قراءة حول نظرية طبلة الذاكرة لهنـري

زمن رد الفعل البسيط، مشتقاته، والعوامل المؤثرة فيه

أ.د/ محمد إبراهيم المليجي

أستاذ علوم الحركة [1]

في فترة الستينيات من القرن الماضي، ومع زيادة الزخم العلمي في أوائل السبعينيات، تطورت دراسة السلوك الحركي كتخصص فرعي علمي لعلم الحركة. ومع هذا التغيير، لم يكن العلماء الذين يجرون أبحاثًا في السلوك الحركي سواء أكانوا علماء فيسيولوجيا الأعصاب أو علماء نفس؛ كانوا متخصصين في النشاط البدني. ولذلك، قد تكون ورقة فرانكلين هنري Franklin Henry's paper حول نظرية طبلة الذاكرة Henry's Memory Drum Theory[2] هي أول دراسة نظرية أو تاريخية كبرى (Ulrich & Reeve 2005,[3]) من تخصص علم الحركة (الذي كان يسمى التربية البدنية في ذلك الوقت).

ذكرت نظرية هنري أن زمن رد الفعل كان أبطأ للحركات المعقدة لأن تلك الحركات تستغرق وقتًا أطول في التخطيط. فمثلاً، تتطلب الحركات ذات المقاطع المتعددة - التي تتضمن الانتقال من موضع إلى موضع آخر، ثم إلى موضع ثالث - زمن رد فعل أطول من الحركات أحادية المقطع، لأن الدماغ يتطلب وقتًا أطول لتحديد المعلومات المطلوبة. وهكذا إلى أن تطور العمل الحالي على البرامج الحركية، أي استدعاء الدماغ للبرامج الحركية المُثبّتة مسبقاً من نظرية طبلة الذاكرة لهنري.(Shirl J. Hoffman, and Duane V. Knudson, 2018,[4])

تتنبأ نظرية طبلة الذاكرة Memory Drum لرد الفعل العصبي الحركي بأن زمن رد الفعل البسيط Simple Reaction Time (SRT) يزداد مع تعقيد الاستجابة التي ستبدأ. وعلى الرغم من عدم تعريف مصطلح "التعقيدcomplexity" بوضوح من قبل هنري وروجرز Henry and Rogers، إلا أنه تم وصفه ضمنيًا على أنه "إضافة أجزاء حركة متصلة Addition of Connected Movement Parts". يُعتقد أن الاستجابات الأكثر تعقيدًا التي تنتجها البرامج الأطول تتطلب مساحة تخزين أكبر على"اسطوانة الذاكرة" وبالتالي المزيد من وقت القراءة من التخزين قبل بدء الحركة.(J. Greg Anson, 1982,[5])

---

1) أستاذ علوم الحركة، كلية التربية الرياضية، جامعة الزقازيق.

2) Henry, F.M., & Rogers, D.E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. Research Quarterly, 31, 448–458.

3) Ulrich, B., & Reeve, T.G. (2005). Studies in motor behavior: 75 years of research in motor development, learning, and control. Research Quarterly for Exercise and Sport, 75, S62– S70

4) Shirl J. Hoffman, and Duane V. Knudson, (2018). Introduction to Kinesiology, Studying Physical Activity. Human Kinetics, Inc. 5th. Ed., 335-337.

5) J. Greg Anson, (1982). Memory Drum theory: Alternative Tests and Explanations for the Complexity Effects on Simple Reaction Time. Journal of Motor Behavior, Vol. 14, No. 3, 228-246.

تم اقتراح نظرية طبلة الذاكرة لأول مرة في عام 1960، كتطوير لنظرية معالجة المعلومات التي اقترحها عالم النفس الأمريكي جورج أرميتاج ميللر George Armitage Miller عام 1956م،، وقد كان الدعم التجريبي لنظرية طبلة الذاكرة المطورة يستند في المقام الأول إلى بيانات التجربتين الأوليتين اللتين أجراهما "هنري وروجرز Henry and Rogers" عام (1960). لقد استخدموا نموذج "زمن رد الفعل البسيط Simple Reaction Time SRT" وشملوا ثلاثة مستويات، A و B و C، من تعقيد الاستجابة. فكانت الاستجابة A عبارة عن رفع إصبع بسيط، وكانت الاستجابة B عبارة عن التقاط كرة تنس معلقة بمفتاح سويتش صغير micro switch، والمفتاح والكرة على مسافة تتطلب مد الذراع للأمام وللأعلى. وعلى الرغم من أن الاستجابة C بدأت من نفس الموضع مثل الاستجابات A و B، فقد تضمنت ثلاثة مكونات تتضمن تغييرين في الاتجاه والاتصال مع ثلاثة أهداف. وقد أشارت النتائج إلى أن زمن رد الفعل البسيط SRT بشكل عام للاستجابة B كان أطول بنسبة 20٪ من الاستجابة A، بينما كان زمن رد الفعل البسيط SRT للاستجابة C أطول بنسبة 7٪ من الاستجابة B.

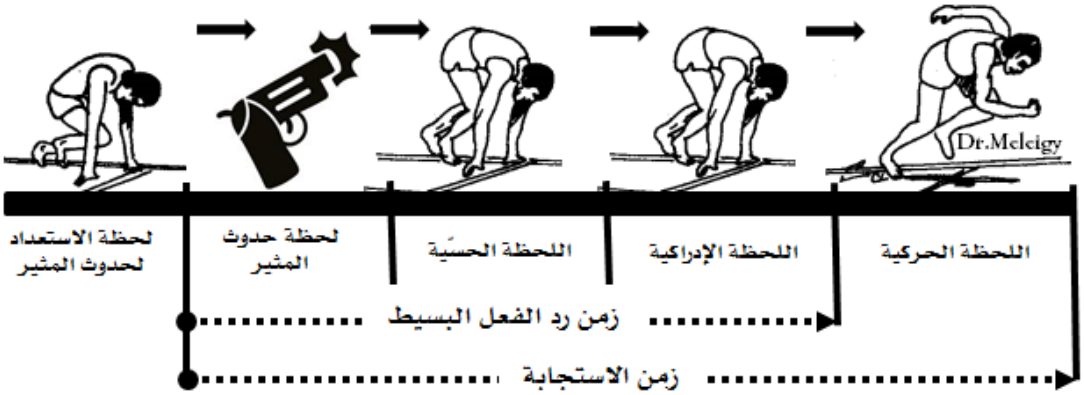
على وجه التحديد، نتائج التجربة الأولى، أنتجت متوسطات مقدارها 163، 195 و204 مللي ثانية للاستجابات A وB وC على الترتيب. وقد عزا (هنري وروجرز Henry and Rogers) هذه الزيادات الكبيرة في زمن رد الفعل البسيط SRT إلى تعقيد الاستجابة، وقد فسرا نتائجهما على أنها دعم لنظرية طبلة الذاكرة.(Henry, 1980[1]; Klapp, 1980[2])

وفي عام 1980 أي بعد 20 عام تم تنقيح المفهوم الأصلي الذي وصفه فرانكلين هنري في عام 1960 وتم توسيعه ليشمل الحركات المنتهية والمنفصلة صغيرة الحجم، وكذلك المهام اللفظية والكتابة على الآلة الكاتبة. وقد تم اعادة التجربة (الأولى)، وتمت مطابقة تصميم " هنري وروجرز Henry and Rogers" وأظهرت النتائج تكرارًا ناجحًا لهذه التجربة، حيث كانت استجابة زمن رد الفعل البسيط SRT للاستجابة B أطول بنسبة 13٪ من الاستجابة A والاستجابة C أطول بنسبة 14٪ من الاستجابة B.

وقد كانت الفكرة القائلة بأن زمن رد الفعل البسيط SRT يزيد كدالة بزيادة التعقيد كما تنبأت نظرية طبلة الذاكرة، قد تم توضيحها فيما بعد في عدد من التحقيقات اللاحقة لمن أراد أن يطلع على المزيد (Glencross, 1972,[3]; Henry, 1961,[4]; Laszlo & Livesy, 1977,[5]; Norrie, 1967,[6], 1974,[1];)، ومع ذلك، فإن زيادة التعقيد في حد ذاته قد لا يكون سببا رئيسياً في زيادات زمن رد الفعل البسيط Simple Reaction Time كما سنرى لاحقاً.

1) Henry, F. M. (1980). The use of simple reaction time in motor programming studies: A reply to Klapp, Wyatt, and Lingo. Journal of Motor Behavior, 12, 163–168.
2) Klapp, S. T. (1980). The memory drum theory after twenty years: Comments on Henry's note. Journal of Motor Behavior, 12, 169–171.
3) Glencross, D. J. (1972). Latency and response complexity. Journal of Motor Behavior, 4, 251–256.
4) Henry, F. M. (1961). Stimulus complexity, movement capacity, age and sex in relations to reaction latency and speed in limb movements. Research Quarterly, 32, 353–366.
5) Laszlo, J. I., & Livesey, J. P. (1977). Task complexity, accuracy and reaction time. Journal of Motor Behavior, 9, 171–177.
6) Norrie, M. L. (1967). Practice effects on reaction latency for simple and complex movements. Research Quarterly, 38, 79–85.

إن احتمالية أن الزيادات في زمن رد الفعل البسيط SRT، خاصة فيما يتعلق بالاستجابات A و B المستخدمة من قبل "هنري وروجرز Henry and Rogers" يمكن أن تكون راجعة إلى متغيرات محددة للاستجابة وليس التعقيد الذي نظر فيه الباحث "كلاب (1980) .Klapp, S. T" الذي اقترح أن العوامل الطرفية Peripheral Factors (البرمجة غير المركزية) في مرحلة بدء الاستجابات التي استخدمها "هنري وروجرز" يمكن أن تؤثر على زمن رد الفعل البسيط SRT. وهذه العوامل هي: (1) بداية حدوث المثير، (2) اللحظة الحسية The sensory moment التي يحدث خلالها تلقى المستقبلات الحسية للمثير، (3) اللحظة الإدراكية The perceptual moment التي يحدث فيها إدراك المثير، (4) اللحظة الحركية kinetic moment التي تحدث فيها مثيرات الحركة في الجهاز العصبي المركزي، وإرسالها إلى العضلات المعنية involved muscles بواسطة الأعصاب المصدرة لبدء الحركة motor nerves ، كما في الشكل التالي.



وعلى الرغم من أن "كلاب Klapp" ألمح إلى تأثير المتغيرات المحددة للاستجابة الإدراكية على زمن رد الفعل البسيط SRT، إلا أنه لم يشر بالضبط إلى ماهية هذه المتغيرات. حيث يمكن أن تشمل العوامل الطرفية عوامل خارجة عن الأداء البشري مثل وجود الهدف وحجمه، والمدى المطلوب تحريكه في إكمال الاستجابة. كما يمكن أن تشمل أيضًا عوامل خاصة بالتشريح (مثل: عدد وحجم الوحدات التشريحية) أو تشمل عوامل فسيولوجية (مثل: تنظيم الجهاز العضلي، ونوع الألياف، ونسبة التعصيب للطرف). (J. Greg Anson, 1982,[2])

وتوجد ثلاثة عوامل تساهم في الاختلافات الملحوظة بين الاستجابة A و B، وهي: (1) حجم الوحدات الحركية في الطرف المستجيب؛ (2) مدى الحركة المراد أداؤها؛ (3) الحجم المستهدف. فإذا أدى تأثير معالجة هذه العوامل - في ظل ظروف من التعقيد غير المتغير - إلى زيادة زمن رد الفعل البسيط SRT، فإن التفسيرات الأخرى غير تلك التفسيرات السابقة، بالإضافة للتعقيد الضمني، سيكون من الممكن الدفاع عنها. علاوة على ذلك، فإن تجزئة زمن

1) Norrie, M. L. (1974). Effect of movement complexity on choice reaction and movement times. Research Quarterly, 45, 154–161.
2) J. Greg Anson, (1982). Memory Drum theory: Alternative Tests and Explanations for the Complexity Effects on Simple Reaction Time. Journal of Motor Behavior, Vol. 14, No. 3, 228-246.

رد الفعل البسيط SRT إلى عناصره (مثل: اللحظة الحسية، اللحظة الإدراكية، اللحظة الحركية) سيسمح بتحليل كل من العناصر الطرفية والمركزية لزمن رد الفعل.

ضمن قيود الاستجابات الأصلية A و B التي حددها "هنري وروجرز"، كان الهدف من التجربة الثانية هو التحقق من حجم مساهمة الوحدة التشريحية والمدى والحجم المستهدف في زمن رد الفعل البسيط SRT ومكوناتها السابقة الحركية وزمن الحركة. أي أن الغرض من التجربة الثانية هو فحص الفكرة القائلة بأن العوامل الأخرى غير "التعقيد"يمكن أن تؤدي إلى زيادات في زمن رد الفعل البسيط SRT. إذا كانت الزيادات في الغالب في مكون زمن الحركة، فلا يمكن أن تعزى التأخيرات إلى وقت المعالجة المركزي، ولكن يمكن تفسيرها بالأحداث الطرفية.

في السياق الحالي، يشير مصطلح "الطرفية peripheral" إلى الوحدة التشريحية (الإصبع أو الساعد أو الذراع بالكامل) والأحداث الكهروميكانيكية مثل بدء الانقباض العضلي الذي يحدث أثناء مرحلة الزمن الحركي، بينما يشير مصطلح "المركزية central" إلى تأخيرات معالجة المعلومات، مثل ترميز التحفيز وتحديده، وقراءة برنامج البيانات العصبية، ومدة انتقال النبضات العصبية، والتي تحدث خلال الجزء الزمني السابق للحركة.

في ظل الظروف التي فرضتها التجربة الثانية لهنري، لم تتنبأ نظرية طبلة الذاكرة بزيادة في زمن رد الفعل البسيط SRT إذا تغيرت المتغيرات الطرفية (الوحدة التشريحية، والمدى المطلوب تحريكه، والحجم المستهدف) بينما ظل تعقيد الاستجابة كما حدده "هنري وروجرز" ثابتًا.([1]J. Greg Anson, 1982,)

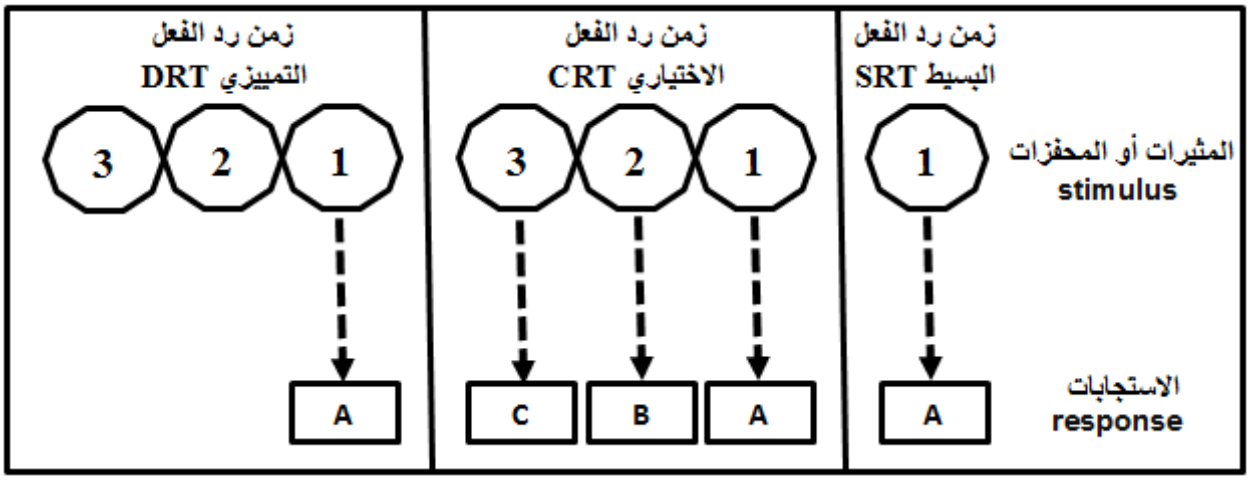
مشتقات زمن رد الفعل:

إن زمن رد الفعل هو جانب مهم في الأداء الرياضي. وقد يكون زمن رد الفعل البسيط Simple Reaction Time (SRT)، وهو الزمن المحصور بين لحظة ظهور مثير واحد معروف single stimulus ولحظة ظهور الاستجابة لهذا المثير (وهو أول مظهر من مظاهر الحركة)، وهو مهماً لجميع أنواع الرياضيين تقريبًا؛ وهو مكونًا شائع الاستخدام في العديد من أنواع الرياضات. فعلى سبيل المثال، زمن رد الفعل البسيط SRT يكون مطلوباً عندما يتسارع العداؤون أو السباحون استجابة لطلقة البداية. ومع ذلك، فإن زمن رد الفعل الاختياري Choice Reaction Time (CRT)، وهو رد فعل لمحفزات متعددة multiple stimuli، يكون مطلوباً بشكل فريد في الرياضات الجماعية مثل كرة القدم أو كرة السلة. وكذلك الرياضات الفردية القتالية أو المنازلات الفردية مثل السلاح والملاكمة والكاراتيه والتايكوندو.. وغيرها.

1) J. Greg Anson, (1982). Memory Drum theory: Alternative Tests and Explanations for the Complexity Effects on Simple Reaction Time. Journal of Motor Behavior, Vol. 14, No. 3, 228-246.

ويمكن تقسيم زمن رد الفعل الحركي الاختياري أو الانتقائي (CRT) إلى (1) بداية حدوث المثيرات لمواقف اللعب أو التنافس المختلفة، (2) اللحظة الحسية sensory moment التي يتم فيها استقبال المثيرات من أعضاء الحس كالأذن والعين، وغيرها، (3) اللحظة الإدراكية التمييزية The discriminating perceptual moment وهي لحظة تمييز المثير عن غيره من المثيرات الحادثة في نفس الوقت، وهذا يعنى التعرف عليه وتنظيمه ضمن مجموعة معروفة لدى الفرد، (4) لحظة اختيار الاستجابة الحركية Moment of motor response selection المناسبة للمثير، (5) اللحظة الحركية kinetic moment ويسبقها لحظة تأهب الجهاز العصبي المركزي في الإعداد للاستجابة الحركية.

وقد أشار كلا من "جورجيا ستافروبولو ونيكولاس ستافروبولو Stavropoulo, G., and Stavropoulo, N., (2020),[1]. أن هناك ثلاثة أنواع من زمن رد الفعل، هي: زمن رد الفعل البسيط Simple Reaction Time (SRT)، وزمن رد الفعل الاختياري Choice Reaction Time (CRT)، وزمن رد الفعل التمييزي Discrimination Reaction Time (DRT). أما بالنسبة لزمن رد الفعل البسيطSRT فهو رد فعل لحافز أو مثير واحد فقط، وأما زمن رد الفعل الاختياري CRT فهو رد فعل الشخص الذي يستجيب مع الحافز الذي يظهر أمامه، بمعنى، أنه يجب أن يضغط على الزر الذي يعبر عن الحرف الذي يظهر أمامه على الشاشة ([3]Raichur, 2013[2]; Solanki et al., 2012,). وأما بالنسبة لزمن رد الفعل التمييزيDRT، فيوجد الكثير من المثيرات أمام الشخص، ولكن في بعضها يجب أن يستجيب مع المثير، بينما مع بعض المثيرات الأخرى لا يجب أن يستجيب ([4]Kosinski, 2013,). أنظر الشكل التالي:



1) STAVROPOULO, G., and STAVROPOULO, N., (2020). Simple and Discrimination Reaction Time in Young 7–17-year-old athletes. Journal of Physical Education and Sport ® (JPES), Vol.20 (2), Art 118, pp. 823 - 827, 2020 online ISSN: 2247 - 806X; p-ISSN: 2247 – 8051; ISSN - L = 2247 - 8051 © JPES

2) Raichur, N., (2013). Assessment of Audio-Visual Reaction Time in drivers. Journal of Bioscience & Technology, 4 (1), 508-512.

3) Solanki, J., Joshi, N., Shah, C., Mehta, H. B., & Gokhle, P. A. (2012). A study of correlation between auditory and visual reaction time in healthy adults. International Journal of Medicine and Public Health, 2(2), 36

4) Kosinski, R. J. (2013). A literature review on reaction time. Clemson University, 10.

ويشير "كيسنسكي Kosinski, (2013)" أن زمن رد الفعل الأبطأ هو زمن رد الفعل الاختياري CRT، وأن زمن رد الفعل البسيط يكون أسرع من زمن رد الفعل التمييزي. ويضيف "كيسنسكي Kosinski" أن زمن رد الفعل التمييزي DRT يبلغ حوالي 384 مللي ثانية، في حين أن زمن رد الفعل البسيط يبلغ حوالي 220 مللي ثانية. ويرى كلاً من "سينل وإريلي Senel & Eroglu.[1] (2006)" أن زمن رد الفعل التمييزي يجب أن يميز بين أنواع المثيرات. فعندما يظهر المثير، يجب على الشخص أن يفهم ويفك شفرة الحافز أو المثير سواء كان بصريًا أو سمعيًا أو تكتيكيًا، وعليه أيضًا اتخاذ القرار الصحيح ثم الاستجابة بنجاح من خلال إعطاء الإجابة الصحيحة للمثير أو المحفز. والشكل السابق يوضح مقارنة بين الأنواع الرئيسية لزمن رد الفعل.

تشير معظم الأبحاث إلى وجود زمن رد فعل لمثيرات بصرية أو سمعية، ولكن هناك أيضًا بعض الأبحاث الأقل التي تشير إلى زمن رد فعل لمثيرات تكتيكية، مثل رد الفعل لحركة شد أو جذب للسترة أثناء منافسات الجودة، أو حركة دفع من المنافس في المصارعة الرومانية أو الضغط على نصل السلاح مثلاً. وقد وجد كلا من "فريث ودون Frith & Done (1986),[2]" أن زمن رد الفعل البسيط للمحفز التكتيكي أسرع من التحفيز البصري.

يحدث زمن رد الفعل عندما يظهر المثير (بصري visual stimulus، أو سمعي auditor stimulus، أو تكتيكي tactical stimulus) ويجب على الشخص أن يتفاعل مع كل هذه المثيرات (Harrar & Harris, 2008,[3]; Ng. & Chan, 2012,[4]). المثيرات البصرية تتعامل مع حاسة البصر عن طريق العين، كما في كرة القدم والسلة وغيرها، والمثيرات السمعية تتعامل مع حاسة السمع عن طريق الصوت كما في طلقة البداية في مسابقات العدو والسباحة وغيرها، في حين تتعامل المثيرات التكتيكية مع حاسة اللمس عن طريق إدراك الشد أو الجذب أو الدفع أو الضغط على نصل السلاح كما في رياضات المصارعة والجودو والمبارزة وغيرها، وهناك رياضات تجتمع فيها جميع أنواع المثيرات سواء كانت بصرية أو سمعية أو تكتيكية.

تظهر بعض الأبحاث أن زمن رد الفعل للمثير السمعي auditory stimulus أسرع منه للمثير أو المحفز البصري visual stimulus (Berezovsky, et al, 2010,[5])، حيث يرى كلا من "موهان شاندرا وآخرون Mohan Chandra, et al. (2010),[6]، وشيلتون وكومار Shelton & Kumar, (2010),[1]"

1) Senel, O., & Eroglu, H. (2006). Correlation between reaction time and speed in elite soccer players. Age, 21, 3- 32.
2) Frith, C. D., & Done, D. J. (1986). Routes to action in reaction time tasks. Psychological research, 48(3), 169
3) Harrar, V., & Harris, L. R. (2008). The effect of exposure to asynchronous audio, visual, and tactile stimulus combinations on the perception of simultaneity. Experimental brain research, 186(4), 517-524.
4) Ng, A. W., & Chan, A. H. (2012). Finger response times to visual, auditory and tactile modality stimuli. In Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (Vol. 2, pp. 1449-1454).
5) Berezovsky, A., Jarvey, E., Popelka, R., & Lewandowski, R. (2010). The Effect of Moderate Cardiovascular Exercise on Auditory Reaction Time.
6) Mohan Chandra, A., Ghosh, S., Barman, S., Iqbal, R., & Sadhu, N. (2010). Effect of exercise and heat-load on simple reaction time of university students. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 16(4), 497-505.

أن زمن رد الفعل للمحفزات أو المثيرات البصرية يبلغ حوالي 180-200 مللي ثانية، بينما للمحفزات أو المثيرات السمعية تبلغ حوالي من 140-160 مللي ثانية، ويذكر "رايشور Raichur" (2013),[2] أن زمن رد الفعل الطبيعي للمحفز أو المثير السمعي يبلغ حوالي 170 مللي ثانية، في حين أن التحفيز البصري يبلغ 250 مللي ثانية، مما يشير إلى أن المحفزات السمعية أسرع من المحفزات البصرية. يحدث هذا لأن المعلومات الصوتية تصل إلى الدماغ دون إضاعة الوقت، وهو أمر لا يحدث مع المعلومات البصرية.

هذا وقد أشار "كمب Kemp, B. J. (1973),[3]" إلى أن المنبه السمعي يستغرق 8-10 مللي ثانية فقط للوصول إلى الدماغ، لكن التحفيز البصري يستغرق من 20-40 مللي ثانية. وقد تستمر الاختلافات في زمن رد الفعل بين هذه الأنواع من المثيرات سواء طلب من الشخص أن يقوم بإجابة بسيطة أو استجابة معقدة، وقد وجد أيضاً أن الأشخاص الذين لديهم أزمنة رد فعل متغيرة للمحفز البصري لديهم أيضًا أزمنة رد فعل متغيرة لمحفز سمعي.

العوامل المؤثرة في زمن رد الفعل:

هناك بعض السمات الفردية أو الاجتماعية أو النفسية أو غيرها من العوامل التي تؤثر على زمن رد الفعل، فهي إما تزيدها أو تقللها. على سبيل المثال، تؤدي التمارين الرياضية إلى تقليل زمن رد الفعل، في حين أن التعب fatigue يزيدها. هذا من جهة، أما من جهة أخرى فإن معدل الذكاء المرتفع يؤثر أيضًا على زمن رد الفعل، حيث يحدث فك تشفير المعلومات بطريقة أسرع، فاللاعب الأكثر ذكاءاً هو اللاعب الذي يستطيع فك شفرة المعلومات بطريقة أسرع من اللاعب الأقل ذكاء، مما يؤثر بشكل إيجابي على سرعة رد الفعل أثناء المباريات (Akarsu, Çalişkan, & Dane, 2009,[4]; Reed & Jensen, 1993, [5])، وكذلك بعض سمات الشخصية، حيث يؤدي الانتباه attention إلى تقليل زمن رد الفعل، كما تؤدي درجة الحرارة المرتفعة إلى زيادة زمن رد الفعل، وكذلك الكحول والمرض وإصابات الدماغ واضطراب التعلم، (Kosinski, 2013,[6]).

وهناك عاملان يؤثران أيضًا على زمن رد الفعل، وهما: التحذير من المثير القادم warning for the stimulus that is coming، والذي يقلل زمن رد الفعل، والخداع feint الذي يزيد من زمن رد الفعل، فكلما كان الحافز أضعف، زاد زمن رد الفعل. جدير بالذكر أن زمن رد الفعل يتأثر أيضًا بالعمر والجنس والنظام الغذائي والتدريب وعدد وتواتر المنبهات، كما أن زمن رد الفعل يتأثر

1) Shelton, J., & Kumar, G. P. (2010). Comparison between auditory and visual simple reaction times. Neuroscience and Medicine, 1(1), 30.
2) Raichur, N., (2013) Assessment of Audio-Visual Reaction Time in drivers. Journal of Bioscience & Technology, 4 (1), 508-512.
3) Kemp, B. J. (1973). Reaction time of young and elderly subjects in relation to perceptual deprivation and signal-on versus signal-off condition. Developmental Psychology 8: 268-272.
4) Akarsu, S., Çalişkan, E., & Dane, Ş. (2009). Athletes have faster eye-hand visual reaction times and higher scores on visuospatial intelligence than nonathletes. Turkish Journal of Medical Sciences, 39(6), 871-874.
5) Reed, T. E., & Jensen, A. R. (1993). Choice reaction time and visual pathway nerve conduction velocity both correlate with intelligence but appear not to correlate with each other: Implications for information processing. Intelligence,17(2), 191-203.
6) Kosinski, R. J. (2013). A literature review on reaction time. Clemson University, 10.

بالرؤية المركزية central vision، ويتأثر بالشخصية personality، كما أنه يتأثر بنقص الطعام (Senel & Eroglu, 2006,[1]).

علاقة العمر والجنس بزمن رد الفعل:

يلعب زمن رد الفعل أيضًا دورًا مهمًا في الرياضة، حيث إنه مهارة معرفية يمكنها التمييز بين مستوى الرياضيين، حيث يرى كل من "موري وآخرون Mori, et al., (2002),[2]" أن زمن رد الفعل يلعب أيضًا دورًا مهمًا في الكاراتيه، لأنه بدون زمن رد الفعل، لا يمكن للرياضيين التغلب على منافسيهم. ويرى "كايا Kaya (2016),[3]" أن أكبر تحسن في زمن رد الفعل يكون في سن التاسعة والعاشرة، لكنه يسوء جداً بعد سن الـ65، حيث يصبح زمن رد الفعل بطيء للغاية، ومن الجدير بالذكر أنه كلما كان الشخص أكبر، زادت صعوبة فهم الكثير من المثيرات في نفس الوقت، وهو أمر لا يحدث عندما يكون الشخص أصغر سنًا. ويرى "كيسنسكي Kosinski (2013),[4]" أن متوسط زمن رد الفعل للمثيرات السمعية لدى الشباب الذين تتراوح أعمارهم بين 15 و 19 عامًا يبلغ حوالي 158 مللي ثانية، بينما يبلغ زمن رد الفعل للمثيرات البصرية حوالي 187 مللي ثانية.

وقد كانت تكهنات "ووليفورد Welford, 1980, [5]" حول سبب إبطاء زمن رد الفعل مع تقدم العمر. إنها ليست مجرد عوامل ميكانيكية بسيطة مثل سرعة التوصيل العصبي. قد يكون ميل كبار السن إلى توخي المزيد من الحذر ومراقبة استجاباتهم بشكل أكثر شمولاً، فعندما ينزعج كبار السن من أي ارتباك في تصرفاتهم، فإنهم يميلون إلى تكريس اهتمامهم الحصري لمحفز واحد، وتجاهل حافز آخر، أكثر من الشباب (Redfern et al., 2002,[6]). يبدو أن كبار السن أيضًا أفضل من الأصغر سنًا في الاستجابة للأهداف المخفية عن طريق التشتيت البصري لأنهم يبحثون عن السمات المعروفة للأهداف.

وبصرف النظر عن العمر الذي يلعب دورًا مهمًا في زمن رد فعل لدى الرياضيين، فإن الجنس Gender أيضاً يلعب دوراً مهاً في زمن رد الفعل، حيث تظهر الكثير من الأبحاث أن الرجال أسرع من النساء في كل من المثيرات البصرية والسمعية بل والتكتيكية أيضاً (Solanki et. al., 2012,[7]; Teleb & Al Awamleh, 2012, [8]).

ويشير "كيسنسكي Kosinski, (2008)" أن الفرق بين الجنسين آخذ في الانخفاض في السنوات الأخيرة. ويضيف أيضًا أن الاختلاف في زمن رد الفعل بين الرجال والنساء عادة ما يكون

1) Senel, O., & Eroglu, H. (2006). Correlation between reaction time and speed in elite soccer players. Age, 21, 3- 32.
2) Mori, S., Ohtani, Y., & Imanaka, K. (2002). Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. Human movement science, 21(2), 213-230.
3) Kaya, M., (2016) Effect of Reaction Developing Training On Audio-Visual Feet Reaction Time.
4) Kosinski, R. J. (2013). A literature review on reaction time. Clemson University, 10.
5) Welford, A. T. (1980). Choice reaction time: Basic concepts. In A. T. Welford (Ed.), Reaction Times. Academic Press, New York, pp. 73-128.
6) Redfern, M. S., M. Muller, J. R. Jennings, J. M. Furman. (2002). Attentional dynamics in postural control during perturbations in young and older adults. The Journals of Gerontology, Series A 57(8): B298.
7) Solanki, J., Joshi, N., Shah, C., Mehta, H. B., & Gokhle, P. A. (2012). A study of correlation between auditory and visual reaction time in healthy adults. International Journal of Medicine and Public Health, 2(2), 36
8) Teleb, A. A., & Al Awamleh, A. A. (2012). Gender Differences in Cognitive Abilites. Current Research in Psychology, 3(1), 33.

من لحظة ظهور التحفيز حتى الحركة الأولى للعضلات. كما ذكر كل من "طالب والعواملة Teleb & Al Awamleh, 2012" أنه على الرغم من أن الرجال أسرع من النساء في زمن رد الفعل، إلا أن النساء كن أكثر دقة. ويدعي كلا من "تن ولاكمان [1],Tun & Lachman, (2008)" أن الرجال في زمن رد الفعل الاختياري أسرع أيضًا من النساء، وكان الرياضيون الرجال أيضًا أسرع في كل من المؤثرات البصرية والسمعية الرياضيات النساء.

هذا وقد وجد "باتوينك وتومبسون [2],Botwinick and Thompson (1966)" أن جميع الفروق بين الذكور والإناث تقريبًا تم حسابها من خلال التأخر بين عرض المثير وبداية انقباض العضلات. وكانت أزمنة انقباض العضلات متساوية للذكور والإناث.

وفي اكتشاف مثير للدهشة في معرض المقارنات بين الإناث والذكور، فقد اكتشف "زيناي وآخرون [3],Szinnai et al. (2005)" أن الجفاف التدريجي (فقدان 2.6٪ من وزن الجسم خلال فترة 7 أيام) تسبب في إطالة زمن رد الفعل لدى الإناث.

تجارب زمن رد الفعل:

أشار كل من "لوس [4],Luce, 1986، وويلفورد [5] ,Welford, 1980" إلى أن علماء النفس أشاروا إلى ثلاثة أنواع أساسية من تجارب زمن رد الفعل Reaction Time Experiments، وهي:

- ← تجارب زمن رد الفعل البسيطة simple reaction time experiments، وفيها يوجد محفز واحد واستجابة واحدة فقط. بمعنى: "X في مكان معروف" و "تركيز على نقطة" و "رد الفعل على الصوت" كلها تقيس زمن رد الفعل البسيط.
- ← تجارب زمن رد الفعل الإدراكي أو التمييزي أو التعرُّفي recognition reaction time experiments، وفيها يوجد بعض المحفزات أو المثيرات التي يجب الاستجابة لها (مجموعة الذاكرة)، وأخرى يجب ألا تحصل على أي استجابة (مجموعة المشتتات). وفي هذا النوع من التجارب دائما ما يكون هناك إجابة واحدة صحيحة. وتعتبر كل من "تجارب التعرف على الرموز" و"تجارب التعرف على النغمات" من أهم هذه النوعية من التجارب.
- ← تجارب زمن رد الفعل الاختياري أو الانتقائي choice reaction time experiments، وفيها يجب على المستخدم إعطاء استجابة تتوافق مع المثير أو المحفز، مثل: الضغط على مفتاح مطابق لحرف إذا ظهر هذا الحرف على الشاشة. وغالباً ما يكون تسلسل أنواع المنبهات عشوائيًا في هذا النوع من التجارب.

1) Tun, P. A., & Lachman, M. E. (2008). Age differences in reaction time and attention in a national telephone sample of adults: education, sex, and task complexity matter. Developmental psychology, 44(5), 1421.
2) Botwinick, J. and L. W. Thompson. (1966). Components of reaction time in relation to age and sex. Journal of Genetic Psychology 108: 175-183.
3) Szinnai, G. H. Schachinger, M. J. Arnaud, L. Linder, and U. Keller. (2005). Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. The American Journal of Physiology 289(1): R275-280
4) Luce, R. D. (1986). Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organization. Oxford University Press, New York.
5) Welford, A. T. (1980). Choice reaction time: Basic concepts. In A. T. Welford (Ed.), Reaction Times. Academic Press, New York, pp. 73-128.

← تجارب زمن رد الفعل التسلسلي serial reaction time هو متغير لزمن رد الفعل الذي لا يكون فيه ترتيب أنواع التحفيز عشوائيًا. ولكن غالباً ما يتبع محفز من النوع (Y) حافزًا من النوع (X). يمكن أن يصبح الشخص المُختبَر أسرع مع الممارسة لأنه يتعلم هذه التسلسلات ويبدأ في توقع الحافز التالي، ثم الذي يليه وهكذا.. (Schwarb and Schumacher, 2012,[1]).

أظهرت الدراسات الرائدة الذي أجراها العالم "دوندرز [2]Donders (1968)," لأزمنة رد الفعل في التجارب البسيطة simple reaction time experiments مقابل تجارب التعرف recognition reaction time experiments وكذلك تجارب الاختيار choice reaction time experiments، الذي أظهر أن زمن رد الفعل البسيط أقصر من زمن رد فعل التعرفي، وأن زمن رد الفعل الاختياري هو الأطول على الإطلاق.

ولقد استعرض كل من "أوشا وباشور [3]O'Shea and Bashore (2012)," هذه الدراسات المبكرة. وخلص إلى أن متوسط أزمنة رد الفعل البسيطة بلغت 220 مللي ثانية في حين بلغ متوسط أزمنة رد الفعل التمييزي أو التعرُّفي 384 مللي ثانية، أما زمن رد الفعل الاختياري فكان هو الأطول من بين الأنواع الثلاثة. وهذا يتماشى مع العديد من الدراسات التي خلصت إلى أن السبب الرئيسي في الاختلافات بين الأنواع الثلاثة لاختبار زمن رد الفعل كان بسبب وقت المعالجة، وهذا ما أثبته كل من "هنري وروجرز" (1960) في نظرية "طبلة الذاكرة" حيث خلصا إلى أن الاستجابات الأكثر تعقيداً complex responses تؤدي إلى تباطؤ أزمنة رد الفعل. وأن الاستجابات الأكثر تعقيداً تتطلب مزيداً من المعلومات المخزنة، وبالتالي تستغرق وقتًا أطول.

علاقة اليد المفضلة بزمن رد الفعل:

من المعروف أن نصفي الكرة المخية hemispheres of the cerebrum متخصصين في مهام مختلفة. حيث يُنظر إلى النصف المخي الأيسر left hemisphere على أنه الدماغ اللفظي والمنطقي verbal and logical brain، ويُعتقد أن النصف المخي الأيمن right hemisphere يتحكم في الإبداع والعلاقات المكانية والتعرف على الوجوه والعواطف emotions. ومن بين الأشياء الأخرى، أن النصف المخي الأيمن يتحكم في اليد اليسرى، بينما يتحكم النصف المخي الأيسر في اليد اليمنى. وهذا ما جعل الباحثون يعتقدون أن اليد اليسرى يجب أن تكون أسرع في أزمنة رد الفعل التي تتضمن علاقات مكانية (مثل الإشارة إلى هدف). وقد دعمت نتائج "بولينكويز وبارتيليمي Boulinquez and Bartélémy (2000),[4]" هذه الفكرة.

1) Schwarb, H. and E. H. Schumacher. (2012). Generalized lessons about sequence learning from the study of the serial reaction time task. Advances in Cognitive Psychology 8(2): 165-178.
2) Donders, F. C. (1968). On the speed of mental processes. Translated by W. G. Koster, 1969. Acta Psychologica 30: 412-431
3) O'Shea, G. and T. R. Bashore, Jr. (2012). The vital role of The American Journal of Psychology in the early and continuing history of mental chronometry. American Journal of Psychology 125(4): 435-448.
4) Boulinguez. P. and S. Barthélémy. (2000). Influence of the movement parameter to be controlled on manual RT asymmetries in right-handers. Brain and Cognition 44(3): 653-661.

وقد وجد كل من "دان، وأرضروملو أوغلو Dane and Erzurumluoglu (2003),[1]" أنه في لاعبي كرة اليد ، كان الأشخاص الذين يستخدمون اليد اليسرى left-handed أسرع من الأشخاص الذين يستخدمون اليد اليمنى right-handed، وذلك عندما اشتمل الاختبار على اليد اليسرى، ولكن لم يكن هناك فرق بين أزمنة رد فعل اليد اليمنى واليسرى عند استخدام اليد اليمنى.

أخيرًا، وعلى الرغم من أن لاعبي كرة اليد الذين يستخدمون اليد اليمنى من الذكور لديهم أزمنة رد فعل أسرع من لاعبات كرة اليد اللائي يستخدمن اليد اليمنى من الإناث، إلا أنه لم يكن هناك فروق بين الرجال والنساء من مستخدمي اليد اليسرى. واستنتج الباحثون أن الأشخاص الذين يستخدمون اليد اليسرى لديهم ميزة زمن رد الفعل بشكل فطري.

وفي تجربة باستخدام فأرة الكمبيوتر، وجد "بيترز وإيفانوف Peters and Ivanoff (1999),[2]" أن الأشخاص الذين يستخدمون اليد اليمنى كانوا أسرع باستخدام يدهم اليمنى (كما هو متوقع)، ولكن الأشخاص الذين يستخدمون اليد اليسرى كانوا سريعين بنفس القدر بكلتا اليدين، ولكن بشكل عام فإن اليد المفضلة دائماً عندهم هي الأسرع، ومع ذلك، فإن ميزة زمن رد الفعل للأيدي المفضلة على غير المفضلة كانت صغيرة جدًا لدرجة أنهم أوصوا بتناوب اليدين عند استخدام الماوس.

يحذر "دراخشان Derakhshan (2006 and 2009),[3][4]" من أن اليد المفضلة ليست دائمًا دليلاً جيدًا لنصف الكرة المخية المسيطر.. في معظم الناس، تشير اليد اليمنى المهيمنة (والأسرع) إلى نصف الكرة الأيسر المهيمن. ومع ذلك، وجد أن أقلية (20٪ - 25٪) من الأشخاص الذين يستخدمون اليد اليمنى، لديهم في الواقع نصف مخي مسيطر، وأن زمن رد الفعل على الجانب الأيمن من الجسم كان أبطأ لدى هؤلاء الأشخاص لأن الأوامر يجب أن تنشأ في نصف الكرة المخية اليمين ثم يعبران إلى نصف الكرة الأيسر، ثم نصل إلى اليد اليمنى. بمعنى آخر، أن جانب الجسم الذي يستغرق زمن رد الفعل الأطول (ليس دائمًا يكون الجانب الذي مع اليد غير المفضلة) ولكنه هو الجانب الذي يكون مع نصف الكرة المهيمن أو المسيطر.

وقد أشار "بريدن Bryden (2002,[5]" أن صعوبة الواجب الحركي لم تؤثر على فرق زمن رد الفعل بين اليد اليمنى واليسرى لدى الأشخاص الذين يستخدمون اليد اليمنى فقط، حيث وجد أن الاستجابات التي تنطوي على كلتا اليدين كانت أسرع عندما تم تقديم التحفيز إلى نصفي الدماغ في وقت واحد.

1) Dane, S. and A. Erzurumluoglu. (2003). Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. International Journal of Neuroscience 113(7): 923-929.
2) Peters, M. and J. Ivanoff. (1999). Performance asymmetries in computer mouse control of right-handers, and left handers with left- and right-handed mouse experience. Journal of Motor Behavior 31(1): 86-94.
3) Derakhshan, I. (2006). Crossed-uncrossed difference (CUD) in a new light: anatomy of the negative CUD in Poffenberger's paradigm. Acta Neurologica Scandinavica 113(3): 203-208.
4) Derakhshan, I. (2009). Right sided weakness with right subdural hematoma: Motor deafferentation of left hemisphere resulted in paralysis of the right side. Brain Injury 23(9): 770-774.
5) Bryden, P. (2002). Pushing the limits of task difficulty for the right and left hands in manual aiming. Brain and Cognition 48(2-3): 287-291.

علاقة الممارسة والأخطاء بزمن رد الفعل:

استشهد "ساندرز [1],(1998) Sanders" بدراسات تظهر أن الأشخاص الذين يكلفوا بواجب حركي ما لأول مرة، فإن أزمنة رد فعلهم تكون أقل اتساقًا مما كانت عليه عندما يكون لديهم قدر كافٍ من الممارسة. أيضًا، إذا ارتكب الشخص خطأً ما (مثل التحرك قبل سماع إشارة البدء)، فإن أزمنة رد الفعل اللاحقة تكون أبطأ، كما لو كان الموضوع أكثر حذراً.

ولقد وجد "كوهن وآخرون [2],(2008) Koehn et al." أيضًا أن عملية "اتهام" الأشخاص بارتكاب خطأ ما، قد يبطئ من سرعة استجابتهم للمثير التالي أكثر من الإشارة إلى أنهم اتخذوا الخيار الصحيح. أما "أندو وآخرون [3],(2002) Ando et al." فقد وجدوا أن زمن رد الفعل على التحفيز البصري انخفض أي تحسن بعد ثلاثة أسابيع من الممارسة practice، وأفاد نفس فريق البحث [4],(2004) أن آثار الممارسة تستمر لمدة ثلاثة أسابيع على الأقل. وقد أظهر "فونتاني وآخرون [5],(2002) Fontani et al." أنه في الكاراتيه، كان لدى الممارسين الأكثر خبرة أزمنة رد فعل قصيرة، ولكن في الكرة الطائرة، كان لدى اللاعبين عديمي الخبرة أزمنة رد فعل قصيرة على الرغم من ارتكابهم المزيد من الأخطاء.

أما "فيسر وآخرون [6],(2007) Visser et al." فقد وجدوا أن التدريب على واجبات حركية معقدة، يختصر زمن رد الفعل ويحسن الدقة بشكل كبير. كذلك وجد "روجرز وآخرون [7],(2003) Rogers et al." أن تدريب كبار السن على مقاومة السقوط أثناء الخروج للشارع لتحقيق الاستقرار في أنفسهم، قد حسن زمن رد فعلهم.

علاقة الإجهاد بزمن رد الفعل:

أشار "أكسل نيتشر وآخرون [8],(2011) Axel J. Knicker, et al." إلى أنه غالبًا ما يصف علماء فسيولوجيا العضلات الإجهاد بأنه ببساطة انخفاض في قوة العضلات، ويستنتجون أن هذا يتسبب في تباطؤ زمن رد الفعل لدى الرياضيين. في المقابل، يصف علماء الرياضة الإجهاد أثناء المنافسة الرياضية بشكل أكثر شمولية على أنه ضعف في الأداء ناتج عن ممارسة منافسات

1) Sanders, A. F. (1998). Elements of Human Performance: Reaction Processes and Attention in Human Skill. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey. 575 pages.
2) Koehn, J. D., J. Dickenson, and D. Goodman. (2008). Cognitive demands of error processing. Psychological Reports 102(2): 532-539.
3) Ando, S., N. Kida and S. Oda. (2002). Practice effects on reaction time for peripheral and central visual fields. Perceptual and Motor Skills 95(3): 747-752.
4) Ando, S, N. Kida and S Oda. (2004). Retention of practice effects on simple reaction time for peripheral and central visual fields. Perceptual and Motor Skills 98(3): 897-900.
5) Fontani, G., L. Lodi, A. Felici, S. Migliorini and F. Corradeschi. (2006). Attention in athletes of high and low experience enganged in different open skill sports. Perceptual and Motor Skills 102(3): 791-816.
6) Visser, I., M. E. J. Raijmakers, and P. C. M. Molenaar. (2007). Characterizing sequence knowledge using online measures and hidden Markov models. Memory and Cognition 35(6): 1502-1518.
7) Rogers, M. W., M. E. Johnson, K. M. Martinez, M-L Mille, and L. D. Hedman. (2003). Step training improves the speed of voluntary step initiation in aging. The Journals of Gerontology, Series A 58(1): 46- 52.
8) Axel J. Knicker, Renshaw, Ian, Oldham, Anthony R.H., & Cairns, Simeon P. (2011). Interactive processes Link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. Sports Medicine, 41(4), pp. 307-328.

الرياضة. ومن هنا فقد وجد "ويلفورد Welford (1980),[1]" أن زمن رد الفعل يصبح أبطأ عندما يكون الواجبات الحركية مجهدة. ولاحظ أن هذا التدهور الناتج عن التعب يكون أكثر وضوحاً عندما تكون مهمة زمن رد الفعل معقدة أكثر من كونها بسيطة.

كذلك الإرهاق العقلي، وخاصة النعاس، له التأثير الأكبر على تباطؤ زمن رد الفعل، فقد وجد "فيليب وآخرون Philip et al. (2004),[2]" أن الحرمان من النوم لمدة 24 ساعة يطيل أزمنة رد الفعل لدى الأشخاص الذين تتراوح أعمارهم بين 20 و 25 عاماً، ولكن لم يكن له تأثير على أزمنة رد فعل الأشخاص الذين تتراوح أعمارهم بين 52 و 63 عاماً. كذلك وجد كل من "فان دين بيرغ ونيلي Van den Berg & Neely (2006),[3]" أن الحرمان من النوم يتسبب في أن يكون لدى الأشخاص أزمنة رد فعل أبطأ، بل إنهم أحياناً لا ينتبهون إلى بعض المثيرات أثناء إجراء بعض الاختبارات عليهم.

علاقة الممارسة الرياضية بزمن رد الفعل:

يمكن أن تؤثر الممارسة الرياضية على زمن رد الفعل البسيط والمركب، فقد وجد "ويلفرد Welford (1980),[4]" أن الأشخاص ذوي اللياقة البدنية المرتفعة لديهم أزمنة رد فعل أسرع من ذوي اللياقة المنخفضة، كما أظهر "شوبرج Sjoberg (1975),[5]" أن الأشخاص اللذين يمارسون الرياضة بشكل كاف وبشدة تكفي لإنتاخ معدل ضربات قلب يبلغ 115 نبضة في الدقيقة، فإن زمن رد الفعل عندهم يتحسن بدرجة كبيرة. وقد وجد كل من "كاشيهارا وناكاهارا Kashihara & Nakahara (2005),[6]" أن التمرينات القوية قد حسنت زمن رد الفعل المختار، ولكن فقط في أول 8 دقائق بعد التمرين.

من ناحية أخرى فقد وجد بعض العلماء أن الممارسة الرياضية لها تأثيرات إيجابية على النسبة المئوية للاختيارات الصحيحة التي قام بها الأشخاص، حيث توصل كل من "ناكاموتو وموري Nakamoto and Mori (2008),[7] " إلى نتيجة مفاداها أن طلاب الجامعات الذين لعبوا كرة السلة والبيسبول لديهم ردود فعل أسرع من أولئك الطلاب اللذين لم يمارسوا الرياضة، فكلما زادت الخبرة الرياضية لدى الطلاب، زادت سرعة رد فعلهم تجاه المثيرات الخاصة بالرياضة التي يمارسونها.

1) Welford, A. T. (1980). Choice reaction time: Basic concepts. In A. T. Welford (Ed.), Reaction Times. Academic Press, New York, pp. 73-128.
2) Philip, P., J. Taillard, P. Sagaspe, C. Valtat, M. Sanchez-Ortuno, N. Moore, A. Charles, and B. Bioulac. (2004). Age, performance, and sleep deprivation. Journal of Sleep Research 13(2): 105-110.
3) Van den Berg, J., and G. Neely. (2006). Performance on a simple reaction time task while sleep-deprived. Perceptual and Motor Skills 102(2): 589-6
4) **Welford, A. T. (1980).** Choice reaction time: Basic concepts. In A. T. Welford (Ed.), Reaction Times. Academic Press, New York, pp. 73-128.
5) **Sjoberg, H. (1975).** Relations between heart rate, reaction speed, and subjective effort at different work loads on a bicycle ergometer. Journal of Human Stress 1: 21-27.
6) **Kashihara, K. and Y. Nakahara. (2005).** Short-term effect of physical exercise at lactate threshold on choice reaction time. Perceptual and Motor Skills 100(2): 275-281.
7) **Nakamoto, H. and S. Mori. (2008).** Sport-specific decision-making in a go/no go reaction task: difference among nonathletes and baseball and basketball players. Perceptual and Motor Skills 106(1): 163-171.

وخلص "دافرانش وآخرون Davranche et al. (2006),[1]" إلى أن التمرين على دراجة ثابتة يحسن أزمنة رد الفعل.. من ناحية أخرى، فإن "مكمورس وآخرون McMorris et al. (2000),[2]" لم يجدوا أي تأثير للتمرين على زمن رد الفعل في اختبار لمهارة كرة القدم، كما وجد كل من "ليمنك و فيشر Lemmink and Visscher (2005),[3]" أن زمن رد الفعل المختار لدى لاعبي كرة القدم لم يتأثر بالتمرين. وقد وافق "باس وآخرون Pesce et al. (2007),[4]" على أن التمرين لم يحسن زمن رد فعل لاعبي كرة القدم.

أما كولاردو وآخرون Collardeau et al. (2001),[5] فلم يجدوا أي تأثير بعد التمرين في العدائين، لكنهم وجدوا أن التمرين يحسن زمن رد الفعل أثناء التمرين، وأرجعوا ذلك إلى زيادة الإثارة أثناء التمرين. بينما وجد "لورد وآخرون Lord et al. (2006),[6]" أن التمرينات المائية على مدى 22 أسبوعًا لم تحسن أزمنة رد فعل كبار السن.

ولقد قام "سنودن وزملائه Snowden et al. (2011),[7]" بمراجعة 30 دراسة قيّمة، ووجدوا أن التمارين البدنية لها تأثيرات غير حاسمة على زمن رد فعل كبار السن الذين يعيشون في بيئة مجتمعية، وقد أفاد العلماء أيضًا أن التمرين كان له نتائج غير حاسمة على الانتباه والإدراك العام والذاكرة والعديد من مقاييس الوظيفة العقلية.

علاقة الأدوية و المنشطات بزمن رد الفعل:

الكثير من الباحثين قاموا بدراسة العلاقة بين الكافيين وزمن رد الفعل. فقد وجد "دورلاخ Durlach et al. (2002),[8]" أن كمية الكافيين في كوب واحد من القهوة قللت من زمن رد الفعل، كما زادت القدرة على التركيز، وفعلت ذلك في غضون دقائق بعد الاستهلاك. أما "مكليلان وآخرون McLellan et al. (2005),[9]" فقد وجدوا أن الجنود في محاكاة القتال في المناطق الحضرية حافظوا على مهاراتهم في الرماية وأزمنة رد فعلهم خلال فترة طويلة دون نوم

1) **Davranche, K., M. Audiffren, and A. Denjean. (2006).** A distributional analysis of the effect of physical exercise on a choice reaction time task. Journal of Sports Sciences 24(3): 323-330.
2) **McMorris, T., and Graydon, J. (2000).** The effect of incremental exercise on cognitive performance. International Journal of Sport Psychology 31: 66-81.
3) **Lemmink, K. and C. Visscher. (2005).** Effect of intermittent exercise on multiple-choice reaction times of soccer players. Perceptual and Motor Skills 100(1): 85-95.
4) **Pesce, C., A. Tessitore, R. Casella, M. Pirritano and L. Capranica. (2007).** Focusing on visual attention at rest and during physical exericise in soccer players. Journal of Sports Sciences 25(11): 1259-1271.
5) **Collardeau, M., J. Brisswalter, and M. Audiffren. (2001).** Effects of a prolonged run on simple reaction time of well-trained runners. Perceptual and Motor Skills 93(3): 679
6) **Lord, S., R, B. Matters, R. St George, M. Thomas, J. Bindon, K. Chan, A. Collings, and L. Haren. (2006).** The effects of water exercise on physical functioning in older people. Australasian Journal on Ageing 25(1): 36-42.
7) **Snowdon, M., L. Steinman, K. Mochan, F. Grodstein, T. R. Prohaska, D. J. Thurman, D. R. Brown, J. N. Laditka, J. Soares, D. J. Zweiback, D. Little, and L. A. Anderson. (2011)** The effect of exercise on cognitive performance in community-dewelling older adults: Review of intervention trials and recommendations for public health practice and research. Journal of the American Geriatric Society 59(4): 704-716.
8) **Durlach, P. J., R. Edmunds, L. Howard, and S. P. Tipper. (2002).** A rapid effect of daffeinated beverages on two choice reaction time tasks. Nutritional Neuroscience 5(6): 433-442.
9) **McLellan, T. M., G. H. Kamimori, D. G. Bell, I. F. Smith, D. Johnson, and G. Belenky. (2005).** Caffeine maintains vigilance and marksmanship in simulated urban operations with sleep deprivation. Aviation, Space, and Environmental Medicine 76(1): 39-45.

أفضل عند تناول الكافيين. بينما وجد "ليغوري وآخرون [1],(2001) .Liguori et al" أن الكافيين يمكن أن يقلل من التأثير البطيء للكحول على زمن رد الفعل، ولكن لا يمكنه منع التأثيرات الأخرى مثل تأثير عوامل الجسم.

من ناحية أخرى، وجد "فروليجر [2],(2009) .Froeliger et al" أن المدخنين الذين كانوا يمتنعون عن السجائر لديهم أزمنة رد فعل أسرع في اختبار التعرف على زمن رد الفعل عندما كانوا يرتدون لاصقات النيكوتين nicotine patches، وحتى غير المدخنين زادوا من دقة الأداء، مما يعني ضمنيًا تحسين الذاكرة عندما كانوا يرتدون لاصقات النيكوتين patches nicotine.

وقد جد "كليماير [3],(1956) .Kleemeier et al" أن إعطاء عقار شبيه بالأمفيتامين amphetamine-like لمجموعة من الرجال المسنين لم يجعل رد فعلهم أسرع، على الرغم من أنه جعل استجاباتهم الجسدية أكثر قوة.. من ناحية أخرى، وجد "أونيل وبراون O'Neill and" Brown (2007),[4] أن الأمفيتامين وعقار يسمى KW-6002,[5] يسرع من أزمنة رد الفعل ويزيد أيضًا من تكرار الاستجابات الخاطئة قبل التحفيز في المشاركين في حالة التأهب المفرط. أما عقار "ميثيلفينيديت "Methylphenidate" فهو دواء منشط يستخدم في علاج اضطراب نقص الانتباه وفرط الحركة (ADHD). إذا تم إعطاء الأطفال المصابين باضطراب فرط الحركة ونقص الانتباه عقار "ميثيلفينيديت" (الذي يقلل من الهفوات في الانتباه)، فإن أزمنتهم في اختبار التعرف على زمن رد الفعل كانت أقصر وأقل تقلبًا [6],(Spencer et al., 2009).

وجد "داسانایاكي وآخرون [7],(2012) .Dassanayake et al" أن المرضى الذين عولجوا في المستشفى لجرعات زائدة من الأدوية الاكتئابية مثل المواد الأفيونية ومضادات الذهان (الذين تم شفاءهم بالكامل) قد تباطأ رد الفعل لديهم بشكل ملحوظ مقارنة بالمرضى الذين كانوا يعالجون من جرعات زائدة من أنواع أخرى من الأدوية.

علاقة الزكاء بزمن رد الفعل:

وقد تمت مراجعة الرابط الضعيف بين الذكاء وزمن رد الفعل بواسطة الباحث "ديري وزملائه[8],(2001) .Deary et al" وقد جدوا أن التخلف العقلي الخطير ينتج عنه أزمنة رد فعل أبطأ

1) Liguori, A. and J. H. Robinson. (2001). Caffeine anatagonism of alcohol-induced driving impairment. Drug and Alcohol Dependence 63(2): 123-129.
2) Froeliger, B., D. G. Gilbert, and F. J. McClernon. (2009). Effects of nicotine on novelty detection and memory recognition performance: double-blind, placebo-controlled studies of smokers and nonsmokers. Psychopharmacology 205(4): 625-633
3) Kleemeier, R. W., T. A. Rich, and W. A. Justiss. (1956). The effects of alpha-(2-piperidyl) benzhydrol hydrochloride (Meratran) on psychomotor performance in a group of aged males. Journal of Gerontology 11: 165-170.
4) O'Neill, M. and V. J. Brown. (2007). Amphetamine and the adenosine A2A antagonist KW-6002 enahance the effects of conditional temporal probability of a stimulus in rats. Behavioral Neuroscience 121(3): 535- 543.
5) عقار KW-6002 هو عقار يستخدم لعلاج مرض باركنسون أو خلل الحركة (الحِركات اللاإرادية) التي تتطور نتيجة العلاج طويل الأمد باستخدام ليفودوبا. يمنع هذا الدواء عمل الناقل العصبي الأدينوزين، الذي يُعتقد أنه متورط في إنتاج أعراض مرض باركنسون.
6) Spencer, S. V., L. W. Hawk, Jr., J. B. Richards, K. Shiels, W. E. Pelham, Jr., and J. G. Waxmonsky. (2009). Stimulant treatment reduces lapses in attention among children with ADHD: The effects of methylphenidate on intra-individual response time distributions. Journal of Abnormal Child Psychology 37(6): 805-816.
7) Dassanayake, T. L, P. T. Michie, A. Jones, G. Carter, T. Mallard, and I. Whyte. (2012). Cognitive impairment of patients clinically recovered from central nervous system depressant drug overdose. Journal of Clinical Psychopharmacology 32(4): 503-510.
8) Deary, I. J., G. Der, and G. Ford. (2001). Reaction times and intelligence differences: A population-based cohort study. Intelligence 29(5): 389.

وأكثر تقلباً. وقد قارنوا بين الأشخاص ذوي الذكاء الطبيعي، واكتشفوا أن هناك ميل طفيف للأشخاص الأكثر ذكاءً للحصول على أزمنة رد فعل أسرع، ولكنهم أيضاً وجدوا تبايناً كبيراً بين الأشخاص ذوي الذكاء المتشابه.

وقد أشار "شفايتزر (Schweitzer, 2001),[1]" في دراسته حول القدرات المعرفية أن ميزة السرعة للأشخاص الأكثر ذكاءً كانت هي الأكبر في الاختبارات التي تتطلب استجابات معقدة. أما "كوفمان وآخرون Kaufman et al. (2011),[2]" فقد وجدوا أنه في حين أن الأشخاص ذوي الذكاء الطبيعي المرتفع يمكنهم حل مهام التفكير بشكل أكثر نجاحاً من الأشخاص ذوي الذكاء العادي والمنخفض، إلا أنهم لم يكونوا بالضرورة أسرع.

وقد قام كل من "لي وتشابرز Lee and Chabris (2013),[3]" بالتحقيق في قدرة الأشخاص الأكثر ذكاءً على الاستجابة بشكل أسرع لمثيرين قريبين جداً من بعضهما البعض، وخلصا إلى أن القدرة الفائقة للأشخاص الأذكياء تكمن في وقت معالجة الدماغ، وليس في إدراك المثير أو الاستجابة بشكل أسرع من العضلات.

أما بالنسبة لاضطرابات وصعوبات التعلم وعلاقتها بزمن رد الفعل. فقد وجد كل من "ميلر وبول Miller and Poll (2009),[4]" أن طلاب الجامعات الذين لديهم مشاكل في اللغة أو صعوبات في القراءة كانت لديهم أزمنة رد فعل أبطأ. ووجدوا أيضاً أن ضمن المجموعة المتأثرة من الطلاب، ارتبطت المهارات اللغوية الأفضل بأزمنة رد فعل أسرع.

علاقة إصابات الدماغ بزمن رد الفعل:

كما هو متوقع، تؤدي إصابة الدماغ إلى إبطاء زمن رد الفعل، ولكن يتم إبطاء أنواع مختلفة من الاستجابات إلى درجات مختلفة (Bashore, T. R. and K. R. Ridderinkhof. 2002,[5]). وجد "كولينز وآخرون Collins et al. (2003),[6]" أن الرياضيين في المدرسة الثانوية الذين يعانون من ارتجاج وصداع بعد أسبوع من الإصابة كان أداءهم أسوأ في زمن رد الفعل واختبارات الذاكرة من الرياضيين الذين يعانون من ارتجاج ولكن لم يصابوا بالصداع بعد أسبوع من الإصابة. أما "كونتوس وآخرون Kontos et al. (2012),[7]" فقد وجدوا أن الرياضيين في المدارس الثانوية والجامعات المصابين بارتجاج في المخ قد أصيبوا بردود فعل بطيئة تصل إلى 14 يوماً بعد

1) Schweitzer, K. (2001). Preattentive processing and cognitive ability. Intelligence 29 i2: p. 169.
2) Kaufman, S. B., D. G. DeYoung, D. L. Reis, and J. R. Gray. (2011). General intelligence predicts reasoning ability even for evolutioarily familiar content. Intelligence 39(5): 311-322.
3) Lee, J. J. and C. F. Chabris. (2013). General cognitive ability and the psychological refractory period: individual differences in the mind's bottleneck. Psychological Science 24(7): 1226-1233.
4) Miller, C. A. and G. H. Poll. (2009). Response time in adults with a history of language difficulties. Journal of Communication Disorders 42(5): 365-379
5) Bashore, T. R. and K. R. Ridderinkhof. (2002). Older age, traumatic brain injury, and cognitive slowing: some convergent and divergent findings. Psychological Bulletin 128(1): 151.
6) Collins, M. W., M. field, M. R. Lovell, G. Iverson, K. M. Johnston, J. Maroon, and F. H. Fu. (2003). Relationship between postconcussion headache and neuropsychological test performance in high school athletes. The American Journal of Sports Medicine (31(2): 168-174.
7) Kontos, A. P., T. Covassin, R. J. Elbin, and T. Parker. (2012). Depression and neurocognitive performance after concussion among male and female high school and collegiate athletes. Archives of Physcical Rehabilitation and Medicine 93(10): 1751-1756.

الإصابة. واستشهد "إكنر وآخرون [1],(2010) .Eckner et al" بالعديد من الأوراق البحثية التي درست تباطؤ زمن رد الفعل بعد الارتجاج. أظهر الجنود والمقاولون في العراق الذين عانوا من إصابات دماغية رضية خفيفة ضعفًا ملحوظًا في زمن رد الفعل عند القياس في غضون 72 ساعة من الإصابة [2],(Leuthcke et al., 2011). ومع ذلك، فقد وجد "توماس كامينسكي وآخرون [3],Thomas W. Kaminski, et al. (2008)" أن ضرب الكرة بالرأس في كرة القدم (وربما الإصابة بها) لم يكن له تأثير كبير على زمن رد فعل لاعبي كرة القدم

ويجب أن ننتبه لبعض الحقائق العلمية المتعلقة بزمن رد الفعل والتي استنتجها العلماء في دراساتهم حول زمن رد الفعل:

- ← إذا توقع اللاعب أن مثيراً معيناً سيحدث، وكان مستعداً له، ويعرف كيف يتفاعل معه، فإن زمن رد الفعل الناتج يسمى "زمن رد الفعل البسيط SRT".
- ← في ظل الظروف المثلى، تكون أزمنة ردود الفعل السمعية والبصرية والتكتيكية البسيطة حوالي 0.2 ثانية. أما إذا ساءت الظروف، مثل عدم التأكد من ظهور المثير، فإن رد الفعل يتباطأ.
- ← زمن الحركة دائماً يلي زمن رد الفعل مباشرةً.
- ← زمن رد الفعل البسيط (SRT) هو اختبار يقيس زمن رد الفعل البسيط من خلال إيصال حافز معروف إلى موقع معروف لاستنباط استجابة معروفة.
- ← أثبتت العديد من الأبحاث العلمية أن العمر، الجنس، اللياقة البدنية، التعب، عدم التركيز، ونوع الشخصية من العوامل تؤثر على زمن رد الفعل أيضاً.
- ← الوقت الذي يمر من ظهور المنبه القريب إلى بداية عمل المستجيب يسمى زمن رد الفعل، أما الزمن الإضافي لأداء حركة مناسبة يسمى زمن الحركة. مع ملاحظة أن: زمن رد الفعل + زمن الحركة = زمن الاستجابة.
- ← الزمن الفاصل بين ظهور الحافز (البصري أو السمعي أو التكتيكي) والحركة يسمى زمن رد الفعل.
- ← ناقش "هانسلماير وآخرون [4],(2011) .Hanslmayr et al" فكرة أن الدماغ لديه موجات منتظمة للانتباه يمكن ربطها بموجات ألفا في الدماغ. لذلك بعد وقت قصير من إدراك

1) Eckner, J. T., J. S. Kutcher and J. K. Richardson. (2010). Pilot evaluation of a novel clinical test of reaction time in National Collegiate Athletic Association Division I football players. Journal of Athletic Training 45(4): 327-333.
2) Leuthcke, C. A., C. J. Bryan, C. E. Morrow, and W. C. Isler. (2011). Comparison of concussive symptoms, cognitive performance, and pshychological symptoms between acute blast- vs. nonblast-induced mild traumatic brain injury. Journal of the International Neuropsychological Society 17(1): 36-45.
3) Thomas W. Kaminski; Eric S. Cousino; Joseph J. Glutting: (2008) Examining the Relationship Between Purposeful Heading in Soccer and Computerized Neuropsychological Test Performance, Research Quarterly for Exercise and Sport, Volume 79, 2008 - Issue 2
4) Hanslmayr, S., J. Gross, W. Klimesch and K. L. Shapiro. (2011). The role of alpha oscillations in temporal attention. Brain Research Reviews 67(1-2): 331-343.

المثير، يكون الدماغ في "وضع المعالجة الداخلية" وقدرته تكون منخفضة على إدراك مثير جديد. هذه الظاهرة تسمى "ومضة الانتباه attentional blink" وهي أكثر وضوحاً عندما يتم تقديم المثير الثاني بزمن مقداره من 100-500 مللي ثانية بعد المثير الأول.

← وجد "بوخسبوم وكالاواي [1]Buchsbaum, M. and E. Callaway. (1965),"، أن زمن رد الفعل كان أسرع عندما يحدث التحفيز أثناء الزفير منه أثناء الشهيق.

وهناك العديد من الدراسات من المنتظر إجراءها، خاصة فيما يتعلق بدراسة العلاقة بين زمن رد الفعل البسيط وزمن رد الفعل الاختياري على بعض الرياضات ذات التصنيفات الحركية المختلفة، وكذلك علاقتها ببعض المتغيرات الأخرى الخاصة بالتعلم والتحكم والتطور الحركي.

بناءاً على ما تقدم، فإن نظرية طبلة الذاكرة لهنري: هي النظرية المعنية بحفظ المهارات الحركية، والتي تفترض أن أنماط التنسيق الحركي العصبي يتم تخزينها في شكل أنماط عصبية في المراكز العليا للجهاز العصبي المركزي على ما يسمى بأسطوانة الذاكرة. تم تشبيه الأسطوانة بمخزن ذاكرة الكمبيوتر، والذي يحتوي على برامج جاهزة للعمل بالطريقة المرغوبة عند الإشارة المناسبة. وهكذا، عند البشر، كلما كانت هناك حاجة إلى نمط حركة معين، يتسبب المنبه (والذي تم تشبيهه بالطبلة التي تنبه الغافل) في جعل اسطوانة الذاكرة "تعيد تشغيل" المهارة المكتسبة المحددة.

تدعم النظرية فكرة أن تعلم المهارات الحركية أمر محدد، وليس عاماً، وأن هناك القليل أو لا يوجد انتقال من مهارة إلى أخرى ما لم تكن المهارات متطابقة تقريباً..

في الوقت الحالي واستناداً على نظرية طبلة الذاكرة لهنري والنتائج والتعديلات التي أسهم فيها عدد كبير من علماء الحركة، منهم كلاب Klapp، بويسّات Bouisset، تشاندلر Chandler، كارلتون Carlton، فالكينبرخ Falkenberg، وشميت Schmidt وغيرهم، تركز الأبحاث الحالية في السلوك الحركي بفروعه الثلاث (التحكم الحركي Motor Control، والتعلم الحركي Motor Learning ، والتطور الحركي Motor Development) والتي كانت لنظرية هنري الفضل في ظهور هذه الفروع العلمية وبناء نظرياتها، وجرت الكثير من الأبحاث في هذا المجال، حيث تساعدنا هذه العلوم عادةً على فهم كيفية سيطرة الجهاز العصبي العضلي على الحركات وتكرارها. كما أن هذه الأبحاث تسعى أيضاً لتحسين الأداء في الرياضة والنشاط البدني. هذه الفروع الذي ذكرناها سابقاً تعتبر تطبيقات عملية على فكرة نظرية طبلة الذاكرة لهنري.

1) Buchsbaum, M. and E. Callaway. (1965). Influence of respiratory cycle on simple RT. Perceptual and Motor Skills 20: 961-966.

فمثلاً: المبدأ الأول للتحكم الحركي MOTOR CONTROL ينص على أن الدماغ يستخدم الجهاز العصبي المركزي للشروع والتحكم في العضلات التي تقوم بالحركات المطلوبة، أما المبدأ الثاني للتحكم الحركي فينص على أن الهدف الأساسي لمعظم الحركات هو الاعتماد على مراكز صنع القرار في الدماغ بأسرع ما يمكن لبدء الحركة؛ وهذا ما تلمح إليه "نظرية هنري" والعديد من الدراسات البحثية التالية لهذه النظرية، وقد تم تطوير هذين المبدأين على أساس نظريتين؛ تركز إحدى هذه النظريات على مايسمى بالبرامج الحركية Motor Programs، بينما تركز الأخرى على الأنظمة الديناميكية Dynamical Systems. وهما نظريتان مشتقتا أساساً من نظرية طبلة الذاكرة لهنري.

أما بالنسبة لنظرية البرامج الحركية (Schmidt, 1975,[1]) فهي تقدم شرحاً نظرياً لكيفية إنتاجنا والتحكم في الحركات.

ويمكننا مقارنة برنامج حركي ببرنامج كمبيوتر يحل مسائل حسابية، هكذا..: أولاً، حدِد البرنامج المراد استخدامه؛ هذا هو "اختيار الاستجابة Response Selection". يمكن للبرنامج الجمع والطرح والضرب والقسمة. إذا أدخلت الأرقام ذات الصلة وأشرت إلى العمليات الحسابية التي يجب إجراؤها، فسيخرج البرنامج الإجابة؛ هذا هو "تنفيذ الاستجابة Response Execution".. كذلك يعمل البرنامج الحركي بنفس الطريقة. أولاً، تقوم بتحديد البرنامج (اختيار الاستجابة) والإشارة إلى ما يجب القيام به (العمليات). ثم يحدد البرنامج كيفية أداء المهارة ويرسل إشارات عبر الحبل الشوكي إلى العضلات التي تؤدي الحركة (تنفيذ الاستجابة).

كحد أدنى يجب أن يقوم البرنامج الحركي بالأشياء الخمسة التالية:

- ← تحديد العضلات المشاركة في العمل.
- ← تحديد ترتيب مشاركة العضلات.
- ← تحديد قوة انقباض العضلات.
- ← تحديد التوقيت النسبي وتسلسل الانقباضات.
- ← تحديد مدة الانقباضات. (Schmidt & Lee, 2014,[2])

فالبرنامج الحركي: هو آلية ذاكرة مقترحة تسمح لنا بالتحكم في الحركات، لكي تصبح أكثر تلقائية، مما يسمح لنا بالتركيز على استخدام الحركة في مواقف الأداء المختلفة.

إذا كان علينا أن نتذكر بالضبط كيفية إنشاء كل حركة نقوم بها، فإن ذاكرتنا ستكون محملة فوق طاقتها. ومن هنا، فإن نظرية البرامج الحركية تشرح لنا سبب عدم وجود

1) Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. Psychological Review, 82, 225–260.
2) Schmidt, R.A. & Lee, T.D. (2014). Motor learning and performance: From principles to application (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

مشكلة تخزين مركزية، وذلك للتنوع الكبير في المهارات الحركية التي نستخدمها. فبدلاً من تخزين كل حركة قمنا بها في الذاكرة، نقوم بتخزين مجموعات من الحركات بخصائص متشابهة. هذه المجموعات، التي تسمى المخطط schemata، تعمل كأساس لنظرية البرنامج الحركي (Schmidt, 1975,[1]).

ومع ذلك، لا يتفق بعض الباحثين مع فكرة البرامج الحركية المستمدة من نظرية المخطط، وقد اقترحوا نظرية أخرى، أسموها نظرية الأنظمة الديناميكية (Haken, Kelso, & Bunz, 1985,[2]; Kelso, 1995,[3]; Fischman, 2007,[4])، تقترح ارتباطًا أكثر مباشرة، وأقل معرفية بين الفعل الحركي والمعلومات التي يلتقطها النظام الإدراكي الحسي. يُطلق على هذا الرابط المباشر اسم البنية المنسقة coordinated structure، وتتمثل إحدى سماتها في الحركة الآلية التي تعتمد على القليل جداً من صنع القرار أو التحكم المركزي في الدماغ.

قد تتساءل عن النظرية التي تمثل بدقة أكبر عملية للتحكم في الحركات، هل هي نظرية البرنامج الحركي أم نظرية الأنظمة الديناميكية؟؟ ستجد أن أحد الاختبارات الحاسمة لنظريات التحكم الحركي هو فحص مدى جودة تفسيرها للتعلم الحركي وتطوير الخبرة الحركية (Abernethy, Thomas, & Thomas, 1993,[5]).

تتناول دراسة التحكم الحركي خمسة مجالات هي: (Rosenbaum, 1991,[6]):

1) التنسيق العصبي العضلي.
2) التكافؤ الحركي.
3) الترتيب التسلسلي للحركات – تآزر عضلي.
4) التكامل الإدراكي الحسي أثناء الحركة.
5) اكتساب المهارات.

من المعروف أن الدماغ يبدأ في تخطيط الحركات، ثم يرسل الجهاز العصبي إشارات عبر الحبل الشوكي إلى العضلات، والتي بدورها تقوم بالحركات.. ما هو غير معروف هو كيف يستعرض الدماغ المعلومات التي يجب إرسالها إلى العضلات.. وهنا تظهر أهمية دراسة التحكم

1) Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. Psychological Review, 82, 225–260.
2) Haken, H., Kelso, J.A.S., & Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. Biological Cybernetics, 51, 347–356.
3) Kelso, J.A.S. (1995). Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior. Cambridge, MA: MIT Press.
4) Fischman, M.G. (2007). Motor learning and control foundations of kinesiology: Defining the academic core. Quest, 59, 67–76.
5) Abernethy, B., Thomas, K.T., & Thomas, J.R. (1993). Strategies for improving understanding of motor expertise (or mistakes we have made and things we have learned!!). In J.L. Starkes & F. Allard (Eds.), Cognitive issues in motor learning (pp. 317– 356). Amsterdam: Elsevier.
6) Rosenbaum, D.A. (1991). Human motor control. San Diego: Academic Press.

الحركي. فدراسة التحكم الحركي هي محاولة لفهم ما يفعله الدماغ والجهاز العصبي والعضلات لتوجيه الحركات.. وكما أن اكتساب المهارات - بما في ذلك مفاهيم التعلم والتحسين - هو محور دراسة التعلم الحركي، فهو أمر بالغ الأهمية أيضًا في دراسة التحكم الحركي.. في الواقع، إن عملية اكتساب المهارات تبرز وتوضح العلاقة بين التعلم الحركي والتحكم الحركي.

مرة أخرى، قد تتساءل عن سبب أهمية فهم التحكم الحركي. الإجابة واضحة للمختصين في التربية البدنية أو العلاج الطبيعي أو التدريب الرياضي؛ أي شخص يريد تعلم أو تعليم مهارة ما يستخدم مبادئ التحكم الحركي من خلال محاولة استخدام أبسط حركة ممكنة في المراحل الأولى من التعلم. علاوة على ذلك، فإن بعض ما ستتعلمه عن التحكم الحركي يكون بسيط للغاية وبديهي، وبالتالي غالبًا ما يساء فهمه من قبل غير المدرَّبين.

على سبيل المثال، ماذا يفعل لاعبو كرة القدم المهرة؟، تخبرنا أبحاث التحكم الحركي أن أسرع التعديلات يتم إجراؤها عندما لا نفكر في كيفية استقبالهم للكرة، أو كيفية ركلها. أي أننا نحول التحكم في المهارة إلى شكل من أشكال الاستجابات التلقائية، أو الحركات الآلية وهي تنفيذ لنظام حركي حسي يسمى الرؤية الإدراكية ambient vision. يمكن تفسير هذه العملية بنفس القدر من خلال نظريتي التحكم الحركي. ومع ذلك، فإن فكرة الاستجابات التلقائية ليست مفهومة جيداً من قبل العديد من المشاهدين والمشجعين من عشاق الرياضة. على سبيل المثال، عندما تسمع بعض المشجعين من جمهور المشاهدين وهم يوجهون حارس المرمى في الملعب للتصدى لتصويبة سريعة وقوية أتية من مسافة بعيدة، فأنت تعلم أنهم لا يفهمون حركات العين لتتبع الكرات عالية السرعة أو أفضل طريقة لاستخدام النظام الحسي (الرؤية الإدراكية) من أجل إجراء تعديلات سريعة ودقيقة قبل عملية التصدي.

أحياناً يحدث التحول من التحكم المركزي (في اتخاذ القرار) في الحركات إلى التحكم الإدراكي (أو الحسي) في الحركات، حيث يتم إجراء التصحيحات الأكثر سرعة ودقة عندما تكون معظم الحركة مبرمجة مسبقًا، ويتم دمج المعلومات الحسية فقط عند الضرورة في نهاية الحركة.. في دراسات التحكم الحركي، نعتبر هذه المشكلة هي مشكلة تكامل إدراكي حركي؛ بمعنى كيف يمكننا استخدام المعلومات الحسية بشكل أفضل للتحكم في الحركات؟ يمكن تفسير التعديلات السريعة من خلال الافتراض؛ إما أن المعلومات لم تتم معالجتها، مما يلغي وقت اتخاذ القرار (على سبيل المثال، زمن رد الفعل)، أو أنه لا توجد منافسة

بين الاستجابات (Wyble & Rosenbaum, 2016,[1]). الفكرة هي أن الطلبات يتم تقليلها إلى أبسط الحالات الممكنة، وبالتالي زيادة سرعة التعديلات. ويجب ملاحظة أن المزيد من الخيارات أو التعقيد يقلل السرعة.

يحاول علماء التحكم الحركي شرح ما يلاحظونه، لكنهم لا يتفقون دائمًا على التفسير..! نواصل العمل لفهم التحكم الحركي لأن نطاق أداء المهارات الحركية - من العادي إلى الفائق - يعتمد على التحول من التعلم (التحكم المركزي، والممارسة، وردود الفعل) إلى المزيد من الحركات التلقائية المبرمجة مسبقًا والتحكم بها إدراكياً. وهذه إحدى التطويرات العملاقة التي استفادت من نظرية طبلة الذاكرة لهنري.

أما فيما يتعلق **بالتعلم الحركي MOTOR LEARNING** فإن عملية اكتساب المهارات تشكل تقدمًا منظمًا. حيث يبدأ المتعلم بارتكاب العديد من الأخطاء الكبيرة أثناء محاولته الأولى لفهم الواجبات المطلوبة. وتكون المتطلبات المعرفية كبيرة في المراحل الأولى من التعلم؛ لأنه في الواقع، قد تكون الواجبات المطلوبة فعلاً معرفية أكثر منها حركية (Adams, 1967,[2]; Gentile, 1972,[3]). ولكن مع الممارسة، تصبح الأخطاء أكثر اتساقًا؛ أي بدلاً من ارتكاب خطأ مختلف في كل تجربة، يرتكب المؤدون نفس الأخطاء بشكل متكرر. في هذه المرحلة، تقل المتطلبات المعرفية وتتجه أكثر نحو الحركية، وتكون الأخطاء أصغر وأقل تكرارًا. وبالتالي، فإن تنفيذ الاستجابة سيتجه نحو التحسن. وبمجرد أن يتمكن المتعلم من تنفيذ المهارة بأخطاء أقل وأصغر ولم يعد بحاجة إلى التفكير في المهارة أثناء أدائها، عندها، ستعتبر المهارة مكتسبة أو تلقائية أو متراكمة.. وبدلاً من التفكير فيما يقوم به كل جزء من أجزاء الجسم (تنفيذ الاستجابة)، يمكن للقائم بالأداء التفكير في الاستراتيجية أو في المنافس عند تحديد الاستجابة التي يجب اختيارها وتنفيذها.

تذكَّر أن دراسة التعلم الحركي هي محاولة لشرح والتنبؤ بالظروف التي ستجعل اكتساب المهارات أسهل أو أسرع، وتجعل التعلم أكثر ديمومة.. وتشمل هذه الشروط الفروق الفردية بين المتعلمين، مثل سرعة الحركة والتوافق العصبي العضلي.. وتعتبر الاختلافات في المهام والوجبات الحركية أيضًا شروطًا مُهمة في اكتساب المهارات، لأن المهام والواجبات الحركية

1) **Wyble, B.P., & Rosenbaum, D.A. (2016).** Are motor adjustments quick because they don't require detection or because they escape competition? Motor Control, 20, 182–186.
2) **Adams, J.A. (1987).** Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. Psychological Bulletin, 101, 41–74.
3) **Gentile, A.M. (1972).** A working model of skill acquisition with application to teaching. Quest, Monograph XVII, 2–23.

قد تكون إما أكثر انفتاحًا (مثل: الدراجة) أو مغلقة أكثر (مثل، البولينج). قد يتأثر التعلم أيضًا بالظروف البيئية، مثل: الممارسة والتغذية الراجعة (الداخلية والخارجية) وكذلك عملية النقل (انتقال الأثر).. هناك طريقة أخرى للتفكير في التغيرات في الحركة أثناء التعلم وهي أن جزء الحركة الذي هو تلقائي أو آلي يزداد؛ أي أن الحركة تطورت وأصبح معظمها مبرمجاً (Albers, Thomas, & Thomas, 2005,[1]). في الوقت نفسه، يبقى القليل من الحركة تحت السيطرة الحسية؛ هذه المعلومات الحسية لها تأثير بسيط على تنفيذ الحركة. وبناءً على ذلك فإن فكرة المهارة التلقائية أو المكتسبة تعتبر فكرة مهمة - بشكل خاص - في دراسة اللاعبين ذوي المستويات العليا لأن الأداء التلقائي يسمح لهذه النوعية من اللاعبين بالتركيز على الاستراتيجية وليس على تنفيذ المهارة.

في هذه المرحلة، قد تتساءل كيف نعرف متى يتم تعلم شيء ما.. من الواضح أن هذا يمثل تحديًا لأبحاث ونظريات التعلم الحركي وتطبيقاتها العملية.

في الوقت الذي ينطوي التعلم على اكتساب دائم نسبيًا لمهارة ما، فإن الأداء يتضمن الدرجة التي يمكن أن يُظهر بها الشخص تلك المهارة في أي وقت.. بعبارة أخرى، الأداء هو السلوك الحالي الذي يمكن ملاحظته. فالأداء أحيانًا يعكس التعلم، كما هو الحال عندما يمكن للاعب إظهار مهارة مكتسبة حديثًا.. ولكن في أوقات أخرى، لا يحدث ذلك. على سبيل المثال، خاض معظمنا تجربة صعوبة امتحان آخر العام، ما يجعلنا نفكر كثيرا للوصول إلى الإجابة الصحيحة دون جدوي، ثم فجأة نتذكر الإجابة الصحيحة ولكننا لم نتمكن من وضعها على الورق أثناء الاختبار، لأننا قمنا بتسليم الورقة.. كنا نجادل بأننا تعلمنا المادة ولكننا لم نتمكن من الإجابة في الوقت المحدد..!! في مثل هذه الحالة، نقول إن الأداء لا يمثل التعلم. وبالتالي، قد لا يشير مقياس واحد للأداء إلى الكثير حول التعلم بدون مقاييس أداء أخرى بمرور الوقت.

إنه مسعى معقدجداً لتطوير فهم كيفية تعلم الحركات، وكيف يتم التحكم فيها، وكيف تتغير عبر سنوات الحياة الممتدة.. في الواقع، للإجابة على سؤال واحد من هذه الأسئلة، من الضروري إجراء العديد من التجارب. ركز باحثو السلوك الحركي على تقنيات قياس سرعة الحركة ودقتها وزمن رد الفعل لها.. يستخدم باحثو التحكم الحركي والتعلم الحركي تقنية مشابهة لتلك المستخدمة من قبل الباحثين في الميكانيكا الحيوية. خلال الستين عاماً

1) Albers, A.S., Thomas, J.R., & Thomas, K.T. (2005). Development of rapid aiming movements: Index of difficulty and movement substructure. Human Movement, 6, 5–11.

الماضية، ومنذ ظهور نظرية فرانكلين هنري، وبمرور الوقت، وتتابع الأبحاث العلمية، تم تطوير التكنولوجيا (على سبيل المثال، الحوسبة، التصوير عالي السرعة، تخطيط كهربية العضلات electromyography "EMG") وتكييفها للتحكم في حالة الاختبار وتسجيل الحركات بدقة وتحليلها لدراسات السلوك الحركي. علاوة على ذلك، سمحت تقنيات القياس الإلكترونية باستخدام الحركات الطبيعية بدلاً من مهام الحركة البسيطة ورد الفعل البسيط SRT التي تم اختراعها في المختبر لأغراض البحث فقط. غالبًا ما تتضمن دورات السلوك الحركي تجارب معملية حتى يتمكن الطلاب من تكرار التجارب والنظريات الكلاسيكية التي تقوم بدراستها.. ومن جدير بالذكر أن هذا النوع من الممارسة المعملية قد أظهر فوائد كثيرة للتعلم.

مرة أخرى نوضح أن نظرية طبلة الذاكرة لهنري: هي النظرية المعنية بحفظ المهارات الحركية. وهي تدعم فكرة أن تعلم المهارات الحركية أمر محدد، وليس عامًا، وأن هناك القليل أو قد لا يوجد انتقال من مهارة إلى أخرى ما لم تكن المهارات متطابقة تقريبًا..

المراجع الأجنبية:

1) **Abernethy, B., Thomas, K.T., & Thomas, J.R. (1993).** Strategies for improving understanding of motor expertise (or mistakes we have made and things we have learned!!). In J.L. Starkes & F. Allard (Eds.), Cognitive issues in motor learning (pp. 317–356). Amsterdam: Elsevier.
2) **Adams, J.A. (1987).** Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. Psychological Bulletin, 101, 41–74.
3) **Akarsu, S., Çalişkan, E., & Dane, Ş. (2009).** Athletes have faster eye-hand visual reaction times and higher scores on visuospatial intelligence than nonathletes. Turkish Journal of Medical Sciences, 39(6), 871-874.
4) 1) **Albers, A.S., Thomas, J.R., & Thomas, K.T. (2005).** Development of rapid aiming: Index of difficulty and movement substructure. Human Movement, 6, 5–11.
5) **Ando, S, N. Kida and S Oda. (2004).** Retention of practice effects on simple reaction time for peripheral and central visual fields. Perceptual and Motor Skills 98(3): 897-900.
6) **Ando, S., N. Kida and S. Oda. (2002).** Practice effects on reaction time for peripheral and central visual fields. Perceptual and Motor Skills 95(3): 747-752.
7) **Axel J. Knicker, Renshaw, Ian, Oldham, Anthony R.H., & Cairns, Simeon P. (2011).** Interactive processes Link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. Sports Medicine, 41(4), pp. 307-328.
8) **Bashore, T. R. and K. R. Ridderinkhof. (2002).** Older age, traumatic brain injury, and cognitive slowing: some convergent and divergent findings. Psychological Bulletin 128(1): 151.
9) **Berezovsky, A., Jarvey, E., Popelka, R., & Lewandowski, R. (2010).** The Effect of Moderate Cardiovascular Exercise on Auditory Reaction Time.
10) **Botwinick, J. and L. W. Thompson. (1966).** Components of reaction time in relation to age and sex. Journal of Genetic Psychology 108: 175-183.

11) **Boulinguez. P. and S. Barthélémy. (2000).** Influence of the movement parameter to be controlled on manual RT asymmetries in right-handers. Brain and Cognition 44(3): 653-661.

12) **Bryden, P. (2002).** Pushing the limits of task difficulty for the right and left hands in manual aiming. Brain and Cognition 48(2-3): 287-291.

13) **Buchsbaum, M. and E. Callaway. (1965).** Influence of respiratory cycle on simple RT. Perceptual and Motor Skills 20: 961-966.

14) **Collardeau, M., J. Brisswalter, and M. Audiffren. (2001).** Effects of a prolonged run on simple reaction time of well-trained runners. Perceptual and Motor Skills 93(3): 679

15) **Collins, M. W., M. field, M. R. Lovell, G. Iverson, K. M. Johnston, J. Maroon, and F. H. Fu. (2003).** Relationship between postconcussion headache and neuropsychological test performance in high school athletes. The American Journal of Sports Medicine (31(2): 168-174.

16) **Dane, S. and A. Erzurumluoglu. (2003).** Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. International Journal of Neuroscience 113(7): 923-929.

17) **Dassanayake, T. L, P. T. Michie, A. Jones, G. Carter, T. Mallard, and I. Whyte. (2012).** Cognitive impairment of patients clinically recovered from central nervous system depressant drug overdose. Journal of Clinical Psychopharmacology 32(4): 503-510.

18) **Davranche, K., M. Audiffren, and A. Denjean. (2006).** A distributional analysis of the effect of physical exercise on a choice reaction time task. Journal of Sports Sciences 24(3): 323-330.

19) **Deary, I. J., G. Der, and G. Ford. (2001).** Reaction times and intelligence differences: A population-based cohort study. Intelligence 29(5): 389.

20) **Derakhshan, I. (2006).** Crossed-uncrossed difference (CUD) in a new light: anatomy of the negative CUD in Poffenberger's paradigm. Acta Neurologica Scandinavica 113(3): 203-208.

21) **1) Derakhshan, I. (2009).** Right sided weakness with right subdural hematoma: Motor deafferentation of left hemisphere resulted in paralysis of the right side. Brain Injury 23(9): 770-774.

22) **Donders, F. C. (1868).** On the speed of mental processes. Translated by W. G. Koster, 1969. Acta Psychologica 30: 412-431

23) **Durlach, P. J., R. Edmunds, L. Howard, and S. P. Tipper. (2002).** A rapid effect of daffeinated beverages on two choice reaction time tasks. Nutritional Neuroscience 5(6): 433-442.

24) **Eckner, J. T., J. S. Kutcher and J. K. Richardson. (2010).** Pilot evaluation of a novel clinical test of reaction time in National Collegiate Athletic Association Division I football players. Journal of Athletic Training 45(4): 327-333.

25) **Fischman, M.G. (2007).** Motor learning and control foundations of kinesiology: Defining the academic core. Quest, 59, 67–76.

26) **Fontani, G., L. Lodi, A. Felici, S. Migliorini and F. Corradeschi. (2006).** Attention in athletes of high and low experience enganged in different open skill sports. Perceptual and Motor Skills 102(3): 791-816.

27) **Frith, C. D., & Done, D. J. (1986).** Routes to action in reaction time tasks. Psychological research, 48(3), 169

28) **Froeliger, B., D. G. Gilbert, and F. J. McClernon. (2009).** Effects of nicotine on novelty detection and memory recognition performance: double-blind, placebo-controlled studies of smokers and nonsmokers. Psychopharmacology 205(4): 625-633

29) **Gentile, A.M. (1972).** A working model of skill acquisition with application to teaching. Quest, Monograph XVII, 2–23.

30) **Glencross, D. J. (1972).** Latency and response complexity. Journal of Motor Behavior, 4, 251–256.

31) **Haken, H., Kelso, J.A.S., & Bunz, H. (1985).** A theoretical model of phase transitions in human hand movements. Biological Cybernetics, 51, 347–356.

32) **Hanslmayr, S., J. Gross, W. Klimesch and K. L. Shapiro. (2011).** The role of alpha oscillations in temporal attention. Brain Research Reviews 67(1-2): 331-343.

33) **Harrar, V., & Harris, L. R. (2008).** The effect of exposure to asynchronous audio, visual, and tactile stimulus combinations on the perception of simultaneity. Experimental brain research, 186(4), 517-524.

34) **Henry, F.M., & Rogers, D.E. (1960).** Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. Research Quarterly, 31, 448–458.

35) **Henry, F. M. (1961).** Stimulus complexity, movement capacity, age and sex in relations to reaction latency and speed in limb movements. Research Quarterly, 32, 353–366.

36) **Henry, F. M. (1980).** The use of simple reaction time in motor programming studies: A reply to Klapp, Wyatt, and Lingo. Journal of Motor Behavior, 12, 163–168.

37) **J. Greg Anson, (1982).** Memory Drum theory: Alternative Tests and Explanations for the Complexity Effects on Simple Reaction Time. Journal of Motor Behavior, Vol. 14, No. 3, 228-246.

38) **Kashihara, K. and Y. Nakahara. (2005).** Short-term effect of physical exercise at lactate threshold on choice reaction time. Perceptual and Motor Skills 100(2): 275-281.

39) **Kaufman, S. B., D. G. DeYoung, D. L. Reis, and J. R. Gray. (2011).** General intelligence predicts reasoning ability even for evolutioarily familiar content. Intelligence 39(5): 311-322.

40) **Kaya, M., (2016)** Effect of Reaction Developing Training On Audio-Visual Feet Reaction Time.

41) **Kelso, J.A.S. (1995).** Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior. Cambridge, MA: MIT Press.

42) **1) Kemp, B. J. (1973).** Reaction time of young and elderly subjects in relation to perceptual deprivation and signal-on versus signal-off condition. Developmental Psychology 8: 268-272.

43) **Klapp, S. T. (1980).** The memory drum theory after twenty years: Comments on Henry's note. Journal of Motor Behavior, 12, 169–171.

44) **Kleemeier, R. W., T. A. Rich, and W. A. Justiss. (1956).** The effects of alpha-(2-piperidyl) benzhydrol hydrochloride (Meratran) on psychomotor performance in a group of aged males. Journal of Gerontology 11: 165-170.

45) **Koehn, J. D., J. Dickenson, and D. Goodman. (2008).** Cognitive demands of error processing. Psychological Reports 102(2): 532-539.

46) **Kontos, A. P., T. Covassin, R. J. Elbin, and T. Parker. (2012).** Depression and neurocognitive performance after concussion among male and female high school and collegiate athletes. Archives of Physcical Rehabilitation and Medicine 93(10): 1751-1756.

47) **Kosinski, R. J. (2013).** A literature review on reaction time. Clemson University, 10.

48) **Laszlo, J. I., & Livesey, J. P. (1977).** Task complexity, accuracy and reaction time. Journal of Motor Behavior, 9, 171–177.

49) **Lee, J. J. and C. F. Chabris. (2013).** General cognitive ability and the psychological refractory period: individual differences in the mind's bottleneck. Psychological Science 24(7): 1226-1233.

50) **Lemmink, K. and C. Visscher. (2005).** Effect of intermittent exercise on multiple-choice reaction times of soccer players. Perceptual and Motor Skills 100(1): 85-95.

51) **Leuthcke, C. A., C. J. Bryan, C. E. Morrow, and W. C. Isler. (2011).** Comparison of concussive symptoms, cognitive performance, and pshychological symptoms between acute blast- vs. nonblast-induced mild traumatic brain injury. Journal of the International Neuropsychological Society 17(1): 36-45.

52) **Liguori, A. and J. H. Robinson. (2001).** Caffeine anatagonism of alcohol-induced driving impairment. Drug and Alcohol Dependence 63(2): 123-129.

53) **Lord, S., R, B. Matters, R. St George, M. Thomas, J. Bindon, K. Chan, A. Collings, and L. Haren. (2006).** The effects of water exercise on physical functioning in older people. Australasian Journal on Ageing 25(1): 36-42.

54) **Luce, R. D. (1986).** Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organization. Oxford University Press, New York.

55) **McLellan, T. M., G. H. Kamimori, D. G. Bell, I. F. Smith, D. Johnson, and G. Belenky. (2005).** Caffeine maintains vigilance and marksmanship in simulated urban operations with sleep deprivation. Aviation, Space, and Environmental Medicine 76(1): 39-45.

56) **McMorris, T., and Graydon, J. (2000).** The effect of incremental exercise on cognitive performance. International Journal of Sport Psychology 31: 66-81.

57) **Miller, C. A. and G. H. Poll. (2009).** Response time in adults with a history of language difficulties. Journal of Communication Disorders 42(5): 365-379

58) **Mohan Chandra, A., Ghosh, S., Barman, S., Iqbal, R., & Sadhu, N. (2010).** Effect of exercise and heat-load on simple reaction time of university students. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 16(4), 497-505.

59) **Mori, S., Ohtani, Y., & Imanaka, K. (2002).** Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. Human movement science, 21(2), 213-230.

60) **Nakamoto, H. and S. Mori. (2008).** Sport-specific decision-making in a go/no go reaction task: difference among nonathletes and baseball and basketball players. Perceptual and Motor Skills 106(1): 163-171.

61) **Ng, A. W., & Chan, A. H. (2012).** Finger response times to visual, auditory and tactile modality stimuli. In Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (Vol. 2, pp. 1449-1454).

62) **Norrie, M. L. (1967).** Practice effects on reaction latency for simple and complex movements. Research Quarterly, 38, 79–85.

63) **Norrie, M. L. (1974).** Effect of movement complexity on choice reaction and movement times. Research Quarterly, 45, 154–161.

64) **O'Neill, M. and V. J. Brown. (2007).** Amphetamine and the adenosine A2A antagonist KW-6002 enahance the effects of conditional temporal probability of a stimulus in rats. Behavioral Neuroscience 121(3): 535- 543.

65) **O'Shea, G. and T. R. Bashore, Jr. (2012).** The vital role of The American Journal of Psychology in the early and continuing history of mental chronometry. American Journal of Psychology 125(4): 435-448.

66) **Pesce, C., A. Tessitore, R. Casella, M. Pirritano and L. Capranica. (2007).** Focusing on visual attention at rest and during physical exericise in soccer players. Journal of Sports Sciences 25(11): 1259-1271.

67) **Peters, M. and J. Ivanoff. (1999).** Performance asymmetries in computer mouse control of right-handers, and left handers with left- and right-handed mouse experience. Journal of Motor Behavior 31(1): 86-94.

68) **Philip, P., J. Taillard, P. Sagaspe, C. Valtat, M. Sanchez-Ortuno, N. Moore, A. Charles, and B. Bioulac. (2004).** Age, performance, and sleep deprivation. Journal of Sleep Research 13(2): 105-110.

69) **Raichur, N., (2013).** Assessment of Audio-Visual Reaction Time in drivers. Journal of Bioscience & Technology, 4 (1), 508-512.

70) **Redfern, M. S., M. Muller, J. R. Jennings, J. M. Furman. (2002).** Attentional dynamics in postural control during perturbations in young and older adults. The Journals of Gerontology, Series A 57(8): B298.

71) **Reed, T. E., & Jensen, A. R. (1993).** Choice reaction time and visual pathway nerve conduction velocity both correlate with intelligence but appear not to correlate with each other: Implications for information processing. Intelligence,17(2), 191-203.

72) **Rogers, M. W., M. E. Johnson, K. M. Martinez, M-L Mille, and L. D. Hedman. (2003)**. Step training improves the speed of voluntary step initiation in aging. The Journals of Gerontology, Series A 58(1): 46- 52.

73) **Rosenbaum, D.A. (1991).** Human motor control. San Diego: Academic Press.

74) **Sanders, A. F. (1998).** Elements of Human Performance: Reaction Processes and Attention in Human Skill. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey. 575 pages.

75) **Schmidt, R.A. & Lee, T.D. (2014).** Motor learning and performance: From principles to application (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

76) **Schmidt, R.A. (1975).** A schema theory of discrete motor skill learning. Psychological Review, 82, 225–260.

77) **Schwarb, H. and E. H. Schumacher. (2012).** Generalized lessons about sequence learning from the study of the serial reaction time task. Advances in Cognitive Psychology 8(2): 165-178.

78) **Schweitzer, K. (2001).** Preattentive processing and cognitive ability. Intelligence 29 i2: p. 169.

79) **Senel, O., & Eroglu, H. (2006).** Correlation between reaction time and speed in elite soccer players. Age, 21, 3- 32.

80) **Shelton, J., & Kumar, G. P. (2010).** Comparison between auditory and visual simple reaction times. Neuroscience and Medicine, 1(1), 30.

81) **Shirl J. Hoffman, and Duane V. Knudson, (2018).** Introduction to Kinesiology, Studying Physical Activity. Human Kinetics, Inc. 5th. Ed., 335-337.

82) **Sjoberg, H. (1975).** Relations between heart rate, reaction speed, and subjective effort at different work loads on a bicycle ergometer. Journal of Human Stress 1: 21-27.

83) **Snowdon, M., L. Steinman, K. Mochan, F. Grodstein, T. R. Prohaska, D. J. Thurman, D. R. Brown, J. N. Laditka, J. Soares, D. J. Zweiback, D. Little, and L. A. Anderson. (2011)** The effect of exercise on cognitive performance in community-dewelling older adults: Review of intervention trials and recommendations for public health practice and research. Journal of the American Geriatric Society 59(4): 704-716.

84) **Solanki, J., Joshi, N., Shah, C., Mehta, H. B., & Gokhle, P. A. (2012).** A study of correlation between auditory and visual reaction time in healthy adults. International Journal of Medicine and Public Health, 2(2), 36

85) **Spencer, S. V., L. W. Hawk, Jr., J. B. Richards, K. Shiels, W. E. Pelham, Jr., and J. G. Waxmonsky. (2009).** Stimulant treatment reduces lapses in attention among children with

ADHD: The effects of methylphenidate on intra-individual response time distributions. Journal of Abnormal Child Psychology 37(6): 805-816.

86) **STAVROPOULO, G., and STAVROPOULO, N., (2020).** Simple and Discrimination Reaction Time in Young 7–17-year-old athletes. Journal of Physical Education and Sport ® (JPES), Vol.20 (2), Art 118, pp. 823 - 827, 2020 online ISSN: 2247 - 806X; p-ISSN: 2247 – 8051; ISSN - L = 2247 - 8051 © JPES

87) **Szinnai, G. H. Schachinger, M. J. Arnaud, L. Linder, and U. Keller. (2005).** Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. The American Journal of Physiology 289(1): R275-280

88) **Teleb, A. A., & Al Awamleh, A. A. (2012).** Gender Differences in Cognitive Abilites. Current Research in Psychology, 3(1), 33.

89) **Thomas W. Kaminski; Eric S. Cousino; Joseph J. Glutting (2008).** Examining the Relationship Between Purposeful Heading in Soccer and Computerized Neuropsychological Test Performance, Research Quarterly for Exercise and Sport, Volume 79, 2008 - Issue 2

90) **Tun, P. A., & Lachman, M. E. (2008).** Age differences in reaction time and attention in a national telephone sample of adults: education, sex, and task complexity matter. Developmental psychology, 44(5), 1421.

91) **Ulrich, B., & Reeve, T.G. (2005).** Studies in motor behavior: 75 years of research in motor development, learning, and control. Research Quarterly for Exercise and Sport, 75, S62–S70

92) **Van den Berg, J., and G. Neely. (2006).** Performance on a simple reaction time task while sleep-deprived. Perceptual and Motor Skills 102(2): 589-6

93) **Visser, I., M. E. J. Raijmakers, and P. C. M. Molenaar. (2007)**. Characterizing sequence knowledge using online measures and hidden Markov models. Memory and Cognition 35(6): 1502-1518.

94) **Welford, A. T. (1980).** Choice reaction time: Basic concepts. In A. T. Welford (Ed.), Reaction Times. Academic Press, New York, pp. 73-128.

95) **Wyble, B.P., & Rosenbaum, D.A. (2016).** Are motor adjustments quick because they don't require detection or because they escape competition? Motor Control, 20, 182–186.