدماغية*

المناطق الدماغية النشطة	عينة الذكور		عينة الإناث		القيمة الاحتمالية Sig.(p. value)	الدلالة
	متوسط الرتب	مجموع الرتب	متوسط الرتب	مجموع الرتب		
الفص القذالي الأيمن(ب)	٥.٤٠	٢٧.٠٠	٧.٢٩	٥١.٠٠	٠.٣٧٢	غير دال
الفص القذالي الأيسر(ب)	٦.٢٠	٣١.٠٠	٦.٧١	٤٧.٠٠	٠.٨٠٨	غير دال
منطقة برودمان ١٠(ب)	٧.٢٠	٣٦.٠٠	٦.٠٠	٤٢.٠٠	٠.٥٦٣	غير دال
الفص الجداري العلوي الأيمن والأيسر(ب)	٧.٠٠	٣٥.٠٠	٦.١٤	٤٣.٠٠	٠.٦٨٤	غير دال
التلفيف الصدغي العلوي الأيمن(س)	٥.٦٠	٢٨.٠٠	٧.١٤	٥٠.٠٠	٠.٤٦٥	غير دال
التلفيف الصدغي العلوي الأيسر(س)	٦.٤٠	٣٢.٠٠	٦.٥٧	٤٦.٠٠	٠.٩٣٥	غير دال
الفص الجداري العلوي الأيمن والأيسر(س)	٣.٤٠	١٧.٠٠	٨.٧١	٦١.٠٠	٠.٠١٠	دال
منطقة برودمان ١٠(س)	٥.٠٠	٢٥.٠٠	٧.٥٧	٥٣.٠٠	٠.١١٠	غير دال
التلفيف الصدغي العلوي الأيمن (م)	٩.٢٠	٤٦.٠٠	٤.٥٧	٣٢.٠٠	٠.٠٢٨	دال
الفص القذالي الأيمن والأيسر(م)	٨.٩٠	٤٤.٥٠	٤.٧٩	٣٣.٥٠	٠.٠٤٧	دال
الفص الجداري العلوي الأيمن والأيسر(م)	٦.٤٠	٣٢.٠٠	٦.٥٧	٤٦.٠٠	٠.٩٣٥	غير دال
منطقة برودمان ١٠(م)	٤.٤٠	٢٢.٠٠	٨.٠٠	٥٦.٠٠	٠.٠٨٣	غير دال

ويتضح من جدول (٥) وجود فروق ذات دلالة احصائية بين الذكور والإناث في نشاط منطقة الفص الجداري العلوي الأيمن والأيسر في المهمة السمعية المفردة تجاه الإناث، وكذلك وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الذكور والإناث في منطقتي التلفيف الصدغي العلوي، والفص القذالي الأيمن والأيسر تجاه الذكور أثناء التبديل بين المهام، وعدم وجود فروق ذات دلالة في المناطق الدماغية الأخرى.

جدول (٦) *اختبار مان ويتني ودلالة قيمته للفروق بين الذكور والإناث في نسبة النشاط في النماذج الثلاثة للمهام*

المتغيرات	الذكور		الإناث		قيمة u	قيمة z	مستوى الدلالة
	مجموع الرتب	*متوسط الرتب*	*مجموع الرتب*	*متوسط الرتب*			
نمـــوذج المهمـــة البصرية المفردة	٦.٠٠	٣٠.٠٠	٦.٨٦	٤٨.٠٠	١٥.٠٠٠	٤٠٦.-	٠.٦٨٥
نمـــوذج المهمـــة السمعية المفردة	٣.٢٠	١٦.٠٠	٨.٨٦	٦٢.٠٠	١.٠٠٠	٢.٦٨٠-	٠.٠٠٧
نمـوذج التبـديل بـين المهام	٩.٤٠	٤٧.٠٠	٤.٤٣	٣١.٠٠	٣.٠٠٠	٢.٣٥٥-	٠.٠١٩

تشير نتائج جدول (٦) إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الذكور والإناث في أداء المهمة السمعية تجاه الإناث، وكذلك وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الذكور والإناث في نسبة نشاط المناطق الدماغية في أثناء التبديل بين المهام تجاه الذكور.

ويتضح من الفروق بين الذكور والإناث في نسبة النشاط أن متوسط الرتب لدى الإناث في المهمة البصرية (٤٨) أعلى من متوسط الرتب للذكور في المهمة البصرية (٣٠)، وكذلك متوسط الرتب في المهمة السمعية لدى الإناث (٦٢) أعلى من متوسط الرتب للذكور في المهمة السمعية (١٦)، وذلك يشير إلى أن نسب النشاط في المهمة المفردة (البصرية، والسمعية) تجاه الإناث وإن لم تكن الفروق ذات دلالة إلا في المهمة السمعية، ويمكن تفسير ذلك في ضوء أن الفص الصدغي الأيسر له دور في التعرف على الكلمات والأرقام (عبدالقوي،٢٠١٧). وفي حين أنه في المهمة السمعية تقدم مجموعة من الأرقام للتمييز بين الرقم الفردي والزوجي، وبالإضافة إلى أن سعة الذاكرة العاملة من العوامل التي تؤثر في أداء المهام المعرفية (Camden,2015) واتساقًا مع دراسة" سبيك وآخرين" Speck et al. (2000) التي أوضحت أن الإناث أكثر تجنيبا للشق الأيسر فيما يتعلق بالذاكرة العاملة وذلك مقارنة بالذكور الذين يكونون أكثر تجنيبًا للشق الأيمن، ومن ثم يتضح أن الإناث في المهمة السمعية يكن لديهن عبء في نشاط الشق الأيسر مما قد يكون تفسيرًا لزيادة النشاط لديهن.

وقد يُعزى زيادة النشاط لدى الإناث مقارنة بالذكور في المهمة السمعية إلى نشاط أعلى لوحظ لدى الإناث في منطقة الفص الجداري العلوي الأيمن والأيسر، وإن كان نشاط هذه المنطقة اختلفت درجته لدى الإناث إلا أنه كان نشاطًا ملحوظًا

في هذه المنطقة بشكل دال لديهن مقارنة بالذكور الذين لم يظهر لديهم نشاط دال في هذه المنطقة، ويؤدي الفص الجداري دورًا في الوظائف المعرفية كالذاكرة قصيرة الأمد والذاكرة العاملة، فإذا طُلب من شخص ما أن يردد عدة أرقام فإنه لابد أن يسمعها ببطء حتى يقوم بتشغيلها في الدماغ ثم يكررها(عبدالقوي،٢٠١٧)، وقد يفسر ذلك سبب نشاط الفص الجداري في النماذج الثلاثة للمهام لما لهذه المنطقة من دور في الذاكرة. واتساقًا مع تفسير هذه النتيجة بالنسبة للفروق التي ترجع إلى النوع في المهمة السمعية، يُعزى أيضًا وجود فروق دالة بينهم في نسبة النشاط في أثناء التبديل بين المهام إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الذكور والإناث في منطقتي التلفيف الصدغي العلوي، والفص القذالي الأيمن والأيسر تجاه الذكور أثناء التبديل بين المهام.

وعلى العكس من ذلك في مهمة التبديل بين المهام كان متوسط الرتب لدى الذكور (٤٧) أعلى من الإناث (٣١) وكان ذلك فرقًا دالًا احصائيًا، وفي حدود علم الطالبة لم يكن اختبار الفروق بين الذكور والإناث في النماذج التي اعتمدت عليها الدراسة قد دُرس سابقًا ولكن اتفقت نتائج الدراسة الحالية جزئيًا مع ما كشفت عنه نتائج التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي في دراسة "تشيرنيج" Tschernegg et al.(2017) حيث أظهرت الإناث مقارنة بالذكور زيادة في النشاط الدماغي في المهمة الثنائية اللفظية. وفي المهمة الثنائية المكانية أظهر الذكور مقارنة بالإناث زيادة في النشاط الدماغي. وبالنسبة للمهمة المكانية المفردة أظهرت الإناث زيادة في النشاط الدماغي مقارنة بالذكور الذين لوحظ لديهم نشاط دماغي أعلى في ظرف المهمة اللفظية المفردة.

نص الفرض الثالث على: "يمكن تحديد المناطق الدماغية التي تنشط عند أداء كل من المهام البصرية والسمعية المفردة والمختلطة طبقًا للتصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي".

نتائج التحقق من الفرض الثالث:

- لوحظ نشاط الفص القذالي الأيمن والأيسر في نموذج المهمة البصرية المفردة، ونموذج المهام المتعددة وذلك يرجع إلى عرض التنبيهات البصرية، حيث تتموضع بالفص القذالي منطقة الإحساس البصري وهي المنطقة التي تستقبل الاحساسات البصرية من العينين عبر العصب البصري أي أنها تمثل المركز البصري وهذا المركز يستقبل المثيرات البصرية بشكل ثنائي أي من العينين، وأيضًا توجد به منطقة الترابط البصري المسئولة عن معنى الصور التي نراها

والألفاظ التي نقرأها، وكذلك نشاط التلفيف الصدغي الأيمن والأيسر نتيجة لعرض التنبيهات السمعية، حيث تتموضع به المنطقة الحسية السمعية المسئولة عن استقبال السيالات العصبية السمعية، وأيضًا تتموضع به منطقة الترابط السمعي وهي المنطقة المسئولة عن فهم وإدراك المثيرات السمعية (عبد القوي،٢٠١٧،٧٨،٧٥،٧٠)

- كما كشفت النتائج عن نمط من تطابق النشاط بدرجة كبيرة ففي حالة زيادة نشاط الفص القذالي الأيسر في المهمة البصرية اقترن ذلك بنشاط أكبر في الفص الصدغي الأيسر في المهمة السمعية، والعكس صحيح أي في حالة زيادة نشاط الفص القذالي الأيمن في المهمة البصرية اقترن ذلك بنشاط أكبر في الفص الصدغي الأيمن في المهمة السمعية. وأيضًا ظهر لدى بعض المشاركين النمط المعاكس أي أنه إذا نشط الفص الأيمن بشكل أكبر في المهمة البصرية ارتبط ذلك بنشاط أعلى للفص الأيسر في المهمة السمعية ولكن هذا النمط المعاكس كان أكثر ظهورا لدى الإناث مقارنة بالذكور.
- كما ظهر لدى بعض الإناث نشاط في منطقتي التلفيف الصدغي الأوسط الثنائي، والتلفيف الجبهي السفلي الأيمن.
- وكذلك لوحظ نشاط منطقة "فرنيكي" المنطقة الجدارية اليسرى من التلفيف فوق الهامشي وهي تلك المنطقة المسئولة عن تفسير المعلومات السمعية، والبصرية أي فهم اللغة المنطوقة التي نسمعها والمكتوبة التي نقرأها وتمثل ذلك في عرض حروف بصرية، وأشكال هندسية بصرية، وكلمات مكتوبة، وأرقام مسموعة، وأصوات غير لغوية، والتي لوحظ زيادة نشاطها لدي الذكور في المهمة البصرية بشكل أكبر مقارنة بالإناث، كما أوضحت النتائج نشاطًا أعلى لمنطقة "بروكا" لدى الإناث مقارنة بالذكور.

- وأيضًا كشفت النتائج عن نشاط منطقتي الحركة التكميلية وقبل التكميلية بالفص الجبهي المسئولتان عن التخطيط الداخلي للحركة وتخطيط تسلسل الحركة والتنسيق بين جانبي الجسم وتقعا على سطح خط الوسط من نصف الكرة الأمامي للقشرة الحركية الأساسية. وذلك يتفق مع ما كشف عنه "روشورث وآخرون" Rushworth et al. (2002) حيث أوضح نشاط عدة مناطق دماغية من بينها منطقة الحركة التكميلية وقبل التكميلية عند أداء التنبيهات المختلطة، وأشار"كرون وآخرون"(2006) Crone et al. أن هاتان المنطقتان ترتبطان بإعادة تشكيل قواعد المهام، وفي دراسة " تاناكا وكيرينو" (2017) Tanaka &

Kirino أوضحا أن منطقة الحركة التكميلية لا يقتصر دورها على الحركة فقط ولكن تبين أن لها دورًا معرفيًا يتمثل في التمثيل الداخلي للأداء قبل التنفيذ الفعلي.

- وبالإضافة إلى ذلك فإن نشاط التلفيف الصدغي الأيمن العلوي لوحظ في نموذج التبديل بين المهام وذلك قد يرجع إلى دور هذه المنطقة في استدعاء الأشكال الهندسية (مربع، ودائرة).

- اتضح من خلال التصوير العصبي أن منطقة برودمان كانت أكثر نشاطًا في ظرف التبديل بين المهام وذلك ما تبين أيضًا عند مقارنة "روكا وآخرين"(2011).Roca et al حيث استخدم التصوير العصبي بالرنين المغناطيسي الوظيفي للمقارنة بين ثلاث مجموعات في أداء اختبارات للمهام المتعددة، وتوصلت النتائج إلى أن المجموعة التي لديها إصابة بالفص الجبهي والمجموعة التي لديها إصابة أيضًا بالمنطقة رقم (١٠) أظهرا عجزًا في أداء تعدد المهام، ومهام نظرية العقل مقارنة بالمجموعة الضابطة، ومن ثم أشارت دراستهم إلى دور المنطقة رقم (١٠) في القيام بالمهام المتعددة، وتبين من دراسة "بورجيس وآخرين" (2000). Burgess et al أن الذاكرة المستقبلية والتخطيط يتطلبا دعم عدة مناطق منها منطقة برودمان رقم (١٠) ، وتأكيدًا لدور الفص الجبهي الذي تقع به منطقة برودمان أشارت دراسة "جايجي وآخرين"(٢٠٠٣) .Jaeggi et al إلى زيادة النشاط في الفص الجبهي في أثناء أداء المهام الثنائية مقارنة بالمهمة المفردة.

- **التوصيات والبحوث المقترحة**

واجهت الدارسة عدة صعوبات تلك التي أدت إلى ظهور عدد من المقترحات تحتاج لمزيد من البحث استكمالًا لما وصلت إليه نتائج الدراسات السابقة ونتائج الدراسة الحالية وتتمثل تلك المقترحات في الآتي:

١-قياس سرعة ودقة الأداء المعرفي مقترنًا بقياس نسبة نشاط المناطق الدماغية لدي العينة ذاتها.

٢-الكشف عن العوامل الفيزيولوجية والمعرفية التي تبرز الفروق التي ترجع إلى النوع في الأداء المعرفي والنشاط الدماغي.

٣-تحديد المناطق الدماغية التي تسهم في الأداء المعرفي للتنبيهات باختلاف أنواعها.

٤- تحديد زمن نشاط المناطق الدماغية مقترنًا بأداء عمليات معرفية محددة لإيجاد العلاقة بين المنطقة والعملية المعرفية المؤداة.

قائمة المراجع

أولا: المراجع العربية:

الصبوة، محمد نجيب، القرشي، عبد الفتاح (٢٠١٢). *علم النفس التجريبي*، القاهرة: دار القلم.

القرشي، عبد الفتاح (٢٠٠١). *تصميم البحوث في العلوم السلوكية*، القاهرة، دار القلم.

سولسو، روبرت (٢٠٠٠). *علم النفس المعرفي*. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

عبد القوي، سامي (٢٠١٧). *علم النفس الفسيولوجي*. ط٣ القاهرة: الأنجلو المصرية.

محمد، زينب (٢٠٢١) المعالجة الحسية وعلاقتها ببعض المشكلات السلوكية لدى أطفال ذوي اضطراب طيف التوحد. *مجلة دراسات تربوية واجتماعية*.٢٧(١.٩)،١٠٥-١٧٦.

موسى، أحمد (٢٠١٥). *مدخل إلى علم النفس الفيزيولوجى*، القاهرة: إيتراك للطباعة.

رمضان، سعيد (٢٠١١). *تأثر التجنيب والتعاكس والنوع والمدة الفاصلة بين التنبهين على تداخل المهام الثنائية*. رسالة دكتوراه غير منشورة. كلية الآداب، جامعة بنى سويف.

عبد المجيد، أميمة (٢٠١٢). *بعض محددات كفاءة عملية التبديل بين المهام المتعددة المتآنية*، رسالة ماجستير غير منشورة. كلية الآداب، جامعة القاهرة.

عبد المجيد، أميمة (٢٠١٦). *أثر التعلم الإدراكي في تحسين كفاءة التبديل الانتباهى بين المهام المتعددة غير المتماثلة عبر النوعيات الحسية*. رسالة دكتوراه غير منشورة. كلية الآداب، جامعة القاهرة.

يوسف، عمرو (٢٠١٩). *تقنيات التصميم التجريبي باستخدام E-prime*. القاهرة: علم الكتب للنشر والتوزيع.

ثانيا: المراجع الأجنبية:

Ahmad, A., Darmoul, S., Dabwan, A., Alkahtani, M., & Samman, S. (2016). Human error in multitasking environments. *In Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management),* Kuala Lumpur, Malaysia (pp. 8-10).

Altmann, E. M., & Trafton, J. G. (2002). Memory for goals: An activation-based model. *Cognitive science*, 26(1), 39-83.

Arrington, C. M., & Logan, G. D. (2005). Voluntary task switching: chasing the elusive homunculus. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(4), 683-702.

Banich, M. T. (1998). Integration of Information between the cerebral hemispheres.
Current Directions in Psychological Science, 7 (1), 32- 37.

Becker, L., Kaltenegger, H. C., Nowak, D., Rohleder, N., & Weigl, M. (2023). Differences in stress system (re-) activity between single and dual-or multitasking in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *Health psychology review*, 17(1), 78-103.

Braver, T. S., Reynolds, J. R., & Donaldson, D. I. (2003). Neural mechanisms of transient and sustained cognitive control during task switching. *Neuron*, 39(4), 713-726.

Burgess, P. W., Veitch, E., de Lacy Costello, A., & Shallice, T. (2000). The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking. *Neuropsychologia*, 38(6), 848-863.

Cabeza, R., & Kingstone, A. (Eds.). (2006). *Handbook of functional neuroimaging of cognition*. (2nd ed.) Mit Press.

Camden, A. N. (2015). *Theoretical throughput capacity: Capabilities of human information processing during multitasking*. (Doctoral dissertation, Wright State University)

Chan, J. L. (2017). *Investigating Cognitive Control And Task Switching Using The Macaque Oculomotor System* (Doctoral dissertation, The University of Western Ontario (Canada).

Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S. E., & Bunge, S. A. (2006). Neural evidence for dissociable components of task-switching. *Cerebral cortex*, 16(4), 475-486.

Dreher, J. C., & Grafman, J. (2003). Dissociating the roles of the rostral anterior cingulate and the lateral prefrontal cortices in performing two tasks simultaneously or successively. *Cerebral cortex*, 13(4), 329-339.

Dreher, J. C., Koechlin, E., Tierney, M., & Grafman, J. (2008). Damage to the fronto-polar cortex is associated with impaired multitasking. *PLoS One*, 3 (9), e3227.

Dux, P. E., Tombu, M. N., Harrison, S., Rogers, B. P., Tong, F., & Marois, R. (2009). Training improves multitasking performance by increasing the speed of information processing in human prefrontal cortex. *Neuron*, 63(1), 127-138.

Dove, A., Pollmann, S., Schubert, T., Wiggins, C. J., & Von Cramon, D. Y. (2000). Prefrontal cortex activation in task switching: an event-related fMRI study. *Cognitive brain research*, 9(1), 103-109.

Driver, S. M. J. (2000). Control of cognitive processes. *Attention and performance*, 17

Dzubak, C. M. (2008). Multitasking: The good, the bad, and the unknown. *The Journal of the Association for the Tutoring Profession*, 1(2), 1-12.

Erickson, K. I., Colcombe, S. J., Wadhwa, R., Bherer, L., Peterson, M. S., Scalf, P. E., ... & Kramer, A. F. (2007). Training-induced functional activation changes in dual-task processing: an FMRI study. *Cerebral Cortex*, 17(1), 192-204.

Fitzgerald, P. B., Srithiran, A., Benitez, J., Daskalakis, Z. Z., Oxley, T. J., Kulkarni, J., & Egan, G. F. (2008). An fMRI study of prefrontal brain activation during multiple tasks in patients with major depressive disorder. *Human Brain Mapping*, 29(4), 490-501.

Filmer, H. L., Mattingley, J. B., & Dux, P. E. (2013). Improved multitasking following prefrontal tDCS. *Cortex*, 49(10), 2845-2852.

Forstmann, B. U., Brass, M., & Koch, I. (2007). Methodological and empirical issues when dissociating cue-related from task-related processes in the explicit task-cuing procedure. *Psychological Research*, 71(4), 393-400.

Grange, J., & Houghton, G. (Eds.). (2014). *Task switching and cognitive control*. Oxford University Press, USA.

Grill-Spector, K., Henson, R., & Martin, A. (2006). Repetition and the brain: neural models of stimulus-specific effects. *Trends in cognitive sciences*, 10(1), 14-23.

Hirnstein, M., Larøi, F., & Laloyaux, J. (2019). No sex difference in an everyday multitasking paradigm. *Psychological Research*, 83(2), 286-296.

Jaeggi, S. M., Seewer, R., Nirkko, A. C., Eckstein, D., Schroth, G., Groner, R., & Gutbrod, K. (2003). Does excessive memory load attenuate activation in the prefrontal cortex? Load-dependent processing in single and dual tasks: functional magnetic resonance imaging study. *NeuroImage*, 19(2), 210-225.

Just, M. A., Carpenter, P. A., Keller, T. A., Emery, L., Zajac, H., & Thulborn, K. R. (2001). Interdependence of nonoverlapping cortical systems in dual cognitive tasks. *Neuroimage*, *14*(2), 417-426.

Just, M. A., & Buchweitz, A. (2014). What brain imaging reveals about the nature of multitasking. *The Oxford handbook of cognitive science*, 1-16.

Just, M. A., Keller, T. A., & Cynkar, J. (2008). A decrease in brain activation associated with driving when listening to someone speak. *Brain research*, 1205, 70-80.

Kiesel, A., Johannsen, L., Koch, I., & Müller, H. (Eds.). (2022). *Handbook of human multitasking*. Springer Nature.

Kim, C., Johnson, N. F., Cilles, S. E., & Gold, B. T. (2011). Common and distinct mechanisms of cognitive flexibility in prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 31(13), 4771-4779.

Logan, G. D. (2004). Working memory, task switching, and executive control in the task span procedure. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(2), 218-236

Lui, K. F., Yip, K. H., & Wong, A. C. (2020). Gender differences in multitasking experience and performance. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* , 74(2), 344-362.

Lui, K. F., & Wong, A. C. N. (2019). Multiple processing limitations underlie multitasking costs. *Psychological research*, 84(7), 1946-1964.

Murray, M. M., De Santis, L., Thut, G., & Wylie, G. R. (2009). The costs of crossing paths and switching tasks between audition and vision. *Brain and cognition*, 69(1), 47-55.

McFadyen, B. J., Cantin, J. F., Swaine, B., Duchesneau, G., Doyon, J., Dumas, D., & Fait, P. (2009). Modality-specific, multitask locomotor deficits persist despite good recovery after a traumatic brain injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 90(9), 1596-1606.

Oberauer, K., Süß, H. M., Wilhelm, O., & Wittman, W. W. (2003). The multiple faces of working memory: Storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, 31(2), 167-193.

Roca, M., Torralva, T., Gleichgerrcht, E., Woolgar, A., Thompson, R., Duncan, J., & Manes, F. (2011). The role of Area 10 (BA10) in human multitasking and in social cognition: a lesion study. *Neuropsychologia*, 49(13), 3525-3531.

Richter, F. R., & Yeung, N. (2014). Neuroimaging studies of task switching. In J. Grange, & G. Houghton (Eds.). *Task switching and cognitive control,* 237-271. Oxford University Press, USA.

Rubinstein, J. S., Meyer, D. E., & Evans, J. E. (2001). Executive control of cognitive processes in task switching. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 27(4), 763-797.

Rushworth, M. F. S., Hadland, K. A., Paus, T., & Sipila, P. K. (2002). Role of the human medial frontal cortex in task switching: a combined fMRI and TMS study. *Journal of neurophysiology*, *87*(5), 2577-2592.

Stelzel, C., Schumacher, E. H., Schubert, T., & D'Esposito, M. (2006). The neural effect of stimulus-response modality compatibility on dual-task performance: an fMRI study. *Psychological research*, 70(6), 514-525.

Szameitat, A. J., Hamaida, Y., Tulley, R. S., Saylik, R., & Otermans, P. C. (2015). "Women are better than men"–Public beliefs on gender differences and other aspects in multitasking. *PloS one*, 10(10), 1-26

Stephan, K. E., Marshall, J. C., Penny, W. D., Friston, K. J., & Fink, G. R. (2007). Interhemispheric integration of visual processing during task-driven lateralization. *Journal of Neuroscience*, 27(13), 3512-3522.

Soares, J. M., Magalhães, R., Moreira, P. S., Sousa, A., Ganz, E., Sampaio, A., ... & Sousa, N. (2016). A Hitchhiker's guide to functional magnetic resonance imaging. *Frontiers in neuroscience*, 10(515),1-35.

Speck, O., Ernst, T., Braun, J., Koch, C., Miller, E., & Chang, L. (2000). Gender differences in the functional organization of the brain for working memory. *Neuroreport*, *11*(11), 2581-2585.

Sohn, M. H., Ursu, S., Anderson, J. R., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2000). The role of prefrontal cortex and posterior parietal cortex in task switching. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(24), 13448-13453.

Strobach, T., & Woszidlo, A. (2015). Young and older adults' gender stereotype in multitasking. *Frontiers in psychology*, 6 ,1-6.

Tanaka, S., & Kirino, E. (2017). Dynamic reconfiguration of the supplementary motor area network during imagined music performance. Frontiers in human neuroscience, 11, 606.1-11

Tschernegg, M., Neuper, C., Schmidt, R., Wood, G., Kronbichler, M., Fazekas, F., ... & Koini, M. (2017). FMRI to probe sex-related differences in brain function with multitasking. *PloS one*, 12(7),1-15.

VandenBos, G. R. (٢٠١٥). *APA college dictionary of psychology. American Psychological Association.*

Wang, Y. W. (2020). *Task Switching, Executive Control, and Neural Mechanisms*. (Doctoral dissertation, University of California, Santa Barbara).

Wasylyshyn, C. V. (2007). *Individual differences in task switching, executive functioning, and cognition*. (Doctoral dissertation, Syracuse University).

Weiskopf, N., Hutton, C., Josephs, O., Turner, R., & Deichmann, R. (2007). Optimized EPI for fMRI studies of the orbitofrontal cortex: compensation of susceptibility-induced gradients in the readout direction. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*, 20, 39-49.

Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical issues in ergonomics science*, 3(2), 159-177.

Wu, X. (2020). *The Role of Frontal-Striatal Circuits in Multiple Task Switching* (Doctoral dissertation, The Chinese University of Hong Kong (Hong Kong)).

Ward, N., Hussey, E. K., Cunningham, E. C., Paul, E. J., McWilliams, T., & Kramer, A. F. (2019). Building the multitasking brain: An integrated perspective on functional brain activation during task-switching and dual-tasking. *Neuropsychologia*, 132,1-9