أثر التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على زمن الرجع البصري

د. عبدالله بن فهد بن داود
جامعة الملك سعود /كلية التربية/ أستاذ علم النفس المساعد/ قسم علم النفس

استلام البحث: ٢٠٢٣/٥/٣٠ قبول النشر: ٢٠٢٣/٨/١ تاريخ النشر : ٢ /١/٢٠٢٤
https://doi.org/10.52839/0111-000-080-002

المستخلص: لا يزال مجال تقنيات التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة بحاجة إلى مزيد من البحث سيما مع تباين النتائج حول مدى فعاليته على العمليات الذهنية. هدفت الدراسة الحالية إلى تقصي أثر التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة القذالية على زمن رجع الأداء في مهمة تمييز الاتجاه البصري بظرفيها العامودي والمائل من خلال إجراء تحليل ثانوي لبيانات دراسة سابقة حول تأثير التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة القذالية على عتبة تمييز الاتجاه البصري. تم توزيع المشاركين عشوائيا لتلقي أحد أنواع التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة (التحفيز الآنودي، التحفيز الكاثودي، التحفيز المزيف) لمدة 10 دقائق وبشدة 2 ملي أمبير بين جزئي مهمة تمييز الاتجاه البصري

(قبلية: قبل المعالجة التجريبية، بعدية: بعد المعالجة التجريبية). وباستخدام تحليل التباين المختلط لبيانات 78 مشاركا، أظهرت النتائج أن زمن الرجع البصري في الظرف المائل أقل من الظرف العامودي، ممثلا ما يعرف بـــ"تأثير الميلان المعكوس". أيضا، أظهرت النتائج أن زمن الرجع البصري في الجزء البعدي من المهمة أقل من الجزء القبلي منها؛ بصرف النظر عن نوع الظرف التجريبي. كما أظهرت النتائج عدم تأثير ملحوظ للتحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة القذالية على زمن الرجع البصري. ناقشت الدراسة الحالية الأسباب المحتملة لغياب أثر التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على زمن الرجع البصري.

كلمات مفتاحية: لتحفيز المباشر عبر الجمجمة، العمليات الذهنية، رجع الرجع، تمييز الاتجاه البصري.

The Effects of Occipital Transcranial Direct Current Stimulation on a Visual Reaction Time

Dr. Abdullah Fahad M. Bin Dawood*
Assistant Professor of Psychology, Department of Psychology, College of Education, King Saud University
***E-mail: AAldawood1@ksu.edu.sa**

Abstract

The discrepancy in the effectiveness of transcranial direct current stimulation (TDCS) on cognitive processes raises the need for further investigations. The current study investigated occipital TDCS effects on reaction time (RT) of the visual orientation discrimination task (ODT) using secondary data analysis from a previous study investigating occipital TDCS effects on visual ODT thresholds. The ODT comprised vertical and oblique conditions. Participants were randomly assigned to one of three experimental conditions (Anodal-TDCS, Cathodal-TDCS, and Sham-TDCS) between two ODT runs (first run: pre-experimental condition, and second run: post-experimental condition) for 10 minutes with an intensity of 2 mA. A mixed-model ANOVA analysis of data from 78 participants showed that RT was shorter for the oblique condition than the vertical condition, reflecting an "inverse oblique effect." Also, the analysis showed that RT was shorter for the second ODT run than the first run, irrespective of the experimental condition. Additionally, the result showed no observable effects of TDCS on the visual RT. Explanations for the absent effects of occipital-TDCS on the current study are discussed.

Keywords: TDCS, cognitive processes, reaction time, orientation discrimination task

المقدمة

أتاح التطور الهائل في مجال تقنيات تحفيز الدماغ غير الباضعة (Non-Invasive Brain Stimulation "NIBS") **للباحثين والمعالجين سبل قيمة لاستكشاف العلاقة بين الدماغ والعمليات الذهنية** (Begemann et al., 2020; Kuo & Nitsche, 2012; Selimbeyoglu & Parvizi, 2010). **من أبرز تقنيات تحفيز الدماغ غير الباضعة التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة** (Transcranial direct current stimulation "tDCS")، **والذي يعتقد أن آلية تأثيره تتمثل في تغيير يحدثه في نشاط النواقل العصبية التنشيطية و التثبيطية** (Krause et al., 2013; Nitsche et al., 2003; Roche, Geiger, & Bussel, 2015; Stagg et al., 2009)، **ويستمر تأثيره لمدة تصل لـــ 90 دقيقة بعد تحفيز مدته بين 9 إلى 12 دقيقة وبشدة لا تتجاوز 2 ملي أمبير** (Antal et al., 2001; Kuo et al., 2013; Nitsche et al., 2003). **تدعيما لهذا الاعتقاد، وجد أن مستوى تركيز أهم النواقل العصبية التنشيطية "جلوتامات"** (Glutamate) **والتثبيطية "حمض جاما أمينو بيوتريك"** (Gamma-aminobutyric acid (GABA)) **لدى بالغين من البشر يتغير بعد التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة، وأن التغير مرتبط بنوع التحفيز المستخدم (تحفيز آنودي: منشط، تحفيز كاثودي: مثبط) فوق المنطقة المستهدفة من القشرة المخية** (Krause et al., 2013; Roche et al., 2015; Stagg et al., 2009). **فعلى سبيل المثال، بينما حدث انخفاض ملحوظ في مستوى تركيز الناقل العصبي حمض جاما أمينو بيوتريك بعد التحفيز الآنودي بالتيار المباشر عبر الجمجمة "تحفيز آنودي"** (Anodal-tDCS) **مقارنة بالتحفيز المزيف** (Sham-tDCS)، **حدث انخفاض ملحوظ في مستوى تركيز الناقلين العصبيين جلوتامات وحمض جاما أمينو بيوتريك بعد التحفيز الكاثودي بالتيار المباشر عبر الجمجمة "تحفيز كاثودي"** (Cathodal-tDCS) **مقارنة بالتحفيز المزيف** (Stagg et al., 2009). **أيضا، هذه النتيجة متسقة مع ما أظهرته دراسات حيوانية من نتائج تشير إلى أن التحفيز الآنودي يزيد من إزالة الاستقطاب الخلوي** (depolarisation) **بينما يؤدي التحفيز الكاثودي إلى زيادة الاستقطاب الخلوي** (hyperpolarisation) (Bindman et al., 1962; Purpura, 1959; Purpura & McMurtry, 1965)، **مؤكدة اعتماد آلية تأثير التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة على القطبية في التنشيط والتثبيط العصبي.**

باستخدام التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة، اختبرت مجموعة من الدراسات إمكانية إحداث تغيير في أداء مهام ذهنية مختلفة، وكانت النتائج متباينة (Horvath et al., 2016; Lee et al., 2021; Molero-Chamizo et al., 2018; Sevilla-Sanchez et al., 2022). **فعلى سبيل المثال، التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة لمنطقة القشرة المخية الحركية أحدث تغير في زمن الرجع المقاس بواسطة مهمة زمن الرجع البسيط، حيث إن التحفيز الآنودي أدى إلى تقلص زمن الرجع مقارنة بالتحفيز المزيف** (Molero-Chamizo et al., 2018). **وعلى النقيض من ذلك، أظهرت نتائج دراسة تم فيها مقارنة**

فاعلية ١٥ برتوكولا مختلفا على زمن الرجع الحركي البسيط عدم وجود تأثير ملحوظ للتحفيز بالتيار المباشر على الجمجمة للقشرة المخية الحركية (Horvath et al., 2016). أيضا، وجد أن التحفيز الآنودي بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية الصدغية مقارنة بالتحفيز المزيف يؤدي إلى تدهور في تمييز التردد (Tang & Hammond, 2013)، بينما وجد أن التحفيز الكاثودي بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية السمعية مقارنة بالتحفيز المزيف يؤدي إلى تدهور في تمييز النغمة (Mathys et al., 2010). وعلى النقيض من ذلك، أظهرت نتائج دراسة أخرى عدم وجود أي أثر ملحوظ للتحفيز الآنودي أو الكاثودي بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية الصدغية في الأداء في مهمة التصنيف الصوتي مقارنة بالتحفيز المزيف (Isik et al., 2023).

فضلاًعن ذلك، بحثت مجموعة من الدراسات مدى إمكانية إحداث تغيير في الأداء في مهام ذهنية مختلفة من خلال تحفيز القشرة المخية القذالية، وكانت نتائجها متباينة (Behrens et al., 2017; Costa et al., 2015; Ding et al., 2016; Kraft et al., 2010; Reinhart et al., 2016; Spiegel et al., 2012). فعلى سبيل المثال، بينما وجد أن التحفيز الآنودي بالتيار المباشر على الجمجمة للقشرة المخية القذالية مقارنة بالتحفيز الزائف يعقبه تحسن في الأداء في مهمة تمييز اتجاه الخطوط (Reinhart et al., 2016)، وأن حساسية التباين في المنبهات البصرية تقل أثناء وعقب التحفيز الكاثودي بالتيار المباشر للجمجمة للقشرة المخية القذالية وتتحسن أثناء وعقب التحفيز الآنودي (Behrens et al., 2017; Ding et al., 2016)، لم يوجد أي أثر ملحوظ لأي من التحفيز الآنودي أو الكاثودي على حساسية التباين عند استهداف الفص القذالي بالتحفيز (Antal et al., 2001). أيضا، وجد أن التحفيز الآنودي بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية يؤدي إلى كبح زمن الرجع البصري مقارنة بالتحفيز المزيف (McDermott et al., 2019) بينما وجد العكس في دراسة أخرى، وتحديدا تقلص زمن الرجع البصري عقب التحفيز الآنودي والكاثودي للقشرة المخية القذالية، علما بأن هذه النتيجة محدودة بخصائص المنبهات البصرية كالتباين بين الشكل والخلفية (Sung & Gordon, 2018). إضافة لذلك، خلصت دراسة تلوي حديثة بأن تأثير التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية غير ملحوظ على زمن الرجع أو الأداء في مهام بصرية كمهمة الإدراك البصري الحركي ومهمة الحدة البصرية (Bello et al., 2023).

يعزى التباين في النتائج حول مدى فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة إلى الاختلاف بين الدراسات في البروتوكولات الخاصة بالتحفيز كمدة وشدة وموضع التحفيز وطبيعة المهام المستخدمة (Antal et al., 2004; Batsikadze et al., 2013; Gill et al., 2015; Kwon et al., 2015; Leite et al., 2011; Leite et al., 2018; Nitsche et al., 2008; Priori et al., 1998; Schroeder et al., 2020; Thair et al., 2017; Woods et al., 2016). فعلى سبيل المثال، وجدت دراسة سابقة أن

التأثير اللاحق للتحفيز المباشر عبر الجمجمة يعتمد على مدة التحفيز حيث إن 5-7 دقائق من التحفيز يحدث تأثيرا لاحقا لا تتجاوز مدته 5 دقائق بينما التحفيز لمدة بين 9 إلى 12 دقيقة يحدث تأثيرا لاحقا تصل مدته إلى 90 دقيقة من انتهاء التحفيز (Nitsche et al., 2003). إضافة لذلك، تلعب شدة التحفيز دورا هاما في فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة على الأداء في مهام ذهنية مختلفة(Batsikadze et al., 2013; Priori et al., 1998) ، فقد وجد أن تأثير التحفيز عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية كان مؤثرا بشكل ملحوظ في الأداء الإدراكي فقط عندما كانت شدة التحفيز 2 ملي أمبير مقارنة بشدة 1 ملي أمبير (Batsikadze et al., 2013).

أيضا، وجد أن موقع الأقطاب (القطب المستهدف "target electrode" والقطب المرجعي " reference electrode") على الجمجمة أو خارجها يلعب دورا محوريا في مدى فاعلية التحفيز (Antal et al., 2004; Leite et al., 2018; Woods et al., 2016)، كما وجد أن حجم قطب التحفيز يؤثر في مدى فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة (Ho et al., 2016; Kirimoto et al., 2011; Nitsche et al., 2007)، حيث إن تقليص حجم القطب يتزامن معه زيادة في تركيز التحفيز بينما الزيادة في حجم القطب يؤدي إلى بعثرة التحفيز (Nitsche et al., 2007). فضلاًعن ذلك، تشير نتائج العديد من الدراسات إلى اعتمادية فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة على نوعية وطبيعة المهام المستخدمة (Gill et al., 2015; Kwon et al., 2015; Leite et al., 2011; Schroeder et al., 2020; Thair et al., 2017). فقد وجد أن تأثير التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة يكون ملحوظا فقط على الأداء في مهام متوسط الصعوبة مقارنة بشديدة أو منخفضة الصعوبة (Kwon et al., 2015). كما خلصت نتائج دراسة تلوي حديثة بأن أحد الأسباب المفسرة لتناقض النتائج في مجال أبحاث التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة يعود إلى الاختلاف والتباين في المهام المستخدمة (Schroeder et al., 2020).

هدف الدراسة

ولتباين النتائج حول مدى فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة خاصة فيما يتعلق بالقشرة المخية القذالية، هدفت الدراسة الحالية لاستكشاف مدى فاعلية هذه التقنية في التأثير على زمن الرجع في مهمة تمييز الاتجاه البصري ولذلك لاعتماد الأداء فيها على آليات التثبيط العصبي (Edden et al., 2009; Kurcyus et al., 2018; Leventhal et al., 2003; Sillito, 1975)، كما ويعد مستوى الأداء في مهمة تمييز الاتجاه البصري مؤشرا غير مباشر على مستوى التنشيط والتثبيط العصبي في القشرة المخية القذالية (Dickinson et al., 2014; Dickinson, Jones, et al., 2016). مؤيدا لذلك، وجد أن عتبة تمييز الاتجاه البصري ترتبط عكسيا مع مستويات تركيز جاما أمينو بيوتريك في القشرة المخية القذالية (Edden et al., 2009; Kurcyus et al., 2018).

في مهمة تمييز الاتجاه البصري، يعرض على المشارك زوج من المنبهات البصرية المخططة بشكل متسلسل في شاشة حاسب آلي، ويطلب منه تحديد ما إذا تم تدوير خطوط المنبه المعروض ثانيا "المنبه المستهدف" مع أو عكس عقارب الساعة مقارنة باتجاه خطوط المنبه المعروض أولا "المنبه المرجعي" من خلال الضغط على السهم الأيمن أو الأيسر الموجودة في لوحة مفاتيح حاسب آلي (Dickinson et al., 2015; Dickinson et al., 2014; Edden et al., 2009). تضم مهمة تمييز الاتجاه ظرفين بناء على اتجاه خطوط المنبه المرجعي، حيث تكون خطوطه عمودية بدرجة صفر في الظرف العامودي بينما تكون مائلة بـــ 45 في الظرف المائل (Dickinson et al., 2015; Dickinson et al., 2014; Edden et al., 2009). تشير العديد من الدراسات إلى أن تمييز الاتجاه في الظرف العامودي أسهل منه في الظرف المائل، عاكسة ما يعرف بـــ"تأثير الميلان" "Oblique Effect" (Appelle, 1972; Vogels & Orban, 1985)، والذي يعزى إلى كثرة عدد الخلايا المخصصة للاستجابة للمنبهات العامودية مقارنة بتلك المخصصة للاستجابة للمنبهات المائلة (Li et al., 2003; Mansfield, 1974). فضلاًعن تأثير الميلان في العتبات الحسية البصرية، فقد وجد تأثيره ملحوظا على زمن الرجع؛ حيث إن زمن رجع الاستجابة في الظرف العامودي من مهمة تمييز اتجاه الخطوط كان أقل منه في الظرف المائل.
(L'Hommedieu& Meyer, 1982)

أهمية الدراسة

تتمثل أهمية الدراسة الحالية في إضافتها للأدبيات العلمية المهتمة باستكشاف والتحقق من مدى فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة القذالية في التأثير على الجوانب الذهنية (Behrens et al., 2017; Costa et al., 2015; Ding et al., 2016; Kraft et al., 2010; Reinhart et al., 2016; Spiegel et al., 2012)، كما أنها امتداد لدراسة سابقة سعت للتحقق من مدى فاعلية تأثير التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على عتبة تمييز الاتجاه البصري (Bin Dawood et، al., 2020) والتي تم قياسها باستخدام مهمة تمييز الاتجاه البصري. أظهرت نتائج الدراسة السابقة عدم وجود أي تأثير للتحفيز المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على العتبة الحسية عدا "تأثير الإيحاء" "Placebo effect"، حيث لوحظ تحسن في الأداء من خلال تقلص عتبة تمييز الاتجاه عقب أي شكل من أشكال التحفيز سواء كان حقيقيا (التحفيز الآنودي أو الكاثودي) أو مزيفا (BinDawood et al., 2020) . ولأن عدم وجود تأثير ملحوظ للتحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على عتبة تمييز الاتجاه البصري لا يعني بالضرورة عدم تأثيره على العمليات الأخرى المتعلقة بأداء المهمة كزمن الرجع خاصة مع إشارة العديد من الدراسات إلى أن فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة تتأثر بطبيعة المهمة ومؤشراتها (Gill et al., 2015; Kwon et al., 2015; Leite et al., 2011; Schroeder et al., 2020; Thair et al., 2017)، عمدت الدراسة

الحالية إلى استخدام التحليل الثانوي للبيانات التي تم جمعها واستخدامها للتحقق من مدى فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على عتبة تمييز الاتجاه البصري (Bin Dawood et al., 2020) للتحقق من تأثير التحفيز بالتيار المباشر للقشرة المخية القذالية على زمن الرجع البصري.

أسئلة الدراسة

سعت الدراسة الحالية للإجابة على السؤالين الآتيين:

- السؤال الأول: ما أثر التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على زمن الرجع في مهمة تمييز الاتجاه البصري بظرفيها العامودي والمائل؟
- السؤال الثاني: ما دلالة الفرق الإحصائي في زمن رجع الأداء في الظرف العامودي من مهمة تمييز الاتجاه البصري مقارنة بالظرف المائل منها؟

فروض الدراسة

- الفرض الأول: يوجد أثر ملحوظ للتحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على زمن رجع الأداء في مهمة تمييز الاتجاه بناء على نتائج الدراسات السابقة (McDermott et al., 2019; Reinhart et al., 2016).
- الفرض الثاني: يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين زمن الرجع في الظرف العامودي لمهمة تمييز الاتجاه البصري وزمن الرجع في الظرف المائل بناء على نتائج دراسة سابقة (L'Hommedieu & Meyer, 1982).

المنهجية

مجتمع الدراسة والعينة

يضم مجتمع الدراسة منسوبي جامعة شفيلد من موظفين وطلبة. وباستخدام قائمة البريد الإلكتروني لمتطوعي الجامعة، تمت الدعوة للمشاركة في الدراسة. شارك في الدراسة الأساسية 89 متطوعا. يتمتع المشاركون بحدة إبصار جيدة طبيعيا أو تم تصحيحها، وليس لدى أي منهم تاريخ بأي من الاضطرابات العصبية كالصرع أو الشقيقة، كما وتلقوا مكافأة لمشاركتهم. أجيزت الدراسة من لجنة أخلاقيات البحث العلمي في قسم علم النفس بجامعة شفيلد، وقدم جميع المشاركين موافقة خطية مع بداية الجلسة التجريبية. تعرف طريقة اختيار العينة في الدراسة الحالية باسم الاختيار الذاتي "التطوعي"، وهي أحد أنواع العينات غير الاحتمالية. كما أن المنهج المستخدم في الدراسة الحالية هو المنهج التجريبي.

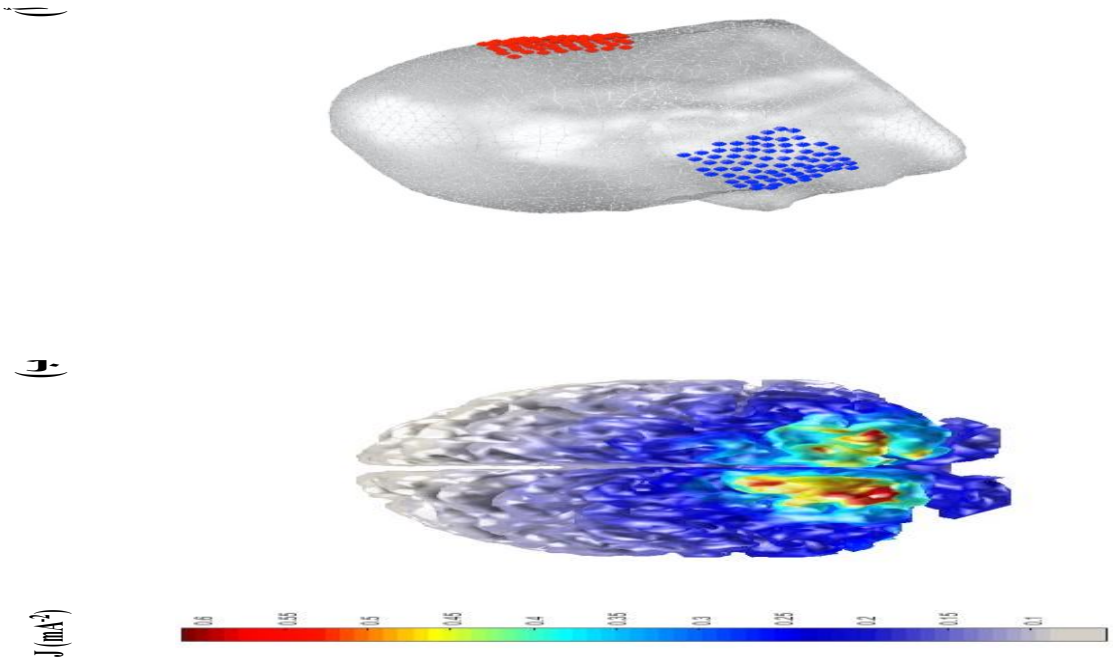
أدوات الدراسة

التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة

تم استخدام مولد ثابت يعمل بالبطارية (TCT، هونج كونج) لتوليد تيار مباشر عبر قطبين إسفنجيين مبللين بمحلول ملحي. يسمى القطب الموضوع على المنقطة المستهدفة "القطب المستهدف" بينما يمسى القطب الآخر "القطب المرجعي". تم وضع القطب المستهدف (بحجم: ٥*٥ سم) فوق القشرة المخية القذالية (وتحديدا منطقة: Oz وفقا لنظام 10-20 الدولي لوضع أقطاب التخطيط الكهربي (10-20 international EEG system) بينما وضع القطب المرجعي (بحجم: ٥*٧ سم) فوق الخد الأيسر للمشارك من أجل تجنب أي أثار محتملة على الأداء حال تحفيز منطقة إضافية في القشرة المخية (Nasseri et al., 2015; Reinhart et al., 2017).

مع بداية جلسة التحفيز، تتدرج قوة التيار الكهربي على مدى 30 ثانية وصولا لتحفيز بشدة 2 ملي أمبير لتجنب أي إزعاج قد ينتج بسبب بدء التحفيز بشدة مرتفعة. في المجموعات التي عينت لتلقي التحفيز الحقيقي (تحفيز آنودي أو كاثودي)، يستمر التحفيز لمدة 10 دقائق. مع نهاية مدة التحفيز، يعطي الجهاز إشارة صوتية بانتهاء مدة التحفيز. أما في المجموعة التي عينت لتلقي التحفيز المزيف، فإن التحفيز يتوقف بعد الثلاثين ثانية الأولى مع استمرار جلسة التحفيز إلى 10 دقائق دون معرفة المشارك بتوقف التحفيز. ومع نهاية المدة الافتراضية للتحفيز (10 دقائق)، يعطي الجهاز إشارة صوتية بانتهاء مدة التحفيز. الهدف من إعطاء تحفيز حقيقي لمدة 30 ثانية للمجموعة التي عينت لظرف التحفيز المزيف هو لتحقيق تعمية بشأن نوع التحفيز المقدم، حيث تشير العديد من الدراسات إلى نجاح هذا الأسلوب في تحقيق التعمية تلافيا لتباين توقعات المشاركين حيال نوع التحفيز الذي تلقوه. وجدير بالذكر الإشارة إلى أن التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة لمدة وجيزة (تصل إلى 30 ثانية) لم يلحظ له أثر في إحداث أي تغيير في نشاط القشرة المخية، كما أن التحفيز لمدة بين 9 إلى 12 دقيقة يحدث أثرا لاحقا بعد انتهاء مدة التحفيز تصل مدته إلى 90 دقيقة (Antal et al., 2001; Kuo et al., 2013; Nitsche et al., 2003).

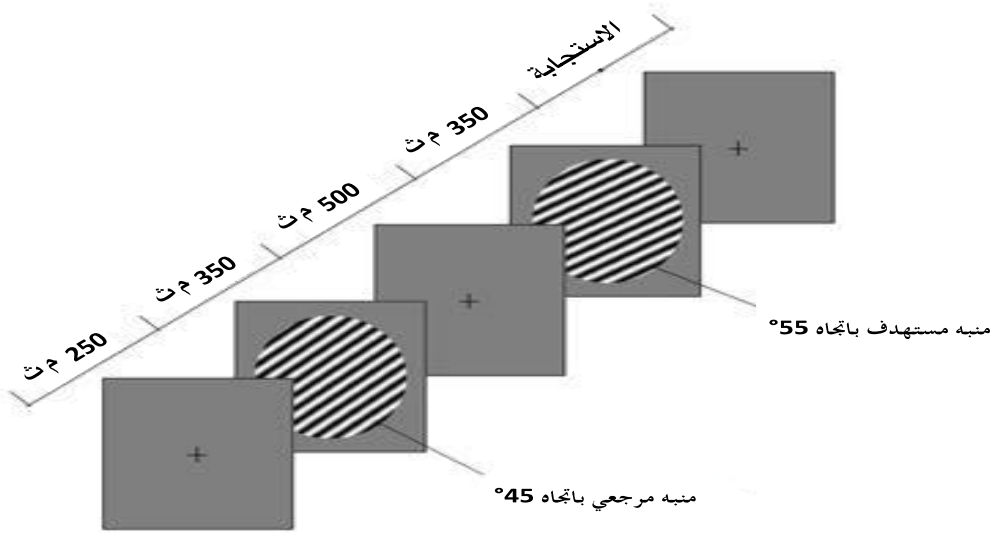
تمت محاكاة توزيع كثافة التيار الناتج عن بروتوكولات التحفيز بالتيار المباشر المستخدمة في الدراسة الحالية باستخدام COMETS (Jung et al., 2013) في دراسة سابقة (Dawood et al., 2022)، انظر الشكل رقم (1).



الشكل رقم (1) رسم توضيحي بواسطة COMETS لمواضع أقطاب التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة، حيث تم وضع القطب المستهدف فوق القشرة المخية القذالية بينما وضع القطب المرجعي على الخد الأيسر. رسم توضيحي يحاكي توزيع كثافة التيار الناتجة من بروتوكولات التحفيز بالتيار المباشر المستخدمة بواسطة COMETS. تم إعادة طباعة الشكلين أعلاه بعد أخذ الأذن من (Dawood et al., 2022).

مهمة تمييز الاتجاه البصري

تم استخدام مهمة تمييز الاتجاه البصري، والتي تم تطويرها من قبل (Edden et al., 2009)**، واستخدمت عدة مرات في دراسات سابقة** (Bin Dawood et al., 2020; Dickinson, Bruyns-Haylett, et al., 2016; Dickinson et al., 2014)**. في المهمة، يتم عرض زوج من الدوائر المخططة بشكل متتابع على شاشة حاسب آلي، ويطلب من المشارك تحديد اتجاه خطوط الدائرة المعروضة ثانيا "المنبه المستهدف" مقارنة بخطوط الدائرة المعروضة أولا "المنبه المرجعي"، وتحديدا ما إذا تم تدويرها مع أو عكس عقارب الساعة بالمقارنة مع خطوط المنبه المرجعي بواسطة الضغط على السهم الأيمن "مع عقارب الساعة" أو السهم الأيسر "عكس عقارب الساعة" الموجودة على لوحة مفاتيح حاسب آلي. تضم مهمة تمييز الاتجاه البصري ظرفين: مستقيم ومائل بناء على اتجاه خطوط المنبه المرجعي. في الظرف العامودي، تكون خطوط المنبه المرجعي موجهة بدرجة 0 بينما يتم توجيهها بدرجة 45 درجة في الظرف المائل. للاستيضاح، انظر الشكل رقم (2).**



الشكل رقم (2) رسم تخطيطي يوضح مهمة تمييز الاتجاه. تم إعادة طباعة هذه الشكل بعد أخذ الإذن من (Dickinson et al., 2014). تعرض المهمة على شاشة حاسب آلي. تبدأ كل محاولة بمثبت بصري لمدة 250ثانية، ويعقبه المنبه المرجعي لمدة 350 ثانية، يتلوه مثبت بصري آخر لمدة 500 ثانية، وبعد ذلك يعرض المنبه المستهدف لمدة 350 ثانية ثم تتاح فرصة تسجيل المشارك استجابته محددا ما إذا تم تدوير المنبه المستهدف مع أو عكس عقارب الساعة من خلال الضغط على السهم الأيم (مع عقارب الساعة) أو السهم الأيسر (عكس عقارب الساعة) في لوحة مفاتيح حاسب آلي.

زمن رجع الأداء في مهمة تمييز الاتجاه

الدراسة السابقة التي اختبرت مدى فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة على الأداء في مهمة تمييز الاتجاه البصري اعتمدت عتبة تمييز الاتجاه البصري كمؤشر لقياس تأثير التحفيز (Bin Dawood et al., 2020). تم قياس عتبة تمييز الاتجاه باستخدام الاختيار القسري بين زوج من البدائل بواسطة سلم تكيفي يعرف بواحدة لأعلى وثلاث لأسفل والمتقارب بدقة ٧٩%. مع بداية المهمة، يتم تدوير خطوط المنبه المستهدف 5 درجات مقارنة بخطوط المنبه المرجعي. يتم تقليص الفرق بين اتجاه خطوط المنبه المرجعي والمنبه المستهدف مع كل محاولة صحيحة حتى يقوم المشارك باختيار خاطئ. وحينها، ينعكس السلم ويبدأ الفرق في الازدياد حتى يقوم المشارك بثلاث استجابات صحيحة على وجه التعاقب ليبدأ انعكاس جديد، ويبدأ الفرق بين خطوط المنبه المرجعي والمستهدف بالتقلص مرة أخرى. في البداية، يكون حجم التغير درجة واحدة، ويتغير بنسبة 75٪ بعد كل انعكاس. يضم كل من الظرف العامودي

والظرف المائل سلمين (أيمن: مع عقارب الساعة، أيسر: عكس عقارب الساعة). كل سلم محدود بثمانية انعكاسات في محاولات تصل إلى 140 محاولة. أثناء المهمة، يتم عرض المحاولات الخاصة بكل السلالم بطريقة عشوائية، وتتوقف المهمة بعد تحقيق المشارك ثمانية انعكاسات في كل سلم أو وصوله لـــ 140 محاولة في أي سلم.

وفي الدراسة الحالية، تم اعتماد زمن الرجع في الأداء في المهمة كمؤشر لقياس تأثير التحفيز، وتحديدا زمن رجع المحاولات الصحيحة في تحديد اتجاه خطوط المنبه المستهدف مقارنة بخطوط المنبه المرجعي. وعليه، فتم تقسيم زمن الرجع بناء على ظرفي مهمة تمييز الاتجاه البصري العامودي والمائل من خلال أخذ متوسط زمن الرجع للمحاولات الصحيحة لسلمي كل ظرف

(مع عقارب الساعة، وعكس عقارب الساعة).

الإجراءات

قدم المشاركون موافقة خطية للمشاركة في الدراسة مع بداية الجلسة التجريبية بعد اطلاعهم على أنموذج معلومات الدراسة، والذي يضم الغرض وإجراءات الدراسة، وحقوقهم كمشاركين والجوانب المتعلقة بسرية معلوماتهم والإجابة على الاستفسارات بشأن الدراسة وما يتعلق بها من إجراءات. وبشأن استفسارات المشاركين حيال الأثر المحتمل للتحفيز المباشر عبر الجمجمة للقشرة القذالية في الأداء في مهمة تمييز الاتجاه، كانت الإجابة بأنه لا يوجد توقع محدد حيال أثره في الأداء، فقد يؤدي إلى تحسن أو تدهور في الأداء كما يحتمل أيضا أن لا يكون له أي أثر ملحوظ.

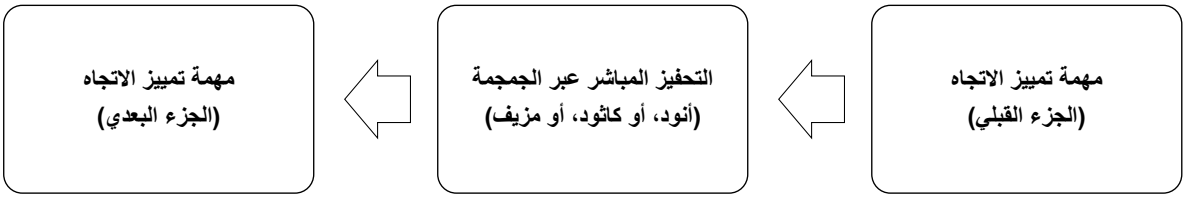
بعد ذلك، تلقى المشاركون تعليمات المهمة، بدأوا بجزء تدريبي من مهمة تمييز الاتجاه البصري، يضم 40 محاولة موزعة بالتساوي على سلالم الظرفين العامودي والمائل بواقع 10 محاولات لكل سلم؛ وذلك بهدف التأكد من وضوح التعليمات الخاصة بالمهمة والإجابة على أي أسئلة حول طريقة الاستجابة أو المهمة.

عقب الجزء التدريبي من المهمة، استكمل المشاركون الجزء التجريبي القبلي من المهمة

(قبلي: سابق لجلسة التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية)، والمكون من 140 محاولة لكل سلم من سلالم الظرف العامودي والمائل.

مع نهاية الجزء التجريبي القبلي من مهمة تمييز الاتجاه البصري، تم توزيع المشاركين بطريقة عشوائية على 3 مجموعات، وهي: مجموعة التحفيز الآنودي (حيث تلقى المشاركون تحفيزا بالتيار المباشر عبر الجمجمة على القشرة المخية القذالية لمدة 10 دقائق بقطب الآنود بشدة 2 ملي أمبير)، ومجموعة التحفيز الكاثودي (حيث تلقى المشاركون تحفيزا بالتيار المباشر عبر الجمجمة على القشرة المخية القذالية لمدة 10 دقائق بقطب الكاثود بشدة 2 ملي أمبير)، ومجموعة التحفيز المزيف (حيث تلقى نصف المشاركين في هذه المجموعة تحفيزا بالتيار المباشر عبر الجمجمة على القشرة المخية القذالية بقطب الآنود لمدة 30 ثانية والنصف الآخر تلقى تحفيزا بالتيار المباشر عبر الجمجمة على القشرة المخية القذالية بقطب الكاثود

لمدة 30 ثانية). أيضا، طلب من المشاركين أن يُعلموا المختبر بأي شعور بالانزعاج أو آلام ليتم على إثرها إيقاف التحفيز وإنهاء الجلسة التجريبية. وبعد الانتهاء من جلسة التحفيز، استكمل المشاركون الجزء التجريبي البعدي من المهمة (بعدي: عقب جلسة التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية)، انظر الشكل رقم (3).



الشكل رقم (3) يوضح سير الإجراءات للتجربة. بعد اطلاعهم على معلومات الدراسة وتقديمهم الموافقة الخطية للمشاركة في الدراسة، استكمل المشاركون الجزء القبلي من مهمة تمييز الاتجاه البصري. وبعد ذلك تم توزيعهم عشوائيا إلى إحدى مجموعات التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة
(مجموعة الآنود، مجموعة الكاثود، مجموعة التحفيز المزيف). بعد جلسة التحفيز، استكمل المشاركون الجزء البعدي من مهمة تمييز الاتجاه البصري.

مع نهاية الجلسة التجريبية، طلب من المشاركين استكمال أنموذج يتعلق بتقييمهم لتجربتهم مع التحفيز ويشمل الأنموذج: الألم والانتباه والإعياء بالإضافة إلى استبانة حول الآثار الجانبية للتحفيز المباشر عبر الجمجمة (Brunoni et al., 2011; Selimbeyoglu & Parvizi, 2010). الهدف الرئيس من هذه النماذج هو لمقارنة ما إذا كانت خبرات المشاركين حول التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة تختلف وفقا لنوع التحفيز، وتحديدا بين المجموعات التي تلقوا تحفيزا حقيقيا مقارنة بأولئك الذين تلقوا تحفيزا مزيفا. كما تمت الإشارة في الدراسة السابقة (Bin Dawood et al., 2020)، أظهر تحليل بيانات المشاركين الذين استكملوا هذه النماذج وعددهم 66 (22 مشاركا من مجموعة الآنود، و24 مشاركا من مجموعة الكاثود، و20 مشاركا من مجموعة التحفيز المزيف عدم وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين المجموعات في تقييمهم لتجربتهم مع التحفيز على أي من مستوى الألم (ت(64)=89.-، ألفا=93.)، والانتباه (ت(64)=1.841، ألفا=07.)، والإعياء (ت(64)=1.266، ألفا=21.). وعليه، فإن أي فرق بين مجموعات التحفيز الحقيقي والمزيف يستبعد أن يكون نتيجة الإيحاء الناجم من التحفيز الحقيقي نظرا لعدم تباين خبرات المشاركين من مجموعات التحفيز الحقيقي والمزيف حيال التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة المقدم لهم.

المعالجة الاحصائية

شروط استبعاد البيانات

تم توظيف شرطين أساسيين لاستبعاد البيانات من أي معالجة إحصائية. الشرط الأول متعلق بعد استكمال جلسة التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة لأي سبب كالانزعاج من التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة أو الشعور بعدم الارتياح أو ألم. الشرط الثاني متعلق بابتعاد متوسط زمن الرجع للمشارك في أي ظرف من ظرفي مهمة تمييز الاتجاه البصري، وفي أي من جزئي المهمة (القبلية والبعدية) بانحرافين معياريين أو أكثر عن متوسط المجموعة.

وبناء على هذين الشرطين، تم استبعاد بيانات 4 مشاركين لعدم استكمالهم جلسة التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة نتيجة لشعورهم بعدم الارتياح ناجمة من التحفيز، والذي أوقف مباشر بعد إشعارهم المختبر بذلك. كما وتم استبعاد بيانات 7 مشاركين نظرا لبعد زمن الرجع الخاص بهم في أي من جزئي المهمة بانحرافين معياريين أو أكثر عن متوسط المجموعة.

الأسلوب الاحصائي

للإجابة على أسئلة الدراسة، تم استخدام نموذج تحليل التباين المختلط باعتبار ظرف مهمة تمييز الاتجاه البصري (الظرف العامودي والظرف المائل)، ووقت مهمة تمييز الاتجاه البصري (قبلية: قبل المعالجة التجريبية، بعدية: بعد المعالجة التجريبية) متغيرات داخل الأفراد، كما وتم اعتبار الظرف التجريبي (مجموعة التحفيز الآنودي، مجموعة التحفيز الكاثودي، مجموعة التحفيز المزيف) متغير بين الأفراد. تم تحليل البيانات بواسطة برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية "SPSS" في نسخته (28).

النتائج

بعد توظيف شروط الاستبعاد، بيانات 78 مشاركا تم استخدامها في التحليل الاحصائي للبيانات، انظر الجدول رقم (1).

الجدول رقم (1). البيانات الديمغرافية لبيانات المشاركين بعد توظيف شروط الاستبعاد.

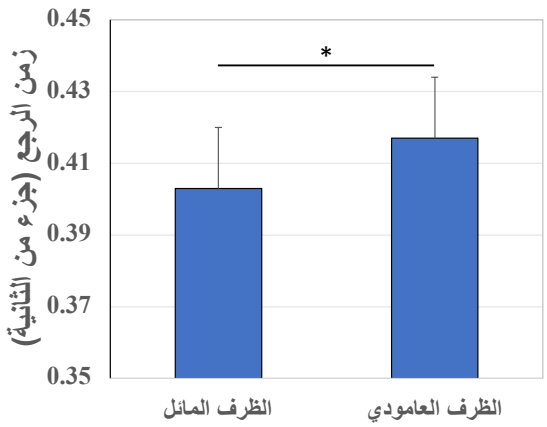
مجموعة التحفيز	الجنس (ذكور، إناث)	العمر (متوسط، انحراف معياري)
مجموعة الآنود	(ذكور: 9، إناث: 18)	(متوسط=23.60، انحراف معياري=7.05)

مجموعة الكاثود	(ذكور: 10، إناث: 14)	(متوسط=22.42، انحراف معياري=4.34)
مجموعة التحفيز المزيف	(ذكور: 10، إناث: 17)	(متوسط=22.96، انحراف معياري=5.81)

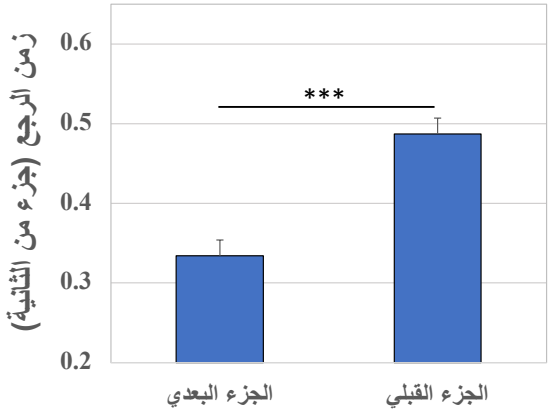
باستخدام أنموذج تحليل التباين المختلط، أظهرت النتائج وجود تأثير أساسي لظرف مهمة تمييز الاتجاه البصري (ف(1،75)=4.211، ألفا=044.، مربع إيتا الجزئي=053.)، حيث إن زمن الرجع في ظرف المهمة المائل كان منخفضا (متوسط=403.، خطأ معياري=017.) مقارنة بظرف المهمة العامودي (متوسط=417.، خطأ معياري=017.)، انظر الشكل رقم(أ.4).

إضافة لذلك، أظهرت النتائج وجود تأثير أساسي لوقت مهمة تمييز الاتجاه (ف(1،75)=157.450، ألفا<0001.، مربع إيتا الجزئي=677). حيث إن زمن الرجع في الجزء البعدي من المهمة (متوسط=334.، خطأ معياري=016.) كان منخفضا مقارنة بالجزء القبلي من المهمة (متوسط=487.، انجراف معياري=020.)، انظر الشكل رقم (ب.4).

أ)



ب)



الشكلان رقم (أ.4 وب.4) يوضحان الفرق في زمن الرجع البصري وفقا لظرف مهمة تمييز الاتجاه البصري (عامودي، مائل) ووقت المهمة (قبلية، بعدية). الشكل رقم (أ. 4) شكل توضيحي للفرق في زمن الرجع البصري بين ظرفي المهمة. الشكل رقم (ب.4) شكل توضيحي للفرق بين زمن الرجع البصري بين الجزء القبلي والبعدي من المهمة. (*) دال عن مستوى 05. و(***) دال عن مستوى 0001.

وباستخدام تحليل المقارنات البعدية، أظهرت النتائج أن الانخفاض في الجزء البعدي من المهمة مقارنة بالجزء القبلي منها دال احصائيا لكل المجموعات (مجموعة الآنود، مجموعة الكاثود، مجموعة التحفيز المزيف)، انظر الجدول (2).

الجدول رقم (2). بيانات الأداء في الجزء القبلي والبعدي من مهمة تمييز الاتجاه البصري لبيانات المشاركين في الدراسة بعد توظيف شروط الاستبعاد، ونتيجة تحليل المقارنات البعدية لكل مجموعات الظرف التجريبي.

الظرف التجريبي	زمن رجع الجزء القبلي (متوسط، خطأ معياري)	زمن رجع الجزء البعدي (متوسط، خطأ معياري)	قيمة ألفا
مجموعة الآنود	(متوسط=440.، خطأ معياري=033.)	(متوسط=298.، خطأ معياري=026.)	ألفا 0001. >
مجموعة الكاثود	(متوسط=551.، خطأ معياري=035.)	(متوسط=368.، خطأ معياري=028.)	ألفا 0001. >
مجموعة التحفيز المزيف	(متوسط=468.، خطأ معياري=033.)	(متوسط=336.، خطأ معياري=026.)	ألفا 0001. >

أيضا، أظهرت النتائج عدم تأثير أساسي للظرف التجريبي (ف(2،75)=، ألفا=089.، مربع إيتا الجزئي=063.)، ولا تفاعلات دالة احصائيا بين وقت المهمة والظرف التجريبي (ف(2،75)=936.، ألفا=، مربع إيتا الجزئي=024.)، ولا بين ظرف المهمة ووقتها (ف(2،75)=146.، ألفا=704.، مربع إيتا الجزئي=002.)، ولا بين ظرف المهمة ووقتها والظرف التجريبي
(ف(2،75)=1.354، ألفا=265.، مربع إيتا الجزئي=035.).

المناقشة

هدفت الدراسة الحالية لتحليل ثانوي لبيانات دراسة سابقة (Bin Dawood et al., 2020) إلى تقصي أثر التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على زمن رجع الأداء في مهمة تمييز الاتجاه البصري على مشاركين أصحاء بالغين. تم توزيع المشاركين فيها إلى ثلاث مجموعات وفقا لنوع التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة الذي تلقوه مجموعة الآنود، مجموعة الكاثود، مجموعة التحفيز مزيف). باستخدام تحليل التباين المختلط، أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن زمن رجع الأداء في الظرف المائل أقل من الظرف العامودي، ممثلا بذلك ما يعرف بـــ"تأثير الميلان المعكوس" "Inverse Oblique Effect" (Wilson et al., 2001)، وهي لم تكن متوقعة بناء على الدراسات السابقة
(McDermott et al., 2019; Reinhart et al., 2016)، والتي وجدت تغيرا ملحوظا في زمن الرجع البصري عقب التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة القذالية. أيضا، أظهرت نتائج الدراسة الحالية

أن زمن الرجع الأداء في مهمة تمييز الاتجاه البصري يتأثر بوقت عرض مهمة تمييز الاتجاه البصري (قبلية: قبل المعالجة التجريبية، بعدية: بعد المعالجة التجريبية)، حيث إن زمن رجع الأداء كان منخفضا في الجزء البعدي من مهمة تمييز الاتجاه البصري مقارنة بالجزء القبلي منها؛ وذلك بغض النظر عن نوع التحفيز المقدم. هذه النتيجة مشابهة لما وجدته الدراسة الأساسية حيال تحسن القدرة التمييزية البصرية للاتجاه في جزء المهمة بعد التحفيز مقارنة به في الجزء القبلي من المهمة (Bin Dawood et al.,2020) . أيضا، أظهرت نتائج الدراسة الحالية عدم وجود تأثير رئيس لنوع التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة بالإضافة إلى عدم وجود تفاعلات ملحوظة بين نوع التحفيز والمتغيرات الأخرى (ظرف المهمة و/أو وقت المهمة)، وهي لا تتسق مع عدد من الدراسات السابقة (McDermott et al., 2019; Reinhart et al., 2016)، والتي وجدت تغيرا ملحوظا في زمن الرجع البصري عقب التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة القذالية.

بعكس المتوقع بناء على نتائج دراسة السابقة (L'Hommedieu & Meyer, 1982) والتي تشير إلى أن زمن الرجع في الظرف العامودي أو الأفقي أقل مقارنة بالظرف المائل "تأثير الميلان"، أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن زمن رجع الأداء في الظرف المائل من مهمة تمييز الاتجاه البصري أقل مقارنة بالظرف العامودي ممثلا بذلك ما يعرف بـــ"تأثير الميلان المعكوس" (Wilson et al., 2001). يمكن عزو التناقض بين نتائج الدراسة الحالية ونتائج الدراسة السابقة فيما يتعلق بزمن الرجع وفقا لظرف المهمة (عامودي، مائل) إلى الاختلاف في شكل وخصائص المنبهات الفيزيقية. بينما استخدمت الدراسة الحالية إطارا دائريا من الخطوط كمنبه، استخدمت الدراسة السابقة خط مفرد كمنبه سيما مع وجود مؤشرات إلى تأثير خصائص المنبهات الفيزيقية على زمن الرجع البصري (Lappin & Disch, 1972; O'Donell & Colombo, 2008; O'DONELL et al., 2010; Pachella & Fisher, 1969; Pins & Bonnet, 1996). فعلى سبيل المثال، وجد أن زمن الرجع أقل تجاه المنبهات البصرية عالية التردد مقارنة بالمنبات منخفضة التردد (Brabyn & McGUINNESS, 1979; Solberg & Brown, 2002; Vassilev et al., 1983). وبناء على ذلك، فقد يكون التناقض بين الدراسة الحالية والدراسة السابقة (L'Hommedieu & Meyer, 1982) فيما يتعلق بتأثير الميلان على زمن الرجع عائد إلى الاختلاف في شكل وخصائص المنبهات الفيزيقية. تأييدا لهذا الزعم، وجد أن تأثير الميلان المرتبط بزمن الرجع يعتمد على طبيعة المهمة المستخدمة والخصائص الفيزيقية لمنبهاتها (Heinrich et al., 2008)، حيث كان ظاهرا في مهام التعرف على الاتجاه وغائب في مهام كشف أو تصنيف الاتجاه (Essock, 1980) ومعكوسا في المهام ذات المنبهات بتردد مكاني واسع (Hansen & Essock, 2006).

فيما يتعلق بزمن الرجع البصري وفقا لوقت المهمة (قبلية وبعدية)، تشير نتائج الدراسة الحالية إلى تحسن في زمن في الجزء البعدي من مهمة تمييز الاتجاه البصري مقارنة بالجزء القبلي منها، وذلك بصرف

النظر عن الظرف التجريبي. التحسن في زمن رجع الأداء في الجزء البعدي من المهمة مقارنة بالجزء القبلي منها يشابه التحسن في عتبة تمييز الاتجاه البصري التجربة الرئيسة للدراسة الأساسية حيث لوحظ انخفاض في عتبة تمييز الاتجاه البصري في الجزء البعدي من المهمة مقارنة بالجزء القبلي منها (Dawood et al., 2020)، بيد أن نتائج التجربة الإلحاقية في الدراسة الأساسية تحققت من العوامل المحتمل تفسيرها للتحسن، والمتمثلة في أثر الإيحاء، وتأثير المدة الزمنية الفاصلة بين جزئي المهمة القبلي والبعدي (Bönstrup et al., 2019; Schoups et al., 1995; Seitz et al., 2005)، وتأثير الممارسة (Ando et al., 2002; Nakatani, 1983)، ووجدت أن تأثير الإيحاء هو ما يفسر التحسن في عتبة تمييز الاتجاه البصري. وعليه. فقد يكون مفيدا التحقق من أسباب التحسن في الجزء البعدي من مهمة تمييز الاتجاه البصري من خلال تقصي أثر العوامل الآنف ذكرها على زمن رجع الأداء في مهمة تمييز الاتجاه البصري في دراسات لاحقة.

إضافة لنتائج الدراسات السابقة التي تقصت أثر التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة، وجدت الدراسة الحالية عدم تأثير ملحوظ للتحفيز المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على زمن رجع الأداء في مهمة تمييز الاتجاه البصري. وبالرغم من أن نتائج الدراسة الحالية تتسق مع ما خلصت إليه نتائج دراسة تلوي حديثة بأن تأثير التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة القذالية غير ملحوظ على الأداء في مهام ذهنية بصرية (Bello et al., 2023)، إلا أنها تتعارض مع نتائج دراسات أخرى وجدت أن التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية يحدث تأثيرا ملحوظا على زمن الرجع البصري (McDermott et al., 2019; Reinhart et al., 2016). يمكن عزو التناقض بين الدراسة الحالية والدراسة السابقة التي وجدت تأثيرا للتحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية إلى الفروق المنهجية، سواء المتعلقة بالمهمة (Schroeder et al., 2020; Sung & Gordon, 2018) أو البروتوكولات الخاصة بالتحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة (Nitsche et al., 2008; Woods et al., 2016). فعلى سبيل المثال، بينما استخدمت الدراسة الحالية إطار دائري من المخطوط كمنبهات بصرية، تم استخدام خطوط مفردة كمنبهات بصرية في الدراسة السابقة (Reinhart et al., 2016). إضافة لذلك، كانت مدة التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة في الدراسة الحالية 10 دقائق بينما كانت مدتها في الدراسة السابقة 20 دقيقة (Reinhart et al., 2016). مثل هذه الفروق أو الاختلافات المنهجية قد تكون عوامل محتملة لتفسير التناقض بين الدراسة الحالية والسابقة (Reinhart et al., 2016)، سيما مع إشارة عدد من الدراسات إلى احتمالية تأثير هذه العوامل على فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة (Nitsche et al., 2008; Schroeder et al., 2020; Sung & Gordon, 2018; Woods et al., 2016).

وبالرغم من أن نتائج الدراسة الحالية تشير إلى غياب تأثير التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة

المخية القذالية على زمن الرجع البصري، إلا أنه من المحتمل أن يكون تأثيره قد غطي بأثر الممارسة أو العوامل المحتملة الأخرى، حيث إن التحسن في زمن رجع الأداء في الجزء البعدي من مهمة تمييز الاتجاه البصري؛ وذلك بصرف النظر عن نوع الظرف التجريبي مما قد يخفي أو يغطي أي أثر محتمل للتحفيز المباشر عبر الجمجمة على زمن الرجع البصري. وبناء على ذلك، فإن نتائج الدراسة الحالية يجدر أخذها في إطارها المنهجي نظرا لاعتمادية فاعلية التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة على مجموعة من العوامل ليس أقلها ما يتعلق بالمهام الذهنية وبروتوكولات التحفيز المستخدمة كالمدة والشدة (Nitsche et al., 2008; Schroeder et al., 2020; Sung & Gordon, 2018; Woods et al., 2016).

تتمثل محددات الدراسة الحالية في محددين رئيسين يجدر النظر إليها في إطار أن هذه الدراسة هي تحليل ثانوي لبيانات دراسة سابقة (Bin Dawood et al., 2020). المحدد الأول متعلق بحجم العينة. وبالرغم من ذلك، فإن صغر حجم العينة يعتبر شائعا في الدراسة التي تتقصى أثر تقنيات التحفيز الدماغي غير الباضعة(Medina & Cason, 2017; Minarik et al., 2016) ، كما أن تأثير التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية قد رصد على عمليات ذهنية مختلفة باستخدام عينات يقل عدد أفرادها عن 20 مشاركا (Accornero et al., 2007; Antal et al., 2004; Ding et al., 2016; Spiegel et al., 2012). المحدد الثاني متعلق بالتحسن الملحوظ في الأداء والمتمثل في انخفاض زمن الرجع في الجزء البعدي من المهمة بصرف النظر عن المعالجة التجريبية المقدمة، والذي قد يكون عاملا لإخفاء أو تغطية أي أثر محتمل للتحفيز المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على زمن الرجع البصري. إلا أن مثل هذا التحسن في الجزء البعدي من المهمة مقارنة بالجزء القبلي منها ليس غير شائع في الدراسات التي تعتمد التصميم المختلط (داخل وبين الأفراد) أو التصميم داخل الأفراد نظرا لتكرر الملاحظة أو القياس (Huck et al., 1974; Lamb, 2003; Minke, 1997).

في الختام، تقصت الدراسة الحالية لتحليل ثانوي لدراسة سابقة (Bin Dawood et al., 2020) أثر التحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة المخية القذالية على زمن الرجع الأداء في مهمة تمييز الاتجاه بظرفيها العامودي والمائل. وعلى النقيض من نتائج الدراسات السابقة التي وجدت "تأثير الميلان" في زمن الرجع بين الظرف العامودي والمائل، وجدت الدراسة الحالية "تأثير الميلان المعكوس"، حيث إن زمن الرجع في الظرف المائل من مهمة تمييز الاتجاه البصري أقل من الظرف العامودي. كما أشارت نتائجها أيضا إلى تأثير ملحوظ لوقت المهمة على زمن الرجع البصري حيث إن زمن رجع الأداء في الجزء البعدي من المهمة كان منخفضا مقارنة بالجزء القبلي منها. فضلاً عن ذلك، لم تجد الدراسة الحالية أي أثر ملحوظ للتحفيز بالتيار المباشر عبر الجمجمة للقشرة القذالية على زمن رجع الأداء في مهمة تمييز الاتجاه البصري.

المقترحات والتوصيات

قد يكون من المفيد توجيه الدراسات المستقبلية للتحقق من العوامل المحتملة خلف التحسن في زمن الرجع البصري في الجزء البعدي من مهمة تمييز الاتجاه البصري بالإضافة إلى اختيار مهام ذهنية ذات أثر محدود للممارسة خاصة في حال استخدام التصميم المختلط أو التصميم داخل الأفراد لتقليل احتمالية تغطية عامل الممارسة على التأثير المحتمل للتحفيز المباشر عبر الجمجمة على المخرجات المستهدفة للقياس.

Recommendations and suggestions

It could be beneficial for future research to explore the potential causes for the improved reaction time seen in the post-tDCS ODT run. Furthermore, utilizing cognitive tasks that have minimal practice effects when incorporating within-subject or mixed-model designs may help to minimize the possibility of practice effects masking the tDCS effects on the desired outcomes.

Acknowledgement

This is a research project that was supported by a grant from the research centre for the College of Education, Deanship of Scientific Research at King Saud University.

المراجع

1.Accornero, N., Voti, P. L., La Riccia, M., & Gregori, B. (2007). Visual evoked potentials modulation during direct current cortical polarization. Experimental Brain Research, 178(2), 261-266.

2.Ando, S., Kida, N., & Oda, S. (2002). Practice effects on reaction time for peripheral and central visual fields. Perceptual and motor skills, 95(3), 747-751.

3.Antal, A., Kincses, T. Z., Nitsche, M. A., Bartfai, O., Paulus, W. J. I. o., & science, v. (2004). Excitability changes induced in the human primary visual cortex by transcranial direct current stimulation: direct electrophysiological evidence. 45(2), 702-707.

4.Antal, A., Nitsche, M. A., Kruse, W., Kincses, T. Z., Hoffmann, K.-P., & Paulus, W. (2004). Direct current stimulation over V5 enhances visuomotor coordination by improving motion perception in humans. Journal of cognitive neuroscience, 16(4), 521-527.

5.Antal, A., Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). External modulation of visual perception in humans. Neuroreport, 12(16), 3553-3555.

6.Appelle, S. (1972). Perception and discrimination as a function of stimulus orientation: the" oblique effect" in man and animals. Psychological bulletin, 78(4), 266.

7.Batsikadze, G., Moliadze, V., Paulus, W., Kuo, M. F., & Nitsche, M. (2013). Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans. The Journal of physiology, 591(7), 1987-2000.

8.Begemann, M. J., Brand, B. A., Ćurčić-Blake, B., Aleman, A., & Sommer, I. E. (2020). Efficacy of non-invasive brain stimulation on cognitive functioning in brain disorders: a meta-analysis. Psychological medicine, 50(15), 2465-2486.

9.Behrens, J. R., Kraft, A., Irlbacher, K., Gerhardt, H., Olma, M. C., & Brandt, S. A. (2017). Long-lasting enhancement of visual perception with repetitive noninvasive transcranial direct current stimulation. Frontiers in cellular neuroscience, 11, 238.

10.Bello, U. M., Wang, J., Park, A. S., Tan, K. W., Cheung, B. W., Thompson, B., & Cheong, A. M. (2023). Can visual cortex non-invasive brain stimulation improve normal visual function? A systematic review and meta-analysis. Frontiers in Neuroscience, 17, 1119200.

11.Bin Dawood, A., Dickinson, A., Aytemur, A., Howarth, C., Milne, E., & Jones, M. (2020). Investigating the Effects of tDCS on Visual Orientation Discrimination Task Performance: “the Possible Influence of Placebo”. Journal of Cognitive Enhancement, 4(3), 235-249. https://doi.org/10.1007/s41465-019-00154-3

12.Bindman, L. J., Lippold, O., & Redfearn, J. (1962). Long-lasting changes in the level of the electrical activity of the cerebral cortex produced by polarizing currents. Nature, 196(4854), 584.
13.Brabyn, L. B., & McGUINNESS, D. (1979). Gender differences in response to spatial frequency and stimulus orientation. Perception & Psychophysics, 26(4), 319-324.
14.Brunoni, A. R., Amadera, J., Berbel, B., Volz, M. S., Rizzerio, B. G., & Fregni, F. (2011). A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. International Journal of Neuropsychopharmacology, 14(8), 1133-1145.
15.Bönstrup, M., Iturrate, I., Thompson, R., Cruciani, G., Censor, N., & Cohen, L. G. (2019). A Rapid Form of Offline Consolidation in Skill Learning. Current Biology.
16.Costa, T. L., Gualtieri, M., Barboni, M. T., Katayama, R. K., Boggio, P. S., & Ventura, D. F. (2015). Contrasting effects of transcranial direct current stimulation on central and peripheral visual fields. Experimental Brain Research, 233(5), 1391-1397.
17.Dawood, A. B., Dickinson, A., Aytemur, A., Milne, E., & Jones, M. (2022). No effects of transcranial direct current stimulation on visual evoked potential and peak gamma frequency. Cognitive Processing, 23(2), 235-254.
18.Dickinson, A., Bruyns-Haylett, M., Smith, R., Jones, M., & Milne, E. (2016). Superior orientation discrimination and increased peak gamma frequency in autism spectrum conditions. Journal of abnormal psychology, 125(3), 412.
19.Dickinson, A., Bruyns-Haylett, M., Jones, M., & Milne, E. (2015). Increased peak gamma frequency in individuals with higher levels of autistic traits. European Journal of Neuroscience, 41(8), 1095-1101.
20.Dickinson, A., Jones, M., & Milne, E. (2014). Oblique orientation discrimination thresholds are superior in those with a high level of autistic traits. Journal of autism and developmental disorders, 44(11), 2844-2850.
21.Dickinson, A., Jones, M., & Milne, E. (2016). Measuring neural excitation and inhibition in autism: Different approaches, different findings and different interpretations. Brain research, 1648, 277-289.
22.Ding, Z., Li, J., Spiegel, D. P., Chen, Z., Chan, L., Luo, G., . . . Thompson, B. (2016). The effect of transcranial direct current stimulation on contrast sensitivity and visual evoked potential amplitude in adults with amblyopia. Scientific reports, 6, 19280.
23.Edden, R. A., Muthukumaraswamy, S. D., Freeman, T. C., & Singh, K. D. (2009). Orientation discrimination performance is predicted by GABA concentration and gamma oscillation frequency in human primary visual cortex. Journal of Neuroscience, 29(50), 15721-15726.
24.Essock, E. A. (1980). The oblique effect of stimulus identification considered with respect to two classes of oblique effects. Perception, 9(1), 37-46.

25.Gill, J., Shah-Basak, P. P., & Hamilton, R. (2015). It's the thought that counts: examining the task-dependent effects of transcranial direct current stimulation on executive function. Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation, 8(2), 253-259.
26.Hansen, B. C., & Essock, E. A. (2006). Anisotropic local contrast normalization: The role of stimulus orientation and spatial frequency bandwidths in the oblique and horizontal effect perceptual anisotropies. Vision research, 46(26), 4398-4415.
27.Heinrich, S. P., Aertsen, A., & Bach, M. (2008). Oblique effects beyond low-level visual processing. Vision research, 48(6), 809-818.
28.Ho, K.-A., Taylor, J. L., Chew, T., Gálvez, V., Alonzo, A., Bai, S., . . . Loo, C. K. (2016). The effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) electrode size and current intensity on motor cortical excitability: evidence from single and repeated sessions. Brain stimulation, 9(1), 1-7.
29.Horvath, J. C., Carter, O., & Forte, J. D. (2016). No significant effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) found on simple motor reaction time comparing 15 different simulation protocols. Neuropsychologia, 91, 544-552.
30.Huck, S. W., Cormier, W. H., & Bounds, W. G. (1974). Reading statistics and research.
31.Isik, M., Eskikurt, G., & Erdogan, E. T. (2023). Neuromodulation of the left auditory cortex with transcranial direct current stimulation (tDCS) has no effect on the categorical perception of speech sounds. Neuropsychologia, 178, 108442.
32.Jung, Y.-J., Kim, J.-H., & Im, C.-H. (2013). COMETS: A MATLAB toolbox for simulating local electric fields generated by transcranial direct current stimulation (tDCS). Biomedical engineering letters, 3(1), 39-46.
33.Kirimoto, H., Ogata, K., Onishi, H., Oyama, M., Goto, Y., & Tobimatsu, S. (2011). Transcranial direct current stimulation over the motor association cortex induces plastic changes in ipsilateral primary motor and somatosensory cortices. Clinical Neurophysiology, 122(4), 777-783.
34.Kraft, A., Roehmel, J., Olma, M. C., Schmidt, S., Irlbacher, K., & Brandt, S. A. (2010). Transcranial direct current stimulation affects visual perception measured by threshold perimetry. Experimental Brain Research, 207(3-4), 283-290.
35.Krause, B., Márquez-Ruiz, J., & Cohen Kadosh, R. (2013). The effect of transcranial direct current stimulation: a role for cortical excitation/inhibition balance? Frontiers in human neuroscience, 7, 602.
36.Kuo, H.-I., Bikson, M., Datta, A., Minhas, P., Paulus, W., Kuo, M.-F., & Nitsche, M. A. (2013). Comparing cortical plasticity induced by conventional and high-definition 4× 1 ring tDCS: a neurophysiological study. Brain stimulation, 6(4), 644-648.
37.Kuo, M.-F., & Nitsche, M. A. (2012). Effects of transcranial electrical stimulation on cognition. Clinical EEG and Neuroscience, 43(3), 192-199.

38.Kurcyus, K., Annac, E., Hanning, N. M., Harris, A. D., Oeltzschner, G., Edden, R., & Riedl, V. (2018). Opposite dynamics of GABA and glutamate levels in the occipital cortex during visual processing. Journal of Neuroscience, 38(46), 9967-9976.

39.Kwon, Y. H., Kang, K. W., Son, S. M., & Lee, N. K. (2015). Is effect of transcranial direct current stimulation on visuomotor coordination dependent on task difficulty? Neural Regeneration Research, 10(3), 463.

40.Lamb, G. D. (2003). Understanding" within" versus" between" ANOVA Designs: Benefits and Requirements of Repeated Measures.

41.Lappin, J. S., & Disch, K. (1972). The latency operating characteristic: II. Effects of visual stimulus intensity on choice reaction time. Journal of Experimental Psychology, 93(2), 367.

42.Lee, J. H., Lee, T. L., & Kang, N. (2021). Transcranial direct current stimulation decreased cognition-related reaction time in older adults: A systematic review and meta-analysis. Ageing Research Reviews, 70, 101377.

43.Leite, J., Carvalho, S., Fregni, F., & Gonçalves, O. F. (2011). Task-specific effects of tDCS-induced cortical excitability changes on cognitive and motor sequence set shifting performance. PloS one, 6(9), e24140.

44.Leite, J., Gonçalves, Ó. F., Pereira, P., Khadka, N., Bikson, M., Fregni, F., & Carvalho, S. (2018). The differential effects of unihemispheric and bihemispheric tDCS over the inferior frontal gyrus on proactive control. Neuroscience research, 130, 39-46.

45.Leventhal, A. G., Wang, Y., Pu, M., Zhou, Y., & Ma, Y. (2003). GABA and its agonists improved visual cortical function in senescent monkeys. Science, 300(5620), 812-815.

46.Li, B., Peterson, M. R., & Freeman, R. D. (2003). Oblique effect: a neural basis in the visual cortex. Journal of neurophysiology, 90(1), 204-217.

47.L'Hommedieu, G., & Meyer, G. E. (1982). The oblique effect: Interactions with visual persistence and spatial configuration. Bulletin of the Psychonomic Society, 19(6), 347-350.

48.Mansfield, R. (1974). Neural basis of orientation perception in primate vision. Science, 186(4169), 1133-1135.

49.Mathys, C., Loui, P., Zheng, X., & Schlaug, G. J. F. i. p. (2010). Non-invasive brain stimulation applied to Heschl's gyrus modulates pitch discrimination. 1, 193.

50.McDermott, T. J., Wiesman, A. I., Mills, M. S., Spooner, R. K., Coolidge, N. M., Proskovec, A. L., . . . Wilson, T. W. (2019). tDCS modulates behavioral performance and the neural oscillatory dynamics serving visual selective attention. Human brain mapping, 40(3), 729-740.

51.Medina, J., & Cason, S. (2017). No evidential value in samples of transcranial direct current stimulation (tDCS) studies of cognition and working memory in healthy populations. Cortex, 94, 131-141.

52.Minarik, T., Berger, B., Althaus, L., Bader, V., Biebl, B., Brotzeller, F., . . . Kalweit, L. (2016). The importance of sample size for reproducibility of tDCS effects. Frontiers in human neuroscience, 10, 453.
53.Minke, A. (1997). Conducting Repeated Measures Analyses: Experimental Design Considerations.
54.Molero-Chamizo, A., Bailén, J. R. A., Béjar, T. G., López, M. G., Rodríguez, I. J., Lérida, C. G., . . . Vega, M. J. R. (2018). Poststimulation time interval-dependent effects of motor cortex anodal tDCS on reaction-time task performance. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 18(1), 167-175.
55.Nakatani, K. (1983). Practice effect and transfer in orientation discrimination reaction time. Japanese Journal of Psychology.
56.Nasseri, P., Nitsche, M. A., & Ekhtiari, H. (2015). A framework for categorizing electrode montages in transcranial direct current stimulation. Frontiers in human neuroscience, 9, 54.
57.Nitsche, M., Doemkes, S., Karakose, T., Antal, A., Liebetanz, D., Lang, N., . . . Paulus, W. (2007). Shaping the effects of transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. Journal of neurophysiology, 97(4), 3109-3117.
58.Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., . . . Fregni, F. (2008). Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation, 1(3), 206-223.
59.Nitsche, M. A., Nitsche, M. S., Klein, C. C., Tergau, F., Rothwell, J. C., & Paulus, W. (2003). Level of action of cathodal DC polarisation induced inhibition of the human motor cortex. Clinical Neurophysiology, 114(4), 600-604.
60.O'Donell, B., & Colombo, E. (2008). Simple reaction times to chromatic stimuli: Luminance and chromatic contrast. Lighting Research & Technology, 40(4), 359-371.
61.O'DONELL, B. M., Barraza, J. F., & Colombo, E. M. (2010). The effect of chromatic and luminance information on reaction times. Visual neuroscience, 27(3-4), 119-129.
62.Pachella, R. G., & Fisher, D. F. (1969). Effect of stimulus degradation and similarity on the trade-off between speed and accuracy in absolute judgments. Journal of Experimental Psychology, 81(1), 7.
63.Pins, D., & Bonnet, C. (1996). On the relation between stimulus intensity and processing time: Piéron's law and choice reaction time. Perception & psychophysics, 58, 390-400.
64.Priori, A., Berardelli, A., Rona, S., Accornero, N., & Manfredi, M. (1998). Polarization of the human motor cortex through the scalp. Neuroreport, 9(10), 2257-2260.
65.Purpura, D. P. (1959). Nature of electrocortical potentials and synaptic organizations in cerebral and cerebellar cortex. In International review of neurobiology (Vol. 1, pp. 47-163). Elsevier.

66.Purpura, D. P., & McMurtry, J. G. (1965). Intracellular activities and evoked potential changes during polarization of motor cortex. Journal of neurophysiology, 28(1), 166-185.
67.Reinhart, R. M., Cosman, J. D., Fukuda, K., & Woodman, G. F. (2017). Using transcranial direct-current stimulation (tDCS) to understand cognitive processing. Attention, Perception, & Psychophysics, 79(1), 3-23.
68.Reinhart, R. M., Xiao, W., McClenahan, L. J., & Woodman, G. F. (2016). Electrical stimulation of visual cortex can immediately improve spatial vision. Current Biology, 26(14), 1867-1872.
69.Roche, N., Geiger, M., & Bussel, B. (2015). Mechanisms underlying transcranial direct current stimulation in rehabilitation. Annals of physical and rehabilitation medicine, 58(4), 214-219.
70.Schoups, A. A., Vogels, R., & Orban, G. A. (1995). Human perceptual learning in identifying the oblique orientation: retinotopy, orientation specificity and monocularity. The Journal of physiology, 483(3), 797-810.
71.Schroeder, P. A., Schwippel, T., Wolz, I., & Svaldi, J. (2020). Meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation on inhibitory control. Brain Stimulation, 13(5), 1159-1167.
72.Seitz, A. R., Yamagishi, N., Werner, B., Goda, N., Kawato, M., & Watanabe, T. (2005). Task-specific disruption of perceptual learning. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102(41), 14895-14900.
73.Selimbeyoglu, A., & Parvizi, J. (2010). Electrical stimulation of the human brain: perceptual and behavioral phenomena reported in the old and new literature. Frontiers in human neuroscience, 46.
74.Sevilla-Sanchez, M., Hortobágyi, T., Carballeira, E., Fogelson, N., & Fernandez-del-Olmo, M. (2022). A lack of timing-dependent effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on the performance of a choice reaction time task. Neuroscience Letters, 782, 136691.
75.Sillito, A. (1975). The contribution of inhibitory mechanisms to the receptive field properties of neurones in the striate cortex of the cat. The Journal of physiology, 250(2), 305-329.
76.Solberg, J. L., & Brown, J. M. (2002). No sex differences in contrast sensitivity and reaction time to spatial frequency. Perceptual and motor skills, 94(1), 1053-1055.
77.Spiegel, D. P., Hansen, B. C., Byblow, W. D., & Thompson, B. (2012). Anodal transcranial direct current stimulation reduces psychophysically measured surround suppression in the human visual cortex. PLoS One, 7(5), e36220.
78.Stagg, C. J., Best, J. G., Stephenson, M. C., O'Shea, J., Wylezinska, M., Kincses, Z. T., . . . Johansen-Berg, H. (2009). Polarity-sensitive modulation of cortical neurotransmitters by transcranial stimulation. Journal of Neuroscience, 29(16), 5202-5206.

79.Sung, K., & Gordon, B. (2018). Transcranial direct current stimulation (tDCS) facilitates overall visual search response times but does not interact with visual search task factors. PloS one, 13(3), e0194640.

80.Tang, M. F., & Hammond, G. R. (2013). Anodal transcranial direct current stimulation over auditory cortex degrades frequency discrimination by affecting temporal, but not place, coding. European Journal of Neuroscience, 38(5), 2802-2811.

81.Thair, H., Holloway, A. L., Newport, R., & Smith, A. D. (2017). Transcranial direct current stimulation (tDCS): a beginner's guide for design and implementation. Frontiers in neuroscience, 11, 641.

82.Vassilev, A., Manahilov, V., & Mitov, D. (1983). Spatial frequency and the pattern onset-offset response. Vision research, 23(12), 1417-1422.

83.Vogels, R., & Orban, G. A. (1985). The effect of practice on the oblique effect in line orientation judgments. Vision research, 25(11), 1679-1687.

84.Wilson, H. R., Loffler, G., Wilkinson, F., & Thistlethwaite, W. A. (2001). An inverse oblique effect in human vision. Vision Research, 41(14), 1749-1753.

85.Woods, A. J., Antal, A., Bikson, M., Boggio, P. S., Brunoni, A. R., Celnik, P., . . . Kappenman, E. S. (2016). A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. Clinical neurophysiology, 127(2), 1031-1048.