زمن الانتقال العصبي لدى الأطفال

إعداد

الباحثة/ شيماء محمد إبراهيم السيد

باحثة دكتوراه

اشراف

أ.د / حسين محمد سعد الدين الحسينى

أستاذ علم النفس

كلية الآداب – جامعة المنصورة

المجلة العلمية لكلية التربية للطفولة المبكرة ـ جامعة المنصورة

المجلد التاسع ـ العدد الأول

يوليو ٢٠٢٢

زمن الانتقال العصبي لدى الأطفال

أ/ شيماء محمد إبراهيم السيد

مفهوم زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ

يتكون الجهاز العصبي من وحدات تسمى الخلايا العصبية، ويبلغ عددها بجسم الإنسان حوالي ٣٠ مليار خلية، وكل خلية تعتبر وحدة بنائية لا تتصل مع بعضها بنائيًا، بل تتصل مع بعضها كيميائيًا من خلال النبضات العصبية التي تتم عبر الناقلات العصبية (كالأستيل كولين، والسيروتونين، والأدرينالين، والنورأدرينالين، والجابا)، حيث إنه إذا تم استثارة جسم الخلية استثارة كافية تصل لحد العتبة الفارقة للنشاط تحدث عملية إطلاق لفعل الجهد الكهربي على طول محور الخلية، وفعل الجهد الكهربي عبارة عن شحنة كهربية نشأت عن حركة الأيونات إلى الداخل والخارج عبر غشاء الخلية، وعندما يصل فعل الجهد الكهربي إلى نهاية محور الخلية فإنه يثير الحويصلات الموجودة في النهايات الطرفية للخلية العصبية والتي تختزن الناقلات العصبية لتدمج تلك الحويصلات مع غشاء الخلية وتصب محتوياتها (الناقلات العصبية) في منطقة المشتبك العصبي، الذي هو عبارة عن نقطة الاتصال بين خلية عصبية وأخرى، ويبلغ عدد تلك النقاط حوالي ١٠٠ ترليون نقطة بجسم الإنسان (عبد القوي، ٢٠٠١، ٥٧-٥٨).

ويتكون المشتبك العصبي من جزئين، أولهما: منطقة ما قبل المشتبك، وهي تتمثل في النهاية الطرفية لعصب ما قبل التشابك، وثانيهما: منطقة ما بعد التشابك، وتتمثل في السطح الخارجي لجسم الخلية التالية للتشابك (عبد القوي،

٢٠٠١، ٥٧-٥٨؛ مورجان، ريكر، ٢٠١٨، ١٦٤). فعذما تصل النبضة العصبية إلى نهاية محور الخلية تتسبب في إفراز مقدار ضئيل من المواد العصبية الناقلة التي تختزن في حويصلات كي تتسرب تلك المواد العصبية الناقلة في منطقة المشتبك العصبي لتستثير الشجيرات الخاصة بالخلية العصبية التالية لمنطقة ما بعد التشابك.

وقد يحدث التشابك العصبي بين تفريعتين شجيرتين من تفرع شجيري وجسم الخلية العصبية، أو بين محورين لخليتين عصبيتين، أو يكون تشابك محوري جسمي. ويجب ملاحظة أن الخلية العصبية التالية لنقطة التشابك العصبي قد تحتو ى على الآلاف من نقاط التشابك العصبي، وهذا ما يجعلها تتلقى عديدًا من الإشارات والنبضات التي تحملها أعصاب ما قبل التشابك، كما هو موضح بالشكل (٢-١) (أحمد، عبد الرحيم، ٢٠٠٠، ١٣؛ أبو شعيشع، ١٩٩٨، مواضع متفرقة؛ عكاشة، ٢٠٠٠، ٣٥؛ عبد القوي، ٢٠٠١، مواضع متفرقة).

وهكنا تتنقل النبضات أو السيالات العصبية عبر مشتبكات الخلايا العصبية، والتي عن طريقها يستقبل الجهاز العصبي النبضات الحسية الواردة من الجسم، ويستجيب لها بإرسال نبضات عصبية أخرى على امتداد الأعصاب إلى جميع أعضاء الجسم التي تقوم بالاستجابة، سواءً أكانت هذه الأعضاء غُدد أم عضلات أم أعضاء أخرى من الجسم، لذا نجد أننا نصدر نوعين من النبضات أو المعلومات التي تنقلها الأعصاب، وهي:

- **النبضة الحسية:** وهي التي تنتقل عبر الأعصاب الحسية الواردة من المستقبلات الحسية المختلفة بالجسم لتصل إلى الجهاز العصبي المركزي.

- **النبضة الحركية:** وهي التي تنتقل عبر الأعصاب الحركية الصادرة من الجهاز العصبي المركزي إلى إحدى الغدد أو الأعضاء أو العضلات كي تقوم بعملها لإصدار الاستجابة الملائمة مع الظروف الداخلية والخارجية.

لذلك تعتبر عملية الانتقال العصبي إحدى مفردات عمل منظومة أكبر يطلق عليها الاتصال العصبي، والتي يقصد بها تبادل سيالات من النبضات والمعلومات العصبية بين مختلف مناطق الجهاز العصبي (Stephen, Marshall, Panny & Gerean, 2007).

ويقصد بالانتقال العصبي نقل الاستثارة والتنشيط، والتي تسير في اتجاه واحد من منطقة ما في الجهاز العصبي إلى منطقة أخرى، بهدف خدمة وظيفة عصبية معينة، وهي عملية بسيطة تشبه عملية نقل الشحنات عبر السلك الكهربائي، تكون فيها الإشارة المحولة إشارة ثنائية من نوع "تشغيل – إيقاف"، وكذلك فإن الانتقال العصبي يقوم على نقل وتبادل سيالات من النبضات العصبية التي تنتقل وفقًا لقانون "الكل أو لا شيء"، حيث تتصف تلك النبضات العصبية بأنها شحنات متساوية في قوتها، إذ أن شدة التأثير العصبي يعتمد على إطلاق نبضات عصبية بتكرار أعلى، وليس بقوة أكبر (أبو شعيشع، ١٩٩٨، مواضع متفرقة؛ تمبل، ٢٠٠٢، ١٣؛ عبد القوي، ٢٠٠١، مواضع متفرقة).

ويتم الانتقال العصبي بمعناه الواسع داخل الدماغ عن طريق ثلاثة أنواع من الألياف أو الروابط العصبية، هي:

١- **الألياف المنعكسة:** وهي تخرج من جذع الدماغ، حيث تقوم على نقل الاستثارة العصبية من وإلى القشرة الدماغية، ويوجد منها نوعان، أولهما: ألياف تصاعدية تمتد بين الثلاموس والقشرة المخية، وثانيهما:

ألياف هابطة تمتد من القشرة الدماغية وتهبط إلى ساق الدماغ والحبل الشوكي (عبد القوي، ٢٠٠١، ١٥٧).

٢- **الألياف الترابطية:** تقوم على الربط بين فصوص الدماغ المكونة لكل شق كروي، لذا فهي تكثر داخل الشق الواحد.

٣- **الألياف المقرنية:** وهي عبارة عن ألياف تقوم على الربط بين مناطق متناظرة في شقي الدماغ.

كل تلك الألياف على اختلاف أنواعها سواءً أكانت منعكسة أم ترابطية أم مقرنية فهي جميعًا تقوم على تكامل عمل الدماغ (الشقيرات، ٢٠٠٥، ١٧٤؛ عبد القوي، ٢٠٠١، مواضع متفرقة؛ عبد الوهاب، ٢٠٠٣، ٢٤).

وبتدقيق النظر إلى تلك الألياف العصبية التي يتم من خلالها عملية الانتقال العصبي نجد أنفسنا أمام ثلاثة أنواع للانتقال العصبي الذي يحدث داخل الدماغ بصفة عامة، وهي:

١- **الانتقال العصبي داخل الشق الواحد:** ويتم في هذا النوع من الانتقال نقل النبضات العصبية بين المناطق المختلفة داخل الشق الواحد دون غيره عبر مجموعة من الألياف الترابطية.

٢- **الانتقال العصبي بين مناطق قشرية وتحت قشرية:** ويتم في هذا النوع من الانتقال نقل النبضات العصبية من البناءات التحتية وجذع الدماغ إلى القشرة الدماغية، والعكس عبر مجموعة من الألياف المختلفة.

٣- **الانتقال العصبي بين شقي الدماغ:** وفيه يتم نقل النبضات العصبية من أحد شقي الدماغ إلى الشق الآخر عبر ما يسمى بالمقرنيات، وهذا النوع

من الانتقال هو المقصود بالاهتمام خلال الدراسة الراهنة، مع الأخذ في الاعتبار أن الفصل بين أنواع الانتقال العصبي هو فصل من أجل الدراسة فقط، حيث يتأثر التكامل الدماغي كمنظومة مترابطة بخلل نوع واحد أو أكثر من أنواع الانتقال العصبي.

ومن وجهة نظري، أرى أن: "الدماغ البشرى يعمل كوحدة واحدة متكاملة، لذا نجد أنفسنا عندما نوضع في موقف ما يتطلب استجابة محددة فإنه يتم استثارة الدماغ من خلال جميع أنواع الترابطات العصبية لتظهر لنا الاستجابة المناسبة في الوقت المحدد دونما تقديم أو تأخير، ويحدث ذلك نتيجة لتضافر كل المراكز الدماغية المتصلة فيما بينها لتثبت وحدة عمل العقل البشري، وأن أي اضطراب في الاتصالات التي تتم بين المراكز العصبية داخل الدماغ يتبعه اضطراب في إنتاج الاستجابة المرجوة بالشكل المناسب وفي الوقت المناسب، كأن يحدث مثلًا تأخير ظهور الاستجابة المناسبة وخاصة في المواقف التي تتطلب تآزرًا حسيًا حركيًا".

الانتقال العصبي بين شقي الدماغ

تنقسم القشرة الدماغية عن طريق شق طولي عميق إلى شقين كرويين غير متماثلين في كثير من الجوانب (أبو شعيشع، ١٩٩٨، ١٧١-١٧٧؛ عكاشة، ٢٠٠٠، ٤٦-٤٧؛ عبد القوي، ٢٠٠١، ٧١)، ويحدث الانتقال العصبي بين شقي الدماغ نتيجة لعدة محددات عصبية، أهمها: التجنب الوظيفي، السيادة الشقية، التعاكس البنائي.

يعرف الانتقال العصبي بين شقي الدماغ على أنه: "ذلك النوع من الانتقال العصبي الذي يشير إلى انتقال المعلومات والتنشيط بين شقي الدماغ أثناء الأداء

على مختلف المهام الحركية أو الإدراكية أو المعرفية أو الانفعالية (عبد الوهاب، ٢٠٠٣، ٢٣).

ويحدث الانتقال العصبي بين شقي الدماغ في ثلاث حالات، هي:

١- إذا وصلت المعلومة أو النبضة العصبية إلى الشق غير المتخصص فيحتم ذلك حدوث انتقال عصبي عن طريق المقرنيات إلى الشق المتخصص في معالجتها.

٢- في حالة المهام المعقدة أو التي تتطلب تآزر الشقين معًا في أدائها بما يحقق التكامل العصبي لإنجاز المهمة المطلوبة.

٣- في حالة المهام التي تتطلب توزيعًا نشطًا للانتباه، والذي يؤدي فيه الجسم الجاسئ دورًا بارزًا في التوزيع الانتقائي والنشط للانتباه (Banich, 1998).

ولكي تحدث عملية الانتقال العصبي بين شقي الدماغ فلابد من أن تتم عبر ألياف تعمل على تحقيق التكامل بين شقي الدماغ، وتسمح بتخطي أي تعارض أو تكرار عمل العقل، وتسمى تلك الألياف بالمقرنيات، ولابد أن يستغرق هذا الانتقال وقتًا.

زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ

يذكر "وودوورث" (١٩٥٤) أن التجارب الأولى لتقييم سرعة التوصيل العصبي في الجسم بشكل عام ابتكرت عام ١٨٥٠م على يد العالم الألماني "هلمهولتز" (Helmholts) الذي نجح في قياس سرعة التوصيل أو سرعة الدفعة العصبية، أو سرعة التيار العصبي، وتتلخص فكرة هلمهولتز" في تنبيه العصب

على مسافتين مختلفتين من الدماغ، وقياس الفرق في الزمن الذي يستغرقه الكائن الحي في الاستجابة للتنبيه في كل حالة، حيث يفترض أننا إذا عرفنا المسافة بين نقطتي التنبيه، وعرفنا الفرق في زمن الاستجابة أمكننا حساب معدل الدفعة العصبية، حيث أن المعدل يساوي المسافة مقسومة على الزمن، وقد جاءت النتائج غير متسقة، حيث ظهرت فروق بين الأفراد، وفروق بين الفرد ونفسه من محاولة إلى أخرى. وذهب "هلمهولتز" إلى أن معظم التأخير (كمون الاستجابة) يتمثل في زمن الرجع المتضمن في الدماغ وليس عبر الأعصاب الطرفية (الصبوه، القرشي، ٢٠٠١، ١٦٠-١٦١).

وعن سرعة الانتقال العصبي داخل الدماغ بوجه عام فيصل معدل سرعة النبضة العصبية (سواءً كانت حسية أم حركية) عبر المحور إلى ٢٠٠كم/ ساعة إلا أن سرعة النبضة العصبية غير مطلقة، بل تتأثر بعدة عوامل، منها:

- الخبرة، والتدريب، والألفة، فنجد أن الرسائل المألوفة تنتقل بسرعة كبيرة قد تصل إلى ٤٠٠كم/ ساعة مقارنة بالرسائل غير المألوفة.
- حجم المحور العصبي الذي تنتقل من خلاله النبضة أو الرسالة العصبية، فنجد أن السرعة تتزايد في المحاور ذات السمك الكبير مقارنة بالمحاور الأقل سمكًا.
- المحاور المدثرة بغشاء الميلين تكون أسرع في نقل الرسائل العصبية مقارنة بالمحاور غير المدثرة بالميلين (عبد القوي، ٢٠٠١، مواضع متفرقة؛ كامل، ١٩٩٣، ٤٨٠).

ويعرف زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ على أنه: "الزمن المستغرق في نقل النبضات أو المعلومات العصبية عبر المقرنيات والوصلات

العصبية من أحد شقي الدماغ إلى الآخر، والذي يسمى بزمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ، ويسمى بالفارق الزمني لظرفي التعاكس وعدم التعاكس، ويرمز له بالرمز (ف ت ع) ويسمى في أحيان أخرى بزمن الانتقال الجاسئ" (عبد الوهاب، ٢٠٠٣، ٣١؛ Hiatt & Newman, 2007)

وقد تعددت الدراسات العصبية التي قامت على فحص تركيب المحاور العصبية في علاقتها بسرعة النقل العصبي، وقد تم إجراء عديد من الدراسات بهدف بحث معدل نمو المادة البيضاء في علاقتها بزمن الرجع، والمادة البيضاء هنا هي: "عبارة عن مجموع المحاور العصبية المدثرة". ومن بين تلك الدراسات دراسة "سكونتليبري" وآخرون (Scantlebury, Cunningham, Dockstader, Laughlin, Gaetz, Ockel et al., 2014) التي قامت على فحص بنية المادة البيضاء في علاقتها بسرعة معالجة المعلومات، والتي تم قياسها من خلال مهمة زمن الرجع البسيط للمثيرات البصرية، وتم استخدام التصوير المغناطيسي لفحص تراكيب المادة البيضاء، لدى عينة مكونة من ٢٧ طفلًا من الأيامن تراوحت أعمارهم ما بين ٤:١٣ سنة، وأشارت نتائج تلك الدراسة إلى أن نمو المادة البيضاء يؤثر بشكل دال في ارتقاء العمليات المعرفية اللازمة لإتمام عملية التعلم وسرعة المعالجة المعرفية للمعلومات، وكذلك الانتباه اللحظي للمنبهات.

وتكمن أهمية دراسة زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ في كونه مؤشرًا عامًا على الصحة والمرض أو الاضطراب العقلي، وبالإضافة إلى كونه يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالفروق الفردية في الأداء المعرفي لدى الأسوياء، فقد أجريت دراسة بواسطة (صالح محمد، ٢٠١٠) للتعرف على زمن الانتقال

العصبي بين شقي الدماغ لدى المبدعين، وعلاقته بالوظائف التنفيذية لدى عينة من طلاب الجامعة، وتوصل من خلال تلك الدراسة إلى وجود فروق دالة لزمن الانتقال العصبي في علاقته بالوظائف التنفيذية لدى الطلاب المبدعين مقارنة بنظرائهم من العاديين، ولا يعد زمن الانتقال العصبي مؤشرًا للأداء المعرفي السوي فقط، بل يعد مؤشرًا على عديد من الاضطرابات العقلية والنمائية أيضًا، فقد وجد كل من "ديفيدسون"، و"ليزلي"، و"ساورن" (Davidson, Leslie & Saron, 1990) وكذلك "ديفيدسون"، و"ساورن" (Davidson & Saron, 1992) أن هناك إمكانية لتشخيص صعوبات القراءة من خلال تقييم زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ، وقد جاءت نتائج دراسة "جين" و"فيرجين" و"كيمبرلي" و"ميثل" مؤكدة دور بطء زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ لدى الراشدين الذين يعانون من صعوبات تعلم مقارنة بنظرائهم من الأسوياء، وعلى اختلاف الاضطرابات النمائية في علاقتها بزمن الانتقال العصبي (Jean, Virginie, Kimberly & Habib, 2002)، فقد قامت دراسة "ماك نالي" وآخرون بهدف فحص تركيب بناء الجسم الجاسئ في علاقته بضبط سرعة الاستجابة لدى أطفال ذوي (ض ض ن ف ح) مؤكدة هذه النتائج، حيث تبين وجود بطء ملحوظ في زمن الرجع، وكذلك في معدل الخطأ العام، وضبط الاستجابة لدى أطفال ذوي (ض ض ن ف ح)، حيث ارتبط ذلك بوجود شذوذات في تركيب الجسم الجاسئ القائم على وظيفة الانتقال بين الفصوص الأمامية من الدماغ، وتمثلت تلك الشذوذات في صغر حجم منطقة البرزخ، وكذلك المنصة بالجسم الجاسئ لدى هؤلاء الأطفال (McNally et al., 2010).

طرق قياس زمن الانتقال العصبي

تتعدد أساليب قياس زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ، وتتنوع ما بين أساليب سلوكية كنموذج زمن الرجع اليدوي البسيط، ونموذج الرجع الصوتي، ونموذج زمن الرجع المعقد أو الاختياري، وأساليب إلكتروفسيولوجية (ومنها رسام الدماغ الكهربائي، والطاقات المستثارة، وآليات التصوير العصبي للدماغ، كالتصوير بأشعة الرنين المغناطيسي الوظيفي، وتصوير الدماغ بالبوزيترون... إلخ).

وعن كيفية قياس زمن الانتقال العصبي خلال الدراسة الراهنة، فقد قمنا باستخدام أحد الأساليب السلوكية لتقييم زمن الانتقال بين شقي الدماغ، ألا وهو نموذج زمن الرجع البصري الحركي البسيط، وفيما يلي عرض مفصل لنموذج زمن الرجع البصري الحركي البسيط دون غيره من أساليب قياس زمن الانتقال العصبي، حيث لم نتعرض لباقي أساليب قياس زمن الانتقال العصبي، طالما أننا لم نقم باستخدامها خلال الدراسة الراهنة، وفيما يلي عرض مفصل لهذا النموذج:

نموذج زمن الرجع البسيط للنقل البصري الحركي بين شقي الدماغ

يعتبر بوفينبرجر (Poffenberger, 1912) أول من زعم أن بإمكاننا قياس زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ بطريقة سلوكية من خلال قياس زمن الرجع البصري الحركي البسيط (Marzi, 1999; Corballis, 2002)، وقد وضع بوفينبرجر نموذجه السلوكي هذا بناءً على ثلاث بديهيات أساسية، هي:

- يعمل النظامان البصري والحركي وفقًا لمبدأ التعاكس البنائي، حيث الأساس التشريحي الذي يقوم على مبدأ التقابل داخل هذين النظامين، فنجد شقي الدماغ يقوما على التحكم الحسي والحركي في نصف الجسم المعاكس لجهته، وفي حالة وصول المعلومة العصبية لشق الدماغ غير المتخصص في معالجته كان حتمًا أن يتم نقلها إلى شق الدماغ المتخصص، وهو ما يسمى بظرف التعاكس.
- في ظل ظرف التعاكس يتم نقل المعلومة العصبية عبر ألياف أطول تشريحيًا –تسمى بالمقرنيات أو الألياف المقرنية– مقارنة بالألياف العصبية التي تخدم عملية النقل العصبي الذي يتم داخل الشق الواحد في ظل ظرف عدم التعاكس.
- إن عملية النقل العصبي عبر تلك الألياف المقرنية تستغرق وقتًا أطول في ظل ظرف التعاكس، ويعد من أهم تلك الألياف المقرنية وأطولها على الإطلاق الجسم الجاسئ، والذي يطلق عليه في أحيان أخرى المقرن الأعظم، لما له من دور فعال في عملية النقل العصبي بين شقي الدماغ، بل وداخل الشق الواحد أيضًا، لذا يسمى الوقت المستغرق في النقل العصبي بين شقي الدماغ بزمن النقل الجاسئ، أو تكلفة النقل الجاسئ (Braun, Villeneuve & Achim, 1996).

بناءً على تلك البديهيات المنطقية التي اتخذها بوفينبرجر أساسا لنموذجه، فقد حدد طريقة قياس زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ من خلال مهمة يتم الأداء عليها عبر الحاسب الآلي، حيث يتم فيها عرض منبهات بصرية بشكل سريع على يمين ويسار نقطة التثبيت التي تتوسط مركز شاشة العرض، ثم

يطلب من المبحوث أن يستجب له يدويًا بأقصى سرعة ممكنة بالضغط على مفتاح محدد من لوحة المفاتيح وفقًا لتعليمات محددة مسبقة في بداية المهمة، وفي تلك المهمة تعرض المنبهات في المجال البصري الذي هو في نفس جهة اليد المستجيبة تارة، وفي المجال البصري الذي هو في الجهة المعاكسة لجهة اليد المستجيبة تارة أخرى، ومن ثم نجد أنفسنا أمام ظرفين أساسيين، هما:

- **ظرف عدم التعاكس:** وفي هذا الظرف شق واحد فقط من الدماغ هو الذي يستقبل المعلومة البصرية، ويقوم على معالجتها، وهو نفسه الذي يتحكم في الاستجابة الحركية، ويتم ذلك عندما تعرض المعلومة البصرية في نفس المجال البصري لليد المستجيبة (Marzi, 1999)، حيث لا يحدث انتقال بين شقي الدماغ، والذي يسمى بظرف عدم تعاكس المسار أو ظرف عدم تعاكس الاستجابات البصرية الحركية.
- **ظرف التعاكس:** وفي هذا الظرف شق يستقبل المعلومة البصرية، في حين يقوم الشق الآخر من الدماغ بمعالجتها للتحكم في الاستجابة الحركية التي تتطلبها المعلومة البصرية، ولكي يحدث ذلك فلابد من حدوث انتقال عصبي للمعلومة البصرية من الشق المستقبل إلى الشق المعالج الذي يكون أقدر على التحكم في الاستجابة الحركية، لذا يسمى هذا الظرف بظرف تعاكس المسار أو ظرف تعاكس الاستجابات البصرية الحركية، ويحدث ذلك عندما يتم عرض المعلومة البصرية في المجال البصري المعاكس لليد المستجيبة.

افترض "بوفينبرجر" أن أزمنة الرجع في ظرف عدم التعاكس أقل من أزمنة الرجع في ظرف التعاكس، وقام باختبار فرضه عدة مرات، وتم تأكيده بالفعل، حيث وجد أن هناك فرقًا في أزمنة الرجع في ظل ظرف عدم التعاكس

وظرف التعاكس، وأن هذا الفارق الزمنى والذي يقدر بـ ٥ مللي ثانية، وهو قيمة أو تكلفة النقل الجاسئ أو المقرني بين شقي الدماغ، والذي يسمى بزمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ، ويسمى في أحيان أخرى بزمن الانتقال الجاسئي، وبتكرار إجراء هذه التجربة توصل الباحثون إلى أن هناك اختلافًا في تحديد زمن الانتقال الجاسئ، فقد كشفوا عن قيمة تتراوح ما بين ٣:٢ مللي ثانية، في حين أن هذا الفارق الزمنى بين ظرفي التعاكس وعدم التعاكس لم يكن واضحًا في أبحاث أخرى، وقد أرجع الباحثون السبب في ذلك إلى اختلاف ظروف التطبيق، ونوع المنبهات المقدمة، ولامركزية العرض، وغيرها من المتغيرات الأخرى التي تكمن وراء هذا التناقض. ولم يقف "بوفينبرجر" عاجزًا أمام ذلك، بل افترض أن السبب في ذلك هو اختلاف في فترات كمون الاستجابة، حيث يزداد فترات كمون الاستجابة بزيادة طول الألياف العصبية التي تقوم على خدمة عملية النقل العصبي للمعلومة، والتي تتكون منها المقرنيات.

وهناك عديد من الأدلة التجريبية التي تؤكد منطقية نموذج "بوفينبرجر"، وصدق مسلماته، ومنها على سبيل المثال لا الحصر ما نلاحظه لدى مرض الجسم الجاسئ من بطء زمن الرجع مقارنة بنظرائهم من الأسوياء (Berlucchi et al., 1995)، وكذلك لدى مرضى الدماغ المنقسم، والذين أظهروا تباطؤًا شديدًا في زمن الرجع مقارنة بنظرائهم من الأسوياء، حيث تم فحص ستة أفراد أسوياء ومريض واحد قطع لديه الجسم الجاسئ بشكل كلي، وتم قياس معدل سريان الدم أثناء الأداء على مهمة زمن الرجع اليدوي البسيطة، والتي أجريت باستخدام العرض البصري التاكستسكوبى المجنب، وأسفرت النتائج عن أن معدل انتقال المعلومات بين شقي الدماغ كان أطول في ظل ظروف التعاكس في

مقابل ظرف عدم التعاكس. هذا بالنسبة للأسوياء، وفى الحالة المصابة كان هناك تباطؤ شديد مقارنة بنظرائهم من الأسوياء (Marzi, 1999)، ولما كان هذا الأسلوب قد أثبت صدق جدواه، وسلامة أساسها المنطقي في قياس زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ، وتم اختبارها في حالة السواء والمرض، لذا فقد اعتمدنا على الأسلوب نفسه في قياس زمن الانتقال العصبي خلال الدراسة الراهنة.

الأسس العصبية لزمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ

الجهاز العصبي لديه قدرة فائقة على إعادة تقويم توقعاته حول العلاقة الزمنية بين العمل الذي يقوم به والإحساس بما وصل إليه من نتائج، فالدماغ يعمل دائمًا على تحديد الوقت المنقضي من أجل الاستجابة للمنبهات الحسية وإصدار الاستجابات المناسبة لتلك المنبهات، فحيث أن محك الزمن من أهم القواعد التي يعمل الدماغ البشرى وفقًا لها، فما نلاحظه أثناء قيادة السيارة، وكيف يحدث تآزر بصري حركي إدراكي في برهة من الزمن من أجل إصدار الاستجابة المناسبة؟ وإذا نظرنا إلى عازف البيانو وكيف يصدر استجابة العزف بناءً على تآزر بصري حسي سمعي إدراكي، ومثل هذه العمليات تتم بشكل متأنٍ وسريع لتظهر لنا الاستجابة اللازمة في الوقت المناسب وبالشكل المطلوب (Eagleman, 2005).

ولأهمية مؤشر زمن الاستجابة في تشخيص بعض الاضطرابات السلوكية، والنمائية، فقد ذهب بعض الباحثون إلى أن هناك اضطرابات يمكن تصنيفها على أنها اضطرابات توقيت، ومنها العسر القرائي، وكذلك الشلل الرعاش، و(ض ض ن ف ح)، وكذلك الفصام (Kerns, McInerney &

Wilde, 2001)، وينظر إلى مثل هذه الاضطرابات على أن الأشخاص المصابين بأي منها لديهم تباطؤ في زمن الرجع ردًا على مختلف المواقف الحياتية التي تواجههم، ولما كان زمن الرجع ينظر إليه على أنه مؤشر دال لزمن الانتقال العصبي الذي يتم داخل الدماغ، وحيث أن الدراسة الراهنة تقوم في أساسها على بحث زمن الانتقال العصبي بين شقي الدماغ في علاقته بكل من سرعة المعالجة وحل المشكلات.

الأسس العصبية للانتقال العصبي بين شقي الدماغ

- ينقسم الدماغ إلى شقين كروبين عن طريق شق طولي عميق، حيث يغطى كلا الشقين الكرويين بغطاء رمادي رقيق من الخلايا العصبية وهي القشرة التي تقع تحتها طبقة سميكة من المادة البيضاء التي تتكون من المحاور العصبية المدثرة.
- ويقسم شقي الدماغ إلى أربعة فصوص يفصل الشق الكبير الجانبي الفص الصدغي من الناحية السفلي عن الفصيين الأماميين، وعن الفص الجداري من الناحية العلوية ويختص جزء كبير من سطح القشرة، يسمى بجزيرة رايل داخل ثنايا الشق الجانبي، ويسير الشق المركزي على بعد ٧٠ درجة من الشق الجانبي، بادئًا من السطح الأوسط لكل من شقي الدماغ، مارًا فوق سطحه الجانبي حتى يصل تقريبًا إلى الشق الجانبي للمنطقة التي تقع إلى الأمام من الشق المركزي وفوق الشق الجانبي فيتكون الشق الجداري، وهناك شق غير ظاهر يفصل الأجزاء الخلفية من الفص الجداري عن الفص القفوي وهو الشق الجداري–القفوي (أبو شعيشع، ١٩٩٨، مواضع متفرقة؛ عكاشة، ٢٠٠٠، مواضع متفرقة).

- وبالرغم من أن شقي الدماغ يقسم من الناحية التشريحية إلى أربعة فصوص، حيث الشقوق التي تفصل بينها وبين بعضها بعضا، إلا أنهما يتصلان عن طريق ما يسمى بالألياف الترابطية، تلك الحزمة العصبية التي تقوم على الربط بين الفصوص الأربعة للمخ في كلا الشقين الكرويين، حيث يتم تبادل السيالات والرسائل العصبية البصرية والسمعية والشمية واللمسية داخل الشق الواحد (Raybaud, 2010)
- وتمتد قشرة شقي الدماغ في السطح الأوسط لكتلتي الدماغ لتحيط بها حزمة كبيرة من الألياف العصبية التي تسمى بالمقرنيات أو الألياف المقرنية، وهي تلك الألياف العصبية التي تقوم على الربط بين أجزاء ومناطق متناظرة من شقي الدماغ، وتشتمل تلك الألياف المقرنية على عدة مقرنيات من أهمها: الجسم الجاسئ، والمقرنيات الأمامية، والمقرنيات الخلفية، ومقرنيات قرن آمون.

وبالإضافة إلى تلك المقرنيات سالفة الذكر التي من خلالها يحصل كل شق من شقي الدماغ على المعلومات نفسها، والرسائل العصبية التي وصلت أولًا إلى الشق الآخر، نجد أن هناك مقرنيات أخرى لا يمكن إغفال دورها في أحداث التكامل العصبي داخل الدماغ، ومنها مقرنيات التوأمية، ومقرنيات الخردلة، ومقرنيات الحديبية، والوصلات التلامسية، كما يقتظ الحبل الشوكي بالوصلات العصبية التي تخدم التكامل العصبي أيضًا (Raybaud, 2010).

هناك عدة مبادئ يعمل وفقًا لها الدماغ البشري، ومن أهم تلك المبادئ:

مبدأ التجنب الوظيفي:

الذي يشير في أساسه إلى حقيقة وجود فروق بين شقي الدماغ من الناحية الوظيفية حيث تؤكد نتائج الدراسات الإكلينيكية أن كل شق من شقي الدماغ يتخصص في بعض الوظائف المعرفية، ويتعامل مع المعلومات الواردة إليه بطريقة مختلفة عن الشق الآخر (Bhatia, 2009)، وترجع البداية الحقيقية لدراسة الفروق الوظيفية بين شقي الدماغ إلى "مارك داكس" (١٨٣٦م)، ذلك الطبيب المغمور، فمن خلال ملاحظاته الإكلينيكية توصل إلى أن شق الدماغ الأيسر يوجد به مركز الكلام، ومن بعده "بروكا" (١٨٦٤م) توصل إلى أن قدرة اللغة المنطوقة تتموضع في الجانب الأيسر من الدماغ.

وتمتد الفروق بين شقي الدماغ لتشمل لا تماثل تشريحي، ونسيجي، وعصبي كيميائي، ومن ثم لا تماثل وظيفي، ويعرف "جابارد" (Gabbard, 1997) التجنيب الوظيفي: على أنه توزيع الوظائف بين شقي الدماغ مع العجز النسبي للشق الآخر في أداء الوظيفة نفسها، فنجد الشق الأيسر من الدماغ يتفوق في كل ما هو لغوى (لفظي) وفي المهارات الحسابية، وحل المشكلات المعقدة أو المركبة، لذا فهو شق لفظي تحليلي منطقي واقعي، في حين يتفوق الشق الأيمن في المهارات الحسابية البسيطة، والمعالجات التحليلية للمعلومات، لذا فهو يطلق عليه الشق غير اللفظي الحسي الحدسي الانفعالي، وهو يعمل بطريقه كلية في معالجة المعلومات (Plotnik, & Kouuoumdjian, 2010). ويرتبط بالتجنيب الوظيفي ما يسمى بالتموضع اللحائي والذي يعني تمركز وظائف

بعينها في مراكز أو مناطق بعينها باللحاء (Passer, & Smith, 2003; Allen, Strauss, & Goldstein, 2007)

ويرى البعض أن عدم التماثل بين شقي الدماغ لا يرجع إلى نوع التنبيه (لفظي/ غير لفظي)، وإنما يرجع إلى نوعية المعالجة التي يتم بها فهم، وتخزين الوارد الحسي، وبناءً على هذا الافتراض فإن تخصص الشق الأيسر في اللغة يرجع إلى تخصصه في مهارات المعالجة التحليلية، وهي تلك المهارات اللازمة للمعالجات اللغوية، بينما يرجع تخصص الشق الأيمن في أداء المهام البصرية المكانية إلى تخصصه في المعالجة الكلية، والإجمالية (عبد القوي، ٢٠٠١، مواضع متفرقة؛ Allen et al., 2007).

وظل هذا الافتراض قائمًا إلى أن جاءت نتائج دراسات مفصولي الدماغ، وأظهرت خطأ هذا الافتراض، حيث أكدت أن كلا الشقين لديه القدرة على القيام بنوعي المعالجة، وأن نوعية المعالجات التي يقوم بها أي من شقي الدماغ تعتمد في أساسها على طبيعة المهمة المطلوبة.

وترى الباحثة أن نوعية المعالجة (كلية في مقابل تحليلية)، ونوع المنبهات (لفظية في مقابل غير لفظية) هما وجهان لعملة واحدة لا يمكن الفصل بينهما حيث إنه بناء على نوعية المهمة المقدمة (لفظية أو غير لفظية) يتم استثارة المراكز العصبية المتخصصة في المعالجة، والتي تتعامل مع طبيعة تلك المهمة بشكل أفضل، حيث تمركزها في أي من شقي الدماغ، فإذا كانت المهمة المطلوب معالجتها مهمة لفظية نجدها أكثر إثارة للشق الأيسر من الدماغ، والعكس بالنسبة للمهام المكانية البصرية الإدراكية تكون أكثر قدرة على إثارة الشق الأيمن لأفضليته في معالجتها.

وبناءً على وجود تخصص شقي الدماغ سواءً كان في نوعية المعالجة (كلية/ تحليلية) أم في طبيعة المنبهات (لفظية/ غير لفظية) فإنه إذا وصلت المعلومة العصبية إلى الشق غير المتخصص في التعامل معها، فإن ذلك يستلزم حدوث انتقال عصبي لتلك المعلومة إلى الشق المتخصص، لذا نجد اللاتماثل الوظيفي بين شقي الدماغ يلزمهما على التكامل معًا للعمل سويًا لتحقيق وحدة الدماغ، ومن ثم وحدة الشخصية بحيث لا نتعامل مع التخصص الشقي على أنه حالة من التعارض.

مبدأ السيادة الشقية:

وقد امتدت دراسات الفروق الوظيفية بين شقي الدماغ إلى دراسة سيادة أحد شقي الدماغ على الآخر، فنجد أن "جون هيولنجس جاكسون" (Jacksion, J. H, 1864) يقول "أنن شقي الدماغ لا يمكن أن يكون تكرار كل منهما للآخر" ويضيف قائلًا "إذا كان التلف الذي يحدث لأحد شقي الدماغ يفقد القدرة على الكلام، وهي قدرة أو وظيفة لا نجد أرقى منها لدى الإنسان، فلابد أن يكون شقًا واحدًا من الدماغ هو الذي يتولى أرقى هذه الوظائف، ويكون هو الشق السائد أو القائد (باتع، ١٩٩٦، ١٣٠١٢).

ويمضي جاكسون مؤكدًا أنه "في معظم الناس يكون الشق الأيسر من الدماغ هو الشق السائد، وهو الجانب الذي يوجد به ما يسمى بالإرادة أما الشق الأيمن فهو المسود أو المهمل أو الصامت" (سبرنجر، ودويتش، ١٩٩١، ٢٤)، وفي عام ١٨٧٠ ذهب "فيرنيك" (Wernicke) إلى أن التلف الذي يصيب الجزء الخلفي من الفص الصدغي لشق الدماغ الأيسر قد يترتب عليه ظهور صعوبات في قدرة المريض على فهم كلام الآخرين، وفي عام ١٨٧١م ذهب "جاكسون"

من خلال ملاحظاته لأحد مرضاه الذي كان يعانى أورامًا في شق الدماغ الأيمن، كان لديه صعوبات في التعرف على الأشياء، والأشخاص.

إذ يعد التنظيم الدماغي خاصية أساسية بما يتضمنه من لا تماثل تشريحي، ووظيفي بين شقي الدماغ، وبما يتضمنه كذلك من التعاكس البنائي فيما يتعلق بارتباط كل شق من شقي الدماغ بالجانب المعاكس له من الجسم، بحيث يأخذ نمطًا معتادًا بسيادة الشق الأيسر في هذه الحالة بالشق المهيمن أو القائد، ويشذ عن هذه القاعدة نسبة ٢: ٨٪ ويسمى ذلك النمط بالنمط المعكوس، وبالنظر إلى تلك المبادئ التي يعمل الدماغ وفقًا لها نجد أن هناك حتمية ضرورية لحدوث انتقال عصبي داخل الدماغ بشكليه (انتقل عصبي بين شقي الدماغ، وانتقال عصبي داخل الشق الواحد)، حتى نحصل على الاستجابة اللازمة في الوقت المناسب، وبالشكل المطلوب.

مبدأ التعاكس البنائي:

حيث أن كل شق كروي من شقي الدماغ يتولى الإدارة الحركية، والحسية على نصف الجسم المعاكس له، ومن ثم يتولى الشق الأيمن من الدماغ إدارة النصف الأيسر من الجسم حسيًا وحركيًا، والعكس صحيح بالنسبة للشق الآخر من الدماغ، وهو أمر يجعل من الضروري تحديد اتجاه ومسار النقل العصبي للسيالات العصبية والحركية الصادرة من الدماغ، والسيالات العصبية الحسية الواردة إليه، كما أن هذا المبدأ أيضًا يجعل من الضروري تحديد اتجاه، ومسار النقل العصبي للسيالات العصبية بين شقي الدماغ، بل وداخل كل شق أيضًا، حيث تتجمع محاور الخلايا العصبية الهرمية، وخلايا بيتز لتكون المسارات الهرمية، والتي تعمل على تنبيه عضلات الجسم، وتسير كل حزمة هرمية في

كل شق إلى أسفل خلال أجزاء الدماغ حتى يصل إلى النخاع المستطيل في جذع الدماغ لتقاطع الحزمتين القادمتين من الشقين، وتعبر كل منهما إلى الجانب الآخر في نهاية النخاع المستطيل فتعبر الحزمة اليمنى إلى الجهة اليسرى، وتعبر الحزمة اليسرى إلى الجهة اليمنى مكونة ما يسمى بالتقاطع الحركي، وهي نفس النقطة التي يحدث عندها التقاطع الحسي، حيث تواصل كل حزمة طريقها إلى الحبل الشوكي لتغذي النصف المقابل لها من الجسم (عبد القوي، ٢٠٠١، مواضع متفرقة؛ Miller, & Van Nes, 2007).

ولقد قام بروكا بالربط بين مبدأ التخصص الوظيفي، والتعاكس البنائي حيث ذهب إلى أبعد من مجرد تحديد دور شق الدماغ الأيسر في وظيفة الكلام بل يمتد اهتمامه إلى دراسة العلاقة بين تفضيل أحد اليدين وبين القدرة على الكلام، فقد قدم قاعدة مفادها "أن الجانب من الدماغ الذي يسيطر على وظيفة اللغة يوجد في الجهة العاكسة لليد المفضلة"، ولقد شغلت تلك القاعدة الباحثين حتى القرن العشرين؛ لذا يعتبر بروكا أول من ربط بين اللاتماثل الوظيفي بين شقي الدماغ، والتعاكس البنائي (سبرنجر، دويتش، ١٩٩١، ٢٤).

لقد رأى بروكا خلال ملاحظته لبعض مرضاه فاقدي القدرة على الكلام كانوا يعانون شللًا نصفيًا حيث كان شللهم دائمًا من الجانب الأيمن من أجسامهم، ولم يقف عند تلك الملاحظات فقط، بل قام تشريح أمخاخ بعض المرضى بعد وفاتهم، فوجد أن هناك تلفًا بالشق الأيمن من الدماغ، ولم يكن هؤلاء المرضى يعانون من فقدان القدرة على الكلام في حياتهم، وهو ما أكد صحة افتراضه (سبرنجر، دويتش، ١٩٩١، ٢٢).

المراجع

- أبو المكارم، فؤاد (٢٠٠٤) أسس الإدراك البصري للحركة، القاهرة: الدار العربية للكتاب
- أبو الحسن، حسام الدين (٢٠١٢). علم النفس المعرفي نظريات معاصرة وتطبيقاتها التربوية. الإسكندرية : دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر
- أبو حطب، فؤاد (٢٠٠١). القدرات العقلية: (٧). القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
- أبو شعيشع، السيد (٢٠٠٥) الأسس البيوكيميائية للأمراض النفسية والعصبية، القاهرة: مكتبة النهضة المصرية.
- ابو شعيشع، السيد (١٩٩٨). امس علم النفس الفيزيولوجي: (ط٢). القاهرة: دار
- النهضة المصرية،
- أحمد، أسامة؛ وعبد الرحيم، أيمان (٢٠٠٤) فسيولوجيا الجهاز العصبي والغدد الصماء والدم. بني سويف: لجنة مطبوعات كلية العلوم جامعة بني سويف.
- الأعسر ، صفاء (د.ت). الإبداع في حل المشكلات، القاهرة: دار قباء للطباعة والنشر والتوزيع.
- الجعافرة، حاتم (٢٠٠٨).اضطرابات الحركة عند الأطفال. القاهرة: دار أسامة للنشر والتوزيع.
- الجاعوني، فريد(٢٠٠٨). أسلوب تحليل الانحدار الخطي المتعدد في دراسة أهم المتغيرات الاقتصادية والاجتماعية والديمغرافية المؤثرة في معدل

الولادات الكلية مجلة جامعة دمشق للعلوم الاقتصادية والقانونية، ٢٤ (٢)، ٢٣٧- ٢٥٣.

- البحيري،عبد الرقيب (٢٠١٥) . كراسة اختبار اضطراب نقص الانتباه مفرط الحركة. القاهرة: مكتبة الأنجلو : المصرية
- الخليفة، عمر؛ والشيخ، بدر؛ و سلامة، إخلاص.(٢٠١٢). فاعلية التدريب على برنامج العبق في تعزيز سرعة معالجة المعلومات لدى عينة من طلبة المدراس السودانية المجلة العربية لتطوير التفوق،٣(٥) ١١٨-١٩٨٠
- الخشمري، سحر (٢٠٠٧)، العلاقة بين اضطراب ضعف الانتباه والنشاط الزائد وصعوبات التعلم المكتبة الإلكترونية، أطفال الخليج ذوي الاحتياجات الخاصة.