الإيقاع الحركي لدي الأطفال

إعداد

الباحث/ أحمد مجدي فهمي شرف

باحث ماجستير

إشراف

أ.د/ أحمد عبد الفتاح عياد

أستاذ علم النفس الإكلينيكي

ورئيس قسم علم النفس

ووكيل الكلية للدراسات العليا سابقا

كلية الآداب جامعة طنطا

أ.د/ محمد حسين سعدالدين الحسيني

أستاذ علم النفس الإكلينيكي

كلية الآداب جامعة المنصورة

المجلة العلمية لكلية التربية للطفولة المبكرة - جامعة المنصورة

المجلد التاسع - العدد الثانى

أكتوبر ٢٠٢٢

الإيقاع الحركي لدي الأطفال

أ/ أحمد مجدي فهمي شرف *

الإيقاع الحركي:

ينظر للإيقاع الحركي على أنه عدد من الأفعال النفسية والعضلية المتناهية في البساطة والتي تتطلب استجابة سريعة بين أعضاء الجسم والأوامر الصادر إليها من المراكز الحسية العصبية في المخ، كما ينظر إليه على أنه أفضل وسيلة جامعة بين عنصر الحركة والتنظيم على أن تكون الحركة معبرة عما يدور في الذهن، ومن ثم يدمج الإيقاع الحركي بين المادة والروح في مركب واحد (نيللي محمد العطار، ٢٠١٣، ص ص ١٠٩ – ١١٠).

وللناس إيقاعاتهم الخاصة من الأنشطة الحركية الدورية التلقائية، والتي وصفت بأنها إيقاعهم الشخصي، وهذا يعتبر انعكاسًا للإيقاع الأساسي للنشاط العقلي (Suzuki & Ando, 2018). فالحركة داخل جسم الإنسان تحدث من خلال أنظمة حركية في المخ، والحبل الشوكي، والتي تهدف للحفاظ على الاتزان والثبات أثناء حركة الجسم، أو الأطراف، أو الاتصال من خلال الكلام، والإيماءات، والتي تتم في تناسق وتناغم مع الأنظمة، والتي تقوم بتحويل الطاقة الفيزيقية إلى إشارات عصبية، ثم تقوم الأنظمة الحركية بترجمة تلك الإشارات إلى قوة في العضلات لتكوين الحركة (عبد السلام أحمدي الشيخ، ٢٠٠٢، ص ٢١٨).

* باحث ماجستير

ومن وجهة النظر الموسيقية فإن الإيقاع الحركي يتمثل في استيعاب أعضاء الجسد للإيقاعات الموسيقية وتأديتها بطريقة مناسبة حركيًا، مع الوضع في الاعتبار الزمن المحدد لكل حركة، كذلك هو أسلوب مبني على الإحساس والإدراك والأداء، حيث يتوافق خلاله الذهن والسمع وحركات الجسم (ناهدة عبد زيد الدليمي، ٢٠١٦، ص ٨٦).

ويعد توقيت الحركة عنصرًا أساسيًا للتحكم في إيقاع الحركة؛ حيث يلعب توقيت الحركة دورًا هاما في إيقاع الحركة في حالتين، هما (١) عند إنتاج حركات إيقاعية متتابعة أو حركات مستمرة محددة، (٢) عندما يتم استخدام المعلومات الزمنية ضمنيًا، وذلك كما في حال توفيق (تنسيق) تحركاتنا مع تحركات الأشياء أو الأفراد داخل البيئة الخارجية (التوقيت الضمني) (François-Brosseau, Martinu, Strafella, Petrides et al., 2009).

وعند أداء مهام توقيت الحركة، فإننا نستخدم المعلومات الزمنية بشكل صريح (على سبيل المثال، تقدير مدة المحفزات المختلفة) وذلك من أجل تمثيل فترات زمنية دقيقة من خلال عمل حركي مستمر أو دوري (Coull & Nobre, 2008). فضلًا عن ذلك، فقد وجدت دراسات توقيت الحركة المستمرة أن مناطق الدماغ تلعب دورًا حاسمًا في معالجة عملية التوقيت، ولاسيما منطقة الحركة التكميلية upplementary motor area (SMA)، والعقد القاعدية basal ganglia (BG) والمخيخ، والقشرة الأمامية والجدارية السفلية اليمنى (Avanzino, Pelosin, Vicario, Lagravinese et al., 2016).

كذلك تم استخدام نموذج التزامن المستمر بشكل متكرر لدراسة الركائز العصبية لتوقيت الحركة الصريح، حيث يسمح هذا النموذج بدراسة كل من

الحركات التي يتم تشغيلها خارجيًا والتي يتم تشغيلها داخليًا، لأنها تتضمن: (١) مرحلة التزامن، وفيها يطلب من الأشخاص النقر بشكل متزامن مع سلسلة من النغمات مفصولة بثابت (constant (s، (٢) مرحلة الاستمرار وفيها يطلب من الأشخاص الاستمرار في النقر بالمعدل السابق في غياب الإشارة السمعية (Redgrave, Rodriguez, Smith, Rodriguez-Oroz et al., 2010).

وفى هذا الصدد، أظهرت دراسة Rao, Marder, Uddin, and Rakitin (2014) باستخدام نماذج الرنين المغناطيسي الوظيفي، أن مرحلة الاستمرارية (يتم تشغيلها داخليًا)، أما بالنسبة لمرحلة التزامن فإنه لا يتم (تشغيلها خارجيًا)، وتنشط منطقة الحركة التكميلية (SMA) (Rao, Marder, Uddin, & Rakitin, 2014) وبالنظر لهذه النتائج نجد أنها تدعم فكرة وجود "ساعة داخلية" افتراضية تتفوق على الإيقاع عندما تتولد الحركة داخليًا (François-Brosseau, Martinu, Strafella et al., 2009).

في الواقع، تم افتراض، أن عدة حلقات متوازية منفصلة من خلال العقد القاعدية basal ganglia (BG) تتصل مرة أخرى بمناطق قشرية مميزة (مثل، الشبكة الحركية والرابطية والحوفية) (Avanzino et al., 2016). وهذا ما أثبته دراسة Redgrave, Rodriguez, Smith Rodriguez-Oroz and et al., (2010) حيث توصلت إلى أن الحلقة الحسية الحركية في المناطق الحركية داخل القشرة المخية ترتبط مع مناطق مخطط الذنب الجانبي caudolateral striatum territories التي تلعب دورًا في التحكم المعتاد في الاستجابة التحفيزية (Redgrave, Rodriguez, Smith, Rodriguez-Oroz et al., 2010).

كما تم إثبات أهمية دور العقد القاعدية في توقيت الحركة، حيث يتم تنشيطها أثناء الحركة، وكذلك أثناء مهام معالجة التوقيت الإدراكية التي تتضمن فواصل زمنية فرعية وفوق الثانية Bueti, Walsh, Frith, & Rees, (2008). وتجدر الإشارة إلى أن دائرة العقد القاعدية الترابطية تنشط بشكل خاص أثناء المهام التي يتم تشغيلها خارجيًا (Avanzino et al., 2016).

وجدير بالذكر أنه يتم تنشيط المخيخ في كثير من الأحيان مثل، (١) أثناء الحركة أكثر من مهام التوقيت الصريحة الإدراكية (Bueti et al., 2008)، (٢) عند تكون المزامنة مع إيقاع خارجي مطلوبة (Del Olmo, Cheeran, Koch, & Rothwell, 2007)، (٣) وأخيرًا، عندما تتضمن المعالجة فترات أقل من الثانية بدلًا من فترات ما فوق الثانية (Lewis & Miall, 2003 b).

وتشير الأدبيات النفسحركية، إلى دور توقيت الحركة أو إيقاع الحركة والتحكم الحركي في اضطرابات الحركة، فمثلًا يشير (Avanzino et al., 2016, P. 2) إلى أن التمثيل الذاتي لتوقيت الحركة يعد أمرًا بالغ الأهمية للمهام المعرفية، وكذلك للعديد من الأنشطة المعرفية، وتشتمل الشبكة العصبية الداعمة لتوقيت الحركة على: المخيخ الجانبي، والعقد القاعدية، والحساسات، والمناطق القشرية قبل الجبهية، هذا وتعمل العقد القاعدية والمناطق القشرية المرتبطة بها بمثابة "ساعة داخلية" تتفوق على الإيقاع عندما تتولد الحركة داخليًا.

كما أنه عندما تتم معالجة معلومات التوقيت لعمل تنبؤات حول نتيجة قصور حركي شخصي، يبدو أن معالجة المخيخ ومسارات التدفق الخارجي تكون مندرجة في هذه العملية، نجد أن الدلائل الإكلينيكية والتجريبية لمعالجة الوقت والتحكم الحركي تشير إلى وجود خلل في الشبكات العصبية يشمل العقد

القاعدية والمخيخ في اضطرابات الحركة (Coull & Nobre, 2008, P. 138).

في بعض الحالات، يمكن أن تساهم عيوب المعالجة الزمنية بشكل مباشر في السمات الحركية الأساسية لاضطراب الحركة، مثال لذلك، بطء الحركة في مرض باركنسون. وبالنسبة لاضطرابات الحركة الأخرى، تكون العلاقة بين معالجة الوقت غير الطبيعية والأداء الحركي أقل وضوحًا وتتطلب مزيدًا من الفحص، كما هو الحال في الدقة المنخفضة في التنبؤ بالنتيجة الزمنية لفعل حركي في خلل التوتر العضلي (Ivry & Spencer, 2004, P. 226).

وحيث إن التمثيل الذاتي لتوقيت الحركة أمرًا بالغ الأهمية للمهام المعرفية وكذلك للعديد من الأنشطة المعرفية، فإنه الآونة الأخيرة، قد تم تكريس مزيد من الاهتمام لتحسين فهمنا لكيفية دمج المعلومات الزمنية في آليات التحكم في الحركة، وتسلم الأدلة التجريبية بدور معالجة توقيت الحركة في التحكم في الحركة كوظيفة عصبية معقدة تدعمها شبكات دماغية منتشرة بما في ذلك المناطق القشرية والمخيخ والتركيبات تحت القشرية الأخرى (Coull & Nobre, 2008).

كما تشير نتائج دراسة Provasi and Bobin-Bègue (2003) إلى أن معدلات النشاط الحركي التلقائي يمكن تعديلها من خلال تجربة النقر المتزامن مع المنبهات الصوتية المقدمة بمعدل ثابت، حتى لو كانت تلك المنبهات قصيرة المدى (Provasi & Bobin-Bègue, 2003).

وبالنسبة للفروق الفردية في نشاط الإيقاع الحركي، فقد لوحظت تغيرات في نمو النشاط الإيقاعي الحركي، حيث يكون الإيقاع الحركي للطفل البالغ عمر

أربع سنوات أقل بكثير مقارنة بالشخص البالغ (Debrabant, Gheysen, Vingerhoets, & Van Waelvelde, 2012)، كذلك وجد أن الإيقاعات الحركية الشخصية للأطفال ذوى الخبرة في الموسيقى كانت أبطأ من تلك الخاصة بالبالغين، كذلك لم يؤثر التدريب الموسيقى على الإيقاع الحركي الشخصي للشخص البالغ، كما اتفقت غالبية نتائج الدراسات السابقة وجود استقرار في نشاط الإيقاع الحركي لدى الأطفال (Provasi & Bobin-Bègue, 2003).

وقد حاولت دراسة Larzelere (2009) فحص العلاقات بين كفاءة استعدادات إيقاع الأطفال النمائي، والاستعدادات الحركية والإيقاع الشخصي، والإجابة على الأسئلة التالية (١) هل هناك علاقة بين إيقاع الأطفال التنموي وكفاءاتهم الحركية؟ (٢) هل هناك علاقة بين إيقاع الأطفال التنموي وإيقاعهم الشخصي؟ (٣) أي من المتغيرات التالية (الإيقاع الشخصي، الكفاءة الحركية) يرتبط باستعدادات إيقاع النمو؟ وأخيرًا، هل يختلف الإيقاع الشخصي لطلاب الصف الأول عنه لدى طلاب الصف الثالث؟، وذلك على عينة مكونة من (٨٠) طالب من الصفين الأول والثالث من طلاب مدارس مدينة ميتشجان، طبق عليهم الاختبار الفرعي للإيقاع لمقاييس جوردن الأولية للتسجيل الموسيقى، والصورة المختصرة لاختبار(Bot-2) Bruininks-Oseretsky للاستعدادات الحركية، ثلاثة قياسات إيقاع شخصية باستخدام إجراء والتر للإيقاع الشخصي. أظهرت نتائج الارتباط باستخدام معامل ارتباط بيرسون وجود ارتباط سلبي ضعيف بين الإيقاع الشخصي والاستعداد للإيقاع لدى أفراد العينة. ووجود ارتباط ضعيف بين الايقاع الشخصي والقدرة الحركية لدى جميع أفراد العينة. بينما أظهرت

النتائج أن الإيقاع الشخصي لطلاب الصف الأول أسرع من طلاب الصف الثالث (Larzelere, 2009).

كذلك تشير نتائج الدراسات إلى أن تعاطى المواد المؤثرة يمكن أن يؤثر سلبًا في الإيقاع الشخصي للفرد؛ فمثلًا توصلت دراسة الملكى (١٩٩٠) عند فحصها أوجه الاختلاف بين مدمن الهروبين وبين العاديين في الوظائف العقلية والنفسحركية إلى وجود فروق بين المتعاطين والعاديين في كل من التآزر الحركي، ثبات اليد، مهارة الأصابع، الشطب في اتجاه العاديين.

وهو ما دعمته نتائج دراسة Jacoson and Thurman (1992) عند فحصها الفروق بين متعاطي الكافيين نيف والكافيين العادي في الأداء الحركي، والتي توصلت إلى أن متعاطي الكافيين نيف كان لديهم انخفاض ثبات اليد والتناسق الحركي مقارنة بمتعاطي الكافيين العادي، كما توصلت النتائج إلى وجود علاقة ارتباطية دالة إحصائيًا بين تعاطى الكافيين نيف وبين الأداء الحركي (Jacoson & Thurman, 1992).

*** دور العوامل الوراثية والبيئية في الإيقاع الحركي:**

لقد تمت دراسة الإيقاع الحركي الشخصي من قبل خبراء في مجالات المهارات الإدراكية والنفسحركية طوال القرن العشرين للتعرف على دور العوامل الوراثية والبيئية فيه؛ فقد أجرى Frischeisen-Kohler (1933) بحثًا مكثفًا على التوائم، في محاولة لتحديد ما إذا كان الاتساق داخل الفرد والتنوع بين الأفراد موجودًا في الإيقاعات الحركية المفضلة للأفراد أم لا، وقد توصل النتائج إلى وجود الإيقاع الحركي الشخصي لدى الأفراد، كذلك أظهرت النتائج أن الأدلة تشير إلى أن الوراثة هي التي تسهم في الإيقاعات المفضلة للأفراد

وليس التأثير البيئي، مما يعنى أن الوراثة هي من يتحكم في الإيقاع الحركي للفرد (cited in, Larzelere, 2009, p.8).

ويدعم ذلك ما أسفرت عنه نتائج سلسلة من دراسات الإيقاع الحركي التي أجراها Smoll (1975 a, 1975 b, 1978) حيث أسفرت نتائج هذه الدراسات عما يلي: (١) وجود فروق بين الأفراد في تفضيلات المهام الإيقاعية الحركية التي يختارونها، (٢) يوجد تباين بيولوجي فريد لكل فرد في مهام الإيقاعات الحركية المتكررة التي يختار الأفراد (٣) يتم أداء الأهداف ذات الإيقاعات الحركية المختارة ذاتيًا بشكل سريع بطرقة أكثر تناسقًا مقارنة بالأهداف التي يتم اختيارها ذاتيًا بشكل أبطأ (Smoll, 1975 a, 1975 b, 1978).

وهذا ما أكدته أيضًا نتائج دراسة نيل وماس Neale and Maes (2002) التي صممت لفحص تأثير العوامل الوراثية والبيئية على الإيقاع الشخصي الحركي لدى الأطفال التوائم، وكذلك تقييم تأثير العوامل الوراثية المضافة، والعوامل البيئية المشتركة والفريدة. وأظهرت النتائج أن التأثيرات الجينية المضافة عكست المساهمة المجمعة للعديد من الجينات في الإيقاع الشخصي الحركي (Neale & Maes, 2002).

على النقيض من ذلك ظهر اتجاه آخر يرى أن العوامل البيئية تشترك مع الوراثية في تحديد الإيقاع الشخصي الحركي للفرد، فمثلًا يرى McAuley (2010) أنه بالرغم من استقرار خصائص الإيقاع الحركي، إلا أنه توجد فروق فردية كبيرة في الإيقاعات الحركية بين الأشخاص تتراوح بين ٠,٢ : ١,٦. وترتبط هذه الفروق بعوامل مختلفة، بما في ذلك العنصر الوراثي. كذلك يمكن

أن ترتبط الفروق في الإيقاع الحركي بالعوامل البيئية، مما يعني أن العوامل الوراثية والبيئية لها تأثير واضح على الإيقاع الحركي (McAuley, 2010).

وهو ما تدعمه نتائج دراسة Suzuki and Ando (2018) التي اهتمت بفحص تأثير العوامل الوراثية والبيئية على الإيقاع الحركي وثباته لدى الأطفال الصغار. وذلك بالتطبيق على (١١٦) طفلًا توأمًا، أعمارهم حوالي ٤ سنوات، طلب منهم ضرب صنجين صغيرين (أداة موسيقية) معًا بطريقة دورية، على ثلاث مراحل، هي: المرحلة الأولى؛ طلب فيها من الأطفال الحفاظ على إيقاع معتدل للنشاط الحركي الإيقاعي (المرحلة الحركية التلقائية). وفى المرحلة الثانية طلب من الأطفال مزامنة النشاط الحركي الإيقاعي استجابة لتوقيت نغمة مثيرة، أما في المرحلة الثالثة طلب من الأطفال مزامنة الإيقاع الحركي استجابة لإيقاع موسيقى محفوظ، وأظهرت النتائج أنه لوحظ في مرحلة الأولى (الحركية التلقائية) وجود تأثيرات كبيرة للعامل الوراثي بينما كانت التأثيرات البيئة المتداخلة ضعيفة للغاية. أما في المرحلتين الثانية والثالثة فقد لوحظ تأثير واضح للعوامل البيئية بينما كان تأثير العوامل الوراثية شبه منعدم. ومن ثم فإن هذه النتائج تشير إلى وجود تأثير العوامل الوراثية والبيئية معًا على النشاط الإيقاعي الحركي، ولكن معدل تأثير كل من الوراثة والبيئة على الفرد يختلف باختلاف الموقف (Suzuki & Ando, 2018).

كذلك يمكن الاستدلال على الدرجات المختلفة للتأثيرات الجينية والبيئية على الأنشطة الإيقاعية الحركية المختلفة من خلال الخصائص المختلفة للأنشطة الإيقاعية الحركية، ونتائج الدراسات الجينية السابقة (Suzuki, Ando, & Satou, 2009). فمثلًا، أشارت نتائج الدراسات السابقة إلى أن الحفاظ على

معدل ثابت للأنشطة الحركية الإيقاعية، كما هو في النقر، يتطلب موارد لمعالجة المعلومات المعرفية (Repp & Su, 2013). فعلى وجه الخصوص، يفترض أن المعدل البطيء للنقر يتطلب موارد أكثر لمعالجة المعلومات المعرفية مقارنة بمعدل النقر السريع أو المعتدل (Takano & Miyake, 2007).

ويرى الباحث أنه بالنظر لنتائج هذه الدراسة، يتضح أنها تشير إلى أن الوراثة وحدها لا تكفي للحفاظ على معدل ثابت للأنشطة الحركية الإيقاعية، بل يحتاج الأمر إلى موارد لمعالجة المعلومات المعرفية، وهذه الموارد التي تحتاجها المعالجة المعرفية تتمثل في، معلومات ومهارات ومعارف لا تتأتى إلا من البيئة، بما يعني أن الوراثة والبيئة ضروريان للنشاط الإيقاعي الحركي.

ومما سبق يرى الباحث، أنه بالنسبة لدور العوامل الوراثية والبيئية في الإيقاع الحركي فإنه يوجد اتجاهين متناقضين لكل منهما أدبياته ودراساته التي تؤيده؛ فالاتجاه الأول يرى أن العوامل الوراثية فقط هي التي تسهم في النشاط الإيقاعي الحركي، ويؤيده كل من (Frischeisen-Kohler, 1933; Smoll,1975a, 1975b, 1978; Neale & Maes, 2002)، أما الاتجاه الثاني فيرى أن العوامل البيئية تشترك مع العوامل الوراثية في النشاط الإيقاعي الحركي ولكن بنسب مختلفة لكل منهما، كما تختلف هذه النسب باختلاف الموقف، وهذا الاتجاه يؤيده كل من (Larzelere, 2009; McAuley, 2010; Suzuki, Ando, & Satou, 2009; Suzuki & Ando, 2018)، الأمر الذى يوضح بقوة الحاجة إلى مزيد من إجراء الدراسات حول دور العوامل والوراثية والبيئية في النشاط الحركة الإيقاعي لتوضيح أي من الاتجاهين يسير على الطريق الصحيح، أم أن الاتجاهين لا يسيران على الطريق الصحيح، وأن

الأمر يحتاج إلى طرح جديد بمنهجية جديدة تفحص دور العوامل الوراثية والبيئية في النشاط الحركي، وتبين دور كل منهما على وجه الدقة.

*** الفروق بين الجنسين في الإيقاع الحركي:**

اختلفت النتائج فيما يتعلق بالفروق بين الجنسين في الإيقاع الحركي؛ فمثلًا توصلت دراسة Pollatou, Karadimou and Gerodimos, (2005) عند فحصها الفروق بين الأطفال الذكور والإناث في القدرات الموسيقية والقدرات الإيقاعية والأداء في المهارات الحركية إلى عدم وجود فروق بين الذكور والإناث في القدرات الموسيقية وأداء المهارات الحركية، في حين تفوقت الإناث على الذكور في القدرات الحركية الإيقاعية (Pollatou, Karadimou, & Gerodimos, 2005).

وما ذهبت إليه نتائج دراسة Sogut and Kirazci (2015) عندها فحص دور المشاركة الرياضية والجنس في القدرة الإيقاعية حيث أظهرت النتائج باستخدام اختبار T-test عدم وجود فروق بين الجنسين في الإيقاع الحركي (Sogut & Kirazci, 2015).

وتوصلت نتائج دراسة Mastrokalou and Hatziharistos (2007) عند فحصها الفروق بين الجنسين في القدرة الإيقاعية للأطفال بمكونيها (الدقة الإيقاعية والمحافظة الإيقاعية) إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الجنسين (Mastrokalou & Hatziharistos, 2007).

ونتائج دراسة Smoll and Schutz (1978) عند فحصها الإيقاع المفضل والإيقاع الحركي لدى الأطفال أظهرت عدم وجود فروق دالة بين

الجنسين في الدقة المكانية أو الزمنية أو في اتساق الأداء، بينما كانت هناك فروق دالة بين الجنسين في الدقة الإيقاعية(Smoll & Schutz, 1978) .

في حين توصلت دراسة Agdiniotis and et al. (2009) عند فحصها الفروق بين الجنسين في القدرة الإيقاعية لدى أطفال ما قبل المدرسة إلى وجود فروق دالة إحصائيًا بين الذكور والإناث في الأنشطة الحركية المصحوبة بالموسيقى في اتجاه الإناث (Agdiniotis et al., 2009).

وهو ما تماشى مع نتائج دراسة Rose (2016) عند فحصها تأثيرات الحركات اليدوية (اليد) والدواسة (القدم) والإيقاع والجنس، والتي توصلت إلى وجود انخفاض في أداء الذكور والإناث في حركة الدواسة بوتيرة سريعة، بينما كان أداء الذكور أفضل مع الحركة اليدوية بوتيرة بطيئة، كما كان أداء الذكور أفضل مع الحركة اليدوية بوتيرة متوسطة (Rose, 2016)

المراجع العربية:

- عبد السلام أحمدي الشيخ (٢٠٠٢)، **الأسس النبوروسيكولوجية للاضطرابات النفسية**، القاهرة، مكتبة النهضة العربية.
- نيللي محمد العطار (٢٠١٣)، **التربية الموسيقية في رياض الأطفال**، الإسكندرية، المكتب الجامعي الحديث.
- ناهدة عبد زيد الدليمي (٢٠١٦)، **الأسس العلمية في التعلم الحركي**، عمان، دار المنهجية للنشر والتوزيع.

المراجع الأجنبية:

- Avanzino, L., Pelosin, E., Vicario, C. M., Lagravinese, G., Abbruzzese, G., & Martino, D. (2016). ***Time Processing***

and Motor Control in Movement Disorders. Frontiers in human neuroscience, 10(631), 1-8.

- Agdiniotis, I., Pollatou, E., Gerodimos, V., Zisi, V., Karadimou, K., & Yiagoudaki, F. (2009). ***Relationship between rhythmic ability and type of motor activities in preschool children***. European Psychomotricity Journal, 2(1), 24-34
- McAuley, J. D. (2010). ***Tempo and rhythm***. In M. Riess Jones, R. R. Fay, & A. N. Popper (Eds.), Music perception (Vol. 36, pp. 165–199). New York, NY: Springer
- Mastrokalou, N., & Hatziharistos, D. (2007). ***Rhythmic Ability in Children and the Effects of Age, Sex, and Tempo***. Perceptual and Motor Skills, 104(3), 901–912
- Provasi, J., & Bobin-Bègue, A. (2003). ***Spontaneous motor tempo and rhythmical synchronisation in 2½- and 4-year-old children***. International Journal of Behavioral Development, 27, 220–231
- Pollatou, E., Karadimou, K., & Gerodimos, V. (2005). ***Gender differences in musical aptitude, rhythmic ability and motor performance in preschool children***. Early Child Development and Care, 175(4), 361-369.
- Neale, M., & Maes, H. (2002). ***Methodology for genetic studies of twins and families***. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academics.
- Rao, A. K., Marder, K. S., Uddin, J., and Rakitin, B. C. (2014). ***Variability in interval production is due to timing-***

dependent deficits in Huntington's disease. Mov. Disord. 29, 1516–1522

- Redgrave, P., Rodriguez, M., Smith, Y., Rodriguez-Oroz, M. C., Lehericy, S., Bergman, H. et al. (2010). ***Goal-directed and habitual control in the basal ganglia: implications for Parkinson's disease***. Nat. Rev. Neurosci. 11, 760–772.
- Rose, P. (2016). ***Effects of movement, tempo, and gender on steady beat performance of kindergarten children***. International Journal of Music Education, 34(1), 104–115.
- Smoll, F. L. (1975a). ***Preferred tempo in performance of repetitive movements.*** Perceptual Motor Skills, 40, 439-442.
- Smoll, F. L. (1975b). ***Preferred tempo of motor performance: Individual differences in within-individual variability***. Journal of Motor Behavior, 7, 259-263.
- Smoll, F. L., & Schutz, R. W. (1978). ***Relationships among measures of preferred tempo and motor rhythm***. Perceptual and Motor Skills, 46, 883-894
- Suzuki, K., & Ando, J. (2018). ***Genetic and environmental influences on personal and rhythmic-motor-activity tempo in children: A twin study***. Japanese Psychological Research, 60(3), 170–178
- Takano, K., & Miyake, Y. (2007). ***Two types of phase correction mechanism involved in synchronized tapping***. Neuroscience Letters, 417, 196–200.

- Schibler, U., Gotic, I., Saini, C., Gos, P., Curie, T., Emmenegger, Y. et al. (2015). ***Clock-talk: interactions between central and peripheral circadian oscillators in mammals***. Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol. 80, 223–232

- Jacobson, B. H., & Thurman-Lacey, S. R. (1992). ***Effect of caffeine on motor performance by caffeine-naive and -familiar subjects***. Perceptual and Motor Skills, 74(1), 151–157

- Ivry, R. B., & Spencer, R. M. (2004). ***The neural representation of time***. Curr. Opin. Neurobiol. 14, 225–232

- Frischeisen-Kohler, I. (1933). ***The personal tempo and its inheritance.*** Character and Personality, I, 301-313.

- François-Brosseau, F. E., Martinu, K., Strafella, A. P., Petrides, M., Simard, F., and Monchi, O. (2009). ***Basal ganglia and frontal involvement in self-generated and externally-triggered finger movements in the dominant and nondominant hand***. Eur. J. Neurosci. 29, 1277–1286

- Debrabant, J., Gheysen, F., Vingerhoets, G., & Van Waelvelde, H. (2012). ***Age-related differences in predictive response timing in children: Evidence from regularly relative to irregularly paced reaction time performance***. Human Movement Science, 31, 801–810.

- Coull, J., & Nobre, A. (2008). ***Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI***. Curr. Opin. Neurobiol. 18, 137–144

- Bueti, D., Walsh, V., Frith, C., & Rees, G. (2008). ***Different brain circuits underlie motor and perceptual representations of temporal intervals***. J. Cogn. Neurosci. 20, 204–214
- Larzelere, C. S. (2009). ***A Comparative Study of the Rhythm Aptitude, Personal Tempo, and Motor Proficiency of First and Third-Grade Students,*** Master Dissertation, College of Music, Michigan State University
- Lawless E., (2003). ***Tempo Duplication as an Indicator of Psychomotor Disturbance in Depression***. Doctoral Dissertation, Faculty of the Graduate School of Clinical Psychology George Fox University
- Del Olmo, M. F., Cheeran, B., Koch, G., & Rothwell, J. C. (2007). ***Role of the cerebellum in externally paced rhythmic finger movements***. J. Neurophysiol. 98, 145–152