



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة المستنصرية
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
الدراسات العليا / الماجستير

الأسس العصبية والفسيولوجية في التعلم الحركي

إعداد

أ.م. د يعقوب يوسف الجزائري
أ.م. د الهام علي حسون

يعد التعلم الحركي عملية معقدة ترتبط ارتباطاً مباشراً بالجهاز العصبي، ويُنظر إليه على أنه تغير شبه دائم في السلوك الحركي نتيجة الممارسة أو التدريب. يأخذ هذا التغير شكلاً من أشكال التكيف العصبي والفيسيولوجي، حيث تنشأ مسارات عصبية جديدة وتتقوى الروابط المشبكية لتدعيم الأداء، وتبرز أهمية دراسة الأسس العصبية والفيسيولوجية في قدرتها على تفسير كيفية اكتساب المهارات الرياضية المعقدة وتطويرها، فضلاً عن دورها في إعادة التأهيل الحركي بعد الإصابات.(1)

الأهمية.

تتبع أهمية هذا الموضوع من أن أي عملية تعلم حركي تعتمد بصورة أساسية على الجهاز العصبي الذي يعمل كمنظومة متكاملة تنسق بين الحواس والجهاز العضلي، وتعدّ معرفة الأسس العصبية والفيسيولوجية للتعلم الحركي ضرورية لفهم آليات الأداء الرياضي وتطوير برامج تدريبية أكثر فاعلية، كما أن التعمق في هذه الأسس يسهم في إعداد مناهج تعليمية متقدمة في التربية البدنية وتطوير استراتيجيات إعادة التأهيل باستخدام مبادئ اللدونة العصبية.

الجسم البشري يتأثر بالجهاز العصبي فالأعصاب توفر الممرات التي من خلالها تستلم وترسل التحفيزات الكهربائية من وإلى كافة أنحاء الجسم، والدماع يعمل كحاسوب ينسق كل المعلومات الواردة فيحدد استجابة مناسبة ليعلم كافة أنحاء الجسم ذات العلاقة لاتخاذ رد فعل مناسب، لذا فأساسيات التعلم يجب ان ترتبط بحلقات تكميلية لضمان التطور بشكل انسيابي، وخاصة في تعلم المهارة، حيث ان البناء الحركي يجب ان يستكمل جوانبه اولا قبل الانتقال إلى التطور في المرحلة اللاحقة، وان أي تسرع أو قطع في بناء المهارة يؤثر سلباً على الترابط في التعلم، وبالتالي فقدان جميع الحلقات مما يؤثر حتماً على بناء المتعلم الجيد ذو المواصفات الفنية، أن الجهاز العصبي يشكل حلقة حيوية تمرر الاتصال المتبادل وتنسق التعامل المتبادل بين مختلف أنسجة الجسم مع المحيط الخارجي، وعليه سنتطرق إلى السيطرة العصبية على الحركات ولكن يجب ان نتذكر ان أي وظيفة فسلجيه من الممكن أن تؤثر على الأداء الرياضي وتنظم إلى حد ما وتراقب من قبل الجهاز العصبي، اما بالنسبة للمجال الرياضي فمن ان ضروري معرفة دور الحواس، والاقسام العصبية التي تسهم في الاستقبال والاجابة الحركية الاتية على اساس الاشارات (البصرية، السمعية... الخ) ابتداءً من استقبالها ونقلها وتهيئتها للعمل كذلك عمليات التحليل التي تتبعها خاصة من المركز الحركي في الدماغ وحتى اصغر الاعصاب في الجهاز العصبي ونتيجة لعملية التعلم الحركي والانتظام في التدريب (تكرارات الاداء) تظهر بعض التغييرات الوظيفية تعبر عن تكيف

(1) وجيه محبوب؛ فيسيولوجيا التعلم، ط1: (بغداد، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، 2002) ص 157.

الجهاز العصبي اذ يظهر عند ذلك تأثير ايجابي ينعكس على تحسين عمليات الاستثارة والكف للقشرة الدماغية المخية، وهذا ينعكس على العمليات العصبية بقوتها ومرونتها ويمكن توضيح ذلك في المثال الآتي : إن المراحل التي تمر ال بها عملية تعلم المهارة الحركية كما يراها بعض العلماء هي ثلاث مراحل اساسية ترتبط فيما بينها وتؤثر واحدة في الأخرى وتتأثر بها وهي :

- أ. مرحلة اكتساب التوافق الاولي الخام.
- ب. مرحلة اكتساب التوافق الدقيق.
- ج. مرحلة التوافق الثابت او الية الاداء.

الأسس العصبية والفيولوجية في التعلم الحركي⁽¹⁾

يتضمن التعلم الحركي تعديلات في الدوائر العصبية التي تتحكم في الحركة ما يؤدي الى أداء أكثر كفاءة ودقة وتحدث هذا التعديلات في عدة مناطق من الدماغ أبرزها:

القشرة الحركية الأولية.

مسؤولة عن تنفيذ الحركات الارادية وتلعب دورا محوريا في التحكم في العضلات وتنظيم الحركات والتحكم في الحركات الدقيقة مثل التحكم في دقة الارسال في كرة الطائرة.

المخيخ.

يعد مركزا لتنسيق الحركات وتصحيح الأخطاء حيث يساهم في تحسين دقة الحركة وتوقيتها كما في التحكم بالتوازن اثناء الوقوف على العارضة في الجمناستيك.

العقد القاعدية.

مسؤولة عن بدء الحركة وتحديد الاستجابة الحركية الصحيحة وتساعد في تحويل الحركات المتعلمة الى عادات اليه مثل التسديد التلقائي في كرة السلة.

الدونة العصبية.

1- تعريف الدونة العصبية.

- الدونة العصبية هي قدرة الجهاز العصبي على التكيف وإعادة تنظيم نفسه من خلال إنشاء وصلات عصبية جديدة أو تعديل الوصلات القائمة.
- تحدث نتيجة التكرار والممارسة والخبرة، وهي أساس أي عملية تعلم جديدة أو إعادة تأهيل بعد إصابة.

(1) Magill, R. A., & Anderson, D. (2017). **Motor Learning and Control: Concepts and Applications** (11th ed.). McGraw-Hill.

2- آليات اللدونة العصبية.

1. تقوية المشابك العصبية: (Synaptic Strengthening)

- زيادة كفاءة الاتصال بين الخلايا العصبية مع التكرار، مثال: لاعب كرة السلة الذي يكرر التسديد يوميًا، فتزداد سرعة ودقة الإشارات العصبية المرتبطة بهذه المهارة.

2. نمو روابط عصبية جديدة: (Neurogenesis & Synaptogenesis)

- أي تكوين وصلات جديدة بين الخلايا العصبية لدعم تعلم حركات جديدة، مثال: لاعب جمباز يتعلم حركة جديدة (قفزة خلفية) فينشأ مسار عصبي جديد لدعمها.

3. تهذيب المشابك: (Synaptic Pruning)

- التخلص من الروابط العصبية غير الفعالة للحفاظ على المسارات الأكثر كفاءة، مثال: المتعلم المبتدئ يستخدم عضلات زائدة أثناء المهارة، لكن مع التكرار تُلغى الإشارات غير الضرورية ويصبح الأداء أكثر دقة واقتصادًا مثال؟ مناقشة.

دور اللدونة العصبية في التعلم الحركي (1).

- اكتساب المهارات: تكرار الممارسة يؤدي إلى تثبيت مسارات عصبية خاصة بالمهارة.
- تطوير الأداء: اللدونة تعزز دقة التوقيت والتنسيق بين العضلات المختلفة.
- إعادة التأهيل: بعد الإصابات الدماغية أو الحركية، تسمح اللدونة بتعويض الأجزاء المتضررة من خلال إعادة توزيع المهام العصبية.

التطبيقات الرياضية.

- في كرة الطائرة: التدريب المستمر على الإرسال يؤدي إلى تكوين مسارات عصبية مستقرة تجعل الأداء آليًا.
- في الجمناستيك الإيقاعي: التكرار على سلسلة حركية مع الموسيقى يعزز الروابط بين المراكز السمعية والحركية.
- في إعادة التأهيل الرياضي: لاعبو كرة القدم بعد إصابة الرباط الصليبي يستخدمون تمارين حسية-حركية لإعادة برمجة الجهاز العصبي واستعادة السيطرة على المفصل.

تقوية المشابك.

- ✓ تزداد كفاءة نقل الإشارات بين الخلايا العصبية .
- ✓ تشكل مشابك جديدة تنمو روابط عصبية جديدة لتسهيل المسار الحركي.

تهذيب المشابك.

✓ يتم التخلص من الروابط غير الضرورية أو الضعيفة مما يجعل الحركة أكثر اقتصادا في الجهد وأقل عرضة للحركات الزائدة.

مراحل التعلم الحركي وفق النموذج العصبي الفسيولوجي⁽¹⁾.

تمر عملية التعلم الحركي بثلاث مراحل أساسية:

- 1- المرحلة المعرفية: يركز المتعلم على فهم طبيعة الحركة، ويكون النشاط عالياً في القشرة الدماغية (مثال: متعلم جديد يتعلم الإرسال في كرة الطائرة).
- 2- المرحلة الترابطية: يبدأ الدماغ في تحسين التواصل العصبي وتثبيت المسارات العصبية (مثال: لاعب يتقن تدريجياً مهارة الدرجة في المصارعة).
- 3- المرحلة الآلية: تصبح الحركة تلقائية مع انخفاض الاعتماد على القشرة الدماغية وازدياد دور المخيخ والعقد القاعدية (مثال: لاعب كرة السلة يسدد ثلاثية بشكل تلقائي دون وعي كامل بالخطوات).

الجهاز العصبي.

وهو الجهاز المهيمن على جميع وظائف الجسم والذي يربط بينهما وبالتالي فهو الذي يعمل على تحقيق وحدة الكائن الحي وتكامله⁽²⁾، وهو جهاز الاتصال والمراقبة والتحكم في جسم الانسان فهو يسيطر على جميع الاعمال الإرادية واللاإرادية في الجسم المسؤول عن تنظيم كافة العمليات الحيوية في الوقت والسرعة المناسبة منسقا هذه العمليات بشكل يضمن المحافظة على الجسم والجهاز العصبي اهم الأجهزة واعقدها⁽³⁾ و يتركب الجهاز العصبي من الملايين الخلايا العصبية والتي تتغير وحدات البناء والوظيفة لهذا الجهاز وتتحد هذا الخلايا مكونة نسيجا متميز (الياف) يسمى النسيج العصبي وكذلك تتحد هذه الانسجة لتكون أعضاء الجهاز العصبي⁽⁴⁾.

(1) عبد الستار جبار الضمد؛ فسيولوجيا العمليات العقلية في الرياضة، ط1: (عمان، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، 2000) ص21.
 (2) محمد حسن علاوي ، ابو العلا احمد عبد الفتاح؛ فسيولوجيا التدريب الرياضي (القاهرة، دار الفكر العربي، 2000) ص40.
 (3) عاشور شريحة ، سالم خليفة؛ علم وظائف الاعضاء، ط1 (القاهرة، الشركة الدولية للطباعة، 2009) ص 165.
 (4) يوسف لازم كماش، صالح بشير ابو خيط؛ علم وظائف الاعضاء في المجال الرياضي (عمان، دار زهران للطباعة، 2009) ص101.

فسيولوجية الخلية العصبية.

يتكون الجهاز العصبي من مجموعة من الخلايا العصبية ذات طبيعة خاصة مثله في ذلك مثل باقي أجهزة الجسم المختلفة وتتجمع كل مجموعة من هذه الخلايا لتقوم بوظيفة معينة ويطلق عليها في هذه الحالة المراكز العصبية(1).

أنواع الخلايا العصبية(2)

تنقسم الخلايا العصبية من الناحية الوظيفية الى ثلاث أنواع وهي

1- الخلايا العصبية الموردة (الحسية)

وهي التي تنقل المعلومات من البيئة الداخلية والخارجية للجسم الى الجهاز العصبي وتشمل معلومات عن الحرارة والضغط والضوء وغيرها.

2- الخلايا العصبية المصدرة (الحركية)

وهي الخلايا التي تصدر الأوامر من الجهاز العصبي الى جميع أعضاء الجسم

3- الخلايا العصبية الداخلية

وهي الخلايا الداخلية التي تقوم بدور البطين الخلايا العصبية الموردة (الحسية) والخلايا العصبية المصدرة (الحركية) وهي تعمل على المستوى الأفقي ولها القدرة على الاتصال بأكثر من خلية واحدة نظرا لتعدد محاورها

الخلايا العصبية وآلية انتقال السوائل العصبية(3)

1- تعريف الخلية العصبية ((Neuron))

- هي الوحدة البنائية والوظيفية للجهاز العصبي.
- تتكون من:
- جسم الخلية (Cell Body) يحتوي على النواة وينظم العمليات الحيوية.

(1) خليل ميخائيل معوض؛ القدرات العقلية، ط2 (الاسكندرية، دار الفكر الجامعي للطباعة، 2000) ص157.

(2) عادل محمد العدل؛ العمليات المعرفية وتجهيز المعلومات، (القاهرة، دار الكتاب الحديث، 2010) ص85-86.

(3) رجاء أبو علام؛ ألتعلم أسسه وتطبيقاته، ط2: (عمان، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، 2010) ص105.

- المحور العصبي (Axon) ينقل السيالات العصبية إلى الخلايا الأخرى.
- التشعبات (Dendrites) تستقبل الإشارات من الخلايا العصبية الأخرى.
- المشابك العصبية (Synapses) نقاط الاتصال بين الخلايا العصبية حيث يتم نقل السيالات.

2- آلية انتقال السيالات العصبية

1. السيل العصبي هو موجة من التغيرات الكهربائية (جهد الفعل – Action Potential) تنتقل على طول غشاء المحور العصبي.
2. عند وصول السيل إلى نهاية المحور، يتم إفراز ناقلات عصبية (Neurotransmitters) مثل الأسيتيل كولين (ACh) في الشق المشبكي.
3. ترتبط هذه الناقلات بالمستقبلات الموجودة على غشاء الخلية التالية، مما يولد سيالاً جديداً.
4. سرعة انتقال السيل تعتمد على:
 - قطر المحور العصبي (كلما كان أكبر → أسرع).
 - وجود غمد المايلين الذي يعمل كعازل ويزيد سرعة التوصيل.

3- التطبيقات الرياضية

- سرعة رد الفعل: تعتمد على سرعة انتقال السيل العصبي بين المستقبلات الحسية (العين/الأذن) والجهاز العصبي المركزي ثم إلى العضلات.
- مثال: حارس مرمى كرة القدم يحتاج سرعة عالية في انتقال السيالات لرؤية الكرة واتخاذ رد الفعل المناسب.
- التعب العضلي: يحدث جزئياً نتيجة انخفاض كفاءة انتقال السيالات العصبية مع تكرار الجهد البدني.
- التدريب الرياضي: التكرار والتمارين المهارية يساهمان في تحسين كفاءة المشابك العصبية وتقوية الاتصال بين الخلايا العصبية والعضلية، مما يؤدي إلى دقة أعلى في الأداء

يتكون الجهاز العصبي من ثلاثة أقسام هي (1).

1/ الجهاز العصبي المركزي (central nervous system)

الجهاز العصبي المركزي (Central Nervous System) هو المركز الرئيس للتحكم والتنسيق في جسم الإنسان، ويتكوّن أساساً من:

1. المخ (Cerebrum)

الوظيفة: يمثل أعلى مراكز التحكم الحركي والإدراك.

يضم القشرة الحركية الأولية (Primary Motor Cortex) المسؤولة عن إصدار الأوامر الإرادية للحركة يحتوي على القشرة الجبهية المسؤولة عن التخطيط واتخاذ القرار الحركي، مثل اختيار نوع المهارة المناسبة في موقف تنافسي.

التطبيق الرياضي:

- في كرة القدم: يقرر اللاعب تمرير الكرة أو التسديد بناءً على تحليل سريع للموقف.
- في الجمباز: تحديد التتابع الحركي قبل أداء سلسلة مهارية معقدة.

2-المخيخ (Cerebellum)

الوظيفة: تنظيم التوازن والتنسيق بين الحركات.

تصحيح الأخطاء الحركية أثناء التنفيذ (مقارنة الحركة المخطط لها بالحركة الفعلية).
ضبط التوقيت والدقة الحركية.

التطبيق الرياضي:

- في كرة السلة: المساهمة في ضبط توقيت التسديد أثناء القفز.
- في الجمباز: المحافظة على التوازن أثناء الوقوف على عارضة التوازن أو أثناء الهبوط من القفزات.

3-النخاع الشوكي (Spinal Cord)⁽¹⁾

الوظيفة: يمثل الطريق الرئيس لنقل الإشارات العصبية من المخ إلى العضلات والعكس.

مسؤول عن ردود الفعل ((Reflexes) السريعة التي تحمي الجسم وتساعد في الأداء التلقائي.
يسهم في تنسيق الأنماط الحركية الأساسية مثل المشي والجري.

التطبيق الرياضي:

- في ألعاب القوى: ردود الفعل السريعة عند الانطلاق من وضع البداية في سباقات العدو.
- في رفع الأثقال: الإشارات المنقولة من المخ عبر النخاع الشوكي لتجنيد الوحدات الحركية الكبيرة لتوليد القوة.

الخلاصة

- المخ: مركز اتخاذ القرار والتخطيط الإرادي للحركة.
- المخيخ: مركز التنسيق، التوازن، وتصحيح الأخطاء.
- النخاع الشوكي: قناة الاتصال وردود الفعل السريعة.



(1) محمد محمود بني يونس؛ علم النفس الفسيولوجي، (عمان، دار وائل للطباعة والنشر 2002) ص 140.

تشكل هذه المكونات شبكة متكاملة تجعل الأداء الحركي الرياضي أكثر كفاءة ودقة، وهي الأساس في بناء البرامج التدريبية وإعادة التأهيل العصبي- الحركي.

2/ الجهاز العصبي

المحيطي : وهو احد القسمين الرئيسيين للجهاز العصبي ويعمل كحلقة وصل بين الجهاز العصبي المركزي (**الدماغ والنخاع الشوكي**) وبقية أجزاء الجسم مثل العضلات ، الغدد والأعضاء الحسية وظيفته هذا الجهاز نقل الإشارات العصبية من الجهاز العصبي المركزي الى الجسم وبالعكس.

3/ **الجهاز العصبي التلقائي** : ويعرف كذلك بالجهاز العصبي الذاتي او اللاإرادي وهو جزء من الجهاز العصبي المحيطي ويختص بتنظيم الوظائف الحيوية التي تحدث تلقائياً دون تدخل ارادي من الانسان مثل ضربات القلب والتنفس والهضم وضغط الدم⁽¹⁾

2) **الجهاز العصبي والتعلم الحركي**

- المسؤول عن تنظيم حركات الجسم الارادية والغير ارادية كل على سواء
- يعمل كجهاز اتصال يربط بين الحواس والجهاز العضلي
- التحكم في وظائف الجسم والعمل على التنسيق بينهما
- يتحكم بالأجهزة الفسيولوجية.

دور الجهاز العضلي في تنفيذ المهارات: الوحدة الحركية

1- تعريف الوحدة الحركية ((Motor Unit))

- الوحدة الحركية هي أصغر وحدة وظيفية مسؤولة عن التحكم في الانقباض العضلي.
- تتكون من:
- خلية عصبية حركية (Motor Neuron).
- مجموعة من الألياف العضلية التي تتصل بها هذه الخلية.
- عندما تصل إشارة عصبية من الجهاز العصبي المركزي، تُفعل الوحدة الحركية كلها (قانون الكل أو لا شيء).

2- أنواع الوحدات الحركية

الوحدات الحركية البطيئة (Slow-twitch – Type I)

- أليافها تنقبض ببطء لكن مقاومة للتعب.
- مناسبة للألعاب التي تتطلب التحمل مثل الماراثون والسباحة الطويلة.

الوحدات الحركية السريعة (Fast-twitch – Type II)

- أليافها تنقبض بسرعة وبقوة لكنها سريعة التعب.
- مناسبة للألعاب التي تتطلب القوة والسرعة مثل العدو القصير والقفز العمودي.

(1) رافع صالح فتحي، حسين علي العلي؛ نظريات وتطبيقات في علم الفسلجة الرياضية (بغداد، دار الاحمدى للطباعة، 2011) ص20.

(2) Magill, A. Richard, motor Learning, concepts and application, 5ed, Boston Mcra Hill, 1998, p.41

3- دور الجهاز العضلي في تنفيذ المهارات

- إنتاج الحركة: الوحدات الحركية هي التي تحوّل الأوامر العصبية إلى انقباض عضلي يحرك العظام والمفاصل.
- التحكم في الدقة: كلما كان عدد الألياف المرتبطة بالخلية العصبية قليلاً، زادت دقة الحركة (مثال: عضلات العين واليد).
- التحكم في القوة: تجنيد عدد كبير من الوحدات الحركية يؤدي إلى إنتاج قوة كبيرة (مثال: عضلات الفخذ في رفع الأثقال).
- الاقتصاد في الجهد: التدريب يزيد من كفاءة تجنيد الوحدات الحركية المناسبة دون هدر للطاقة.

4- العلاقة بالمهارة الحركية

- في بداية تعلم المهارة → يتم تجنيد وحدات حركية كثيرة وغير ضرورية → حركة غير دقيقة.
- مع التكرار والتدريب → يتم تهذيب العملية العصبية وتجنيد الوحدات المناسبة فقط → الحركة تصبح أكثر دقة واقتصاداً في الجهد.
- عند إتقان المهارة → يكون هناك توازن بين الاستثارة والكف العصبي للوحدات الحركية، مما يجعل الأداء سلساً وآلياً.

التطبيقات الرياضية

- في الجمناستيك: التحكم في الوحدات الحركية الصغيرة والدقيقة لعضلات اليد والكتف ضروري لأداء الحركات على العارضة.
- في كرة السلة: تجنيد وحدات حركية سريعة لإنتاج قوة القفز مع الحفاظ على الدقة عند التسديد.
- في رفع الأثقال: تجنيد الوحدات الحركية الكبيرة والعديد منها لتحقيق أقصى قوة انقباض.

الخلاصة

الوحدة الحركية هي الرابط الأساسي بين الجهاز العصبي والجهاز العضلي، وهي الأداة التي تترجم الأوامر العصبية إلى حركة فعلية.

تطوير المهارات الحركية يعتمد على كفاءة تجنيد هذه الوحدات، وهو ما يتحقق بالتدريب والتكرار لتكيف العصبي العضلي مع التدريب

مفهوم التكيف العصبي العضلي⁽¹⁾.

- التكيف العصبي العضلي هو مجموعة التغيرات التي تحدث في الجهاز العصبي والجهاز العضلي نتيجة التدريب المستمر.
- يهدف هذا التكيف إلى تحسين القدرة على تجنيد الوحدات الحركية، وزيادة قوة الانقباض العضلي، ورفع كفاءة الأداء الحركي.

التكيف العصبي

- زيادة سرعة نقل الإشارات العصبية من المخ إلى العضلات.
- تحسين التنسيق العصبي العضلي بين المجموعات العضلية المتعاونة والمتقابلة.
- زيادة قدرة المخيخ على تصحيح الأخطاء الحركية أثناء الأداء.
- تطوير القدرة على تجنيد عدد أكبر من الوحدات الحركية في وقت قصير.

✦ **مثال رياضي:** في بداية تعلم الرفع بلعبة رفع الأثقال، يكون الأداء مهتزاً وغير متناسق، ومع التكرار يحدث تكيف عصبي يسمح بتجنيد العضلات المناسبة بدقة عالية.

في المراحل الأولى لتعلم حركات رفع الأثقال الأولمبية (الخطف أو النتر)، يظهر الأداء غير منسق ومليناً بالأخطاء، لكن مع التكرار يحدث تكيف عصبي يؤدي إلى تحسين التوافق العصبي العضلي، فتتم الحركة بانسيابية ودقة أعلى.

-التكيف العضلي

- زيادة حجم الألياف العضلية (Hypertrophy) نتيجة التدريب المقاوم.
- تحسن القدرة الهوائية واللاهوائية للألياف العضلية حسب طبيعة التدريب.
- تغير تركيب الوحدات الحركية: انتقال بعض الألياف من النمط البيئي إلى النمط السريع أو البطيء حسب متطلبات التدريب.

✦ **مثال رياضي:** في العدو السريع، يزداد حجم الألياف السريعة (Type II) لزيادة القوة والانفجار العضلي.

(1) كه زال كاكه سعيد : تأثير ترمينات مركبة على وفق البرمجة اللغوية العصبية في تطور الانسيابية والنقل الحركي لأداء بعض المهارات الأساسية بالكرة الطائرة, (أطروحة دكتوراه, كلية التربية الرياضية, جامعة السليمانية , 2008) ص 39 .

العلاقة بين التكيف العصبي والعضلي⁽¹⁾.

- في المرحلة الأولى من التدريب: يكون التطور في الأداء ناتجًا عن تكيف عصبي (تحسين التنسيق والتجنيد العصبي).
- في المرحلة اللاحقة: يبدأ التكيف العضلي بالظهور من خلال تضخم الألياف العضلية وزيادة قوتها.
- هذا التدرج يفسر لماذا نلاحظ تحسنًا سريعًا في الأداء عند المبتدئين قبل ظهور تغييرات عضلية واضحة.

التطبيقات الرياضية.

- كرة القدم: زيادة سرعة الاستجابة الحركية نتيجة تحسين التنسيق العصبي العضلي.
- الجمناستيك الإيقاعي: دقة التوافق بين العضلات الصغيرة (اليد، الكتف) والعضلات الكبيرة (الذراع، الرجلين).
- رفع الأثقال: في المراحل الأولى للتحضير البدني، يكون التحسن في القوة ناتجًا من التكيف العصبي، ثم يظهر التضخم العضلي لاحقًا.

الخلاصة

- التكيف العصبي العضلي هو حجر الأساس لتطور الأداء الرياضي.
- يبدأ بالتغيرات العصبية (تحسين التنسيق والسيطرة) ثم يمتد إلى التغيرات العضلية (زيادة الحجم والقوة).
- التدريب المستمر والمتدرج هو العامل الرئيس لتحقيق هذا التكيف بشكل فعال ومستدام

الجهاز العصبي ومراحل التعلم الحركي⁽²⁾.

- 1- مرحلة اكتساب التوافق العصبي الأولي للحركة وفيها يتم إثارة عدد كبير من العضلات الغير مطلوب اشتراكها في الأداء الحركي الذي يجعل الأداء الحركي أكثر صعوبة وبالتالي سرعة الشعور بالتعب
- 2- مرحلة اكتساب التوافق العصبي العضلي الجيد للحركة وفيه يتم عدم نقل الإشارات العصبية الزائدة وهو ما يسمى بعملية الكف ويتم فقط التنبيه على العضلات المطلوبة للإداء الحركي

(1) نبيل محمود شاكر؛ علم الحركة التطور والتعلم الحركي حقائق ومفاهيم ، (جامعة ديالى، ب، م)، 2005، ص100.
 (2) عبد الله حسين اللامي؛ أساسيات التعلم الحركي، ط1: (الديوانية، مجموعة مؤيد الفنية للطبع والتوزيع، 2006) ص73.

3- مرحلة اتقان وثبوت المهارة ويتم خلالها التوازن بين عمليتي الاستثارة والكف وبالتدريب الكثير على المهارة الحركية يصل الأداء الى المرحلة الالية (أداء الاعمال باقل جهد).

* من مهام الأسس العصبية انها مرتبطة بعمل الحركة فسلجياً في جسم الإنسان(1).

تحدث الحركة حسب المراحل التالية:

- 1- يرسل الدماغ إشارات كهربائية باستثارة الاعصاب الحركية وتذهب الإشارات عبر الجذع للدماغ الى الحبل الشوكي ومن هناك تتفرع الى مجاميع العضلية المرتبطة بها.
- 2- هناك اتصال بين أعضاء الحركة وأعضاء الحس عن طريق تيار عصبي شبيه بالتيار الكهربائي وتنقل من خلية الى أخرى ومن الحواس الى أعضاء الحركة.
- 3- تتفرع الأعصاب الحركية الى أعصاب أخرى أصغر وأدق تسمى العصبونات ان كل عصبونه ترتبط بعدد من اللويقات العضلية ان العصبون الواحد واللويقات المرتبطة تسمى به الوحدة الحركية.
- 4- هناك اختلاف في ارتباط بعض العصبونات بلويقات عضلية فقسم منها مرتبط بلويقات عضلية لها قدرة عالية وسرعة للانقباض ولكنها سريعة التعب ان مثل هذه اللويقات تكون مرتبطة بعصبونات تتميز بسرعة نقل الإحساس والاستثارة اما القسم الاخر فتكون العصبونات المرتبطة بلويقات بطيئة تفتقر الى قوة السرعة الحركة ولكنها تتمتع بمقاومة التعب ولذلك بدون الانقباض فيها لمدة طويلة.
- 5- ان الانقباض العضلي منظم على شكلين الأول من خلال التحكم في عدد الوحدات الحركية المستثارة والثاني هو درجة ومعدل الاستثارة هو درجة ومعدل الاستثارة الوحدات الحركية وتبدأ الاستثارة في الوحدات الحركية ذات اللويقات القليلة العدد ثم تستثار بعدها الوحدات الحركية ذات اللويقات العالية العدد سبب استثارة الوحدات الحركية الصغيرة بشكل اسرع هو ان تتأثر سريعاً بالاستثارة وتستجيب سريعاً وتأتي بعدها استثارة الوحدات الحركية الكبيرة وهناك تظهر الحركة واضحة على تلك المجاميع العضلية.
- 6- ان هذا الاستثارات المختلفة تصدر من الجهاز العصبي المركزي وقد لا تؤدي الى انقباضات مناسبة في المجاميع العضلية مما يؤدي الى عدم التحقق الهدف (كلنا يريد ان ادخال الكرة في الهدف ولكن قد تكون النتيجة غير ناجحة).

(1) وجيه محبوب؛ التعلم والتعليم والبرامج الحركية، (عمان، مطبعة الشروق، 2002ب) ص15.

العلاقة بين الإثارة العصبية والاستجابة الحركية وتكوين المهارة⁽¹⁾

1- الإثارة العصبية ((Neural Excitation))

- يقصد بها توليد ونقل السيال العصبي من الخلايا العصبية الحسية أو الحركية استجابةً لمؤثر خارجي (بصري، سمعي، لمسي).
- هذه الإثارة هي البداية لأي فعل حركي، حيث تُحفّز المستقبلات الحسية → تنتقل الإشارة عبر الأعصاب → تصل إلى الجهاز العصبي المركزي.

2- الاستجابة الحركية ((Motor Response))

- هي ناتج معالجة الجهاز العصبي المركزي للسياالات العصبية وإرسال أوامر إلى العضلات لتنفيذ حركة معينة.
- نوعية ودقة الاستجابة تعتمد على:
- سرعة معالجة المعلومات في المخ.
- فعالية النقل العصبي في النخاع الشوكي والمشابك العصبية.
- تجنيد الوحدات الحركية المناسبة في العضلات.

3- تكوين المهارة الحركية ((Motor Skill Acquisition))

- تتطور المهارة عندما تتكرر حلقة الإثارة العصبية – الاستجابة الحركية، مما يؤدي إلى:
- تقوية الروابط المشبكية بين الخلايا العصبية.
- زيادة كفاءة الوحدات الحركية العاملة.
- انتقال الحركة من المستوى الواعي (Cognitive إلى المستوى الآلي (Automatic))

التطبيقات الرياضية.

- في كرة القدم: عند رؤية اللاعب للكرة (إثارة بصرية) ، يرسل المخ أوامر دقيقة للعضلات (استجابة) لتنفيذ ركلة محكمة، ومع التكرار تتكون مهارة التسديد الآلي.
- في الجمناستيك الإيقاعي: الإثارة العصبية الناتجة عن سماع الإيقاع الموسيقي توجه الاستجابة الحركية لأداء سلسلة حركية منسقة مع الإيقاع.
- في ألعاب القوى: البداية السريعة في سباقات العدو تعتمد على استجابة فورية لإشارة صوتية (إثارة سمعية).

(1) يعرب خيون؛ التعلم الحركي بين المبدأ والتطبيق، ط1: (بغداد، مطبعة الصخرة، 2002) ص64.

الخلاصة.

- الإثارة العصبية هي الشرارة الأولى التي تبدأ بها العملية.
- الاستجابة الحركية هي النتيجة العملية للإثارة بعد معالجتها.
- المهارة تتكون عندما تتكرر هذه الحلقة حتى تُحسَّن كفاءة النقل العصبي وتصبح الاستجابة أكثر سرعة ودقة واقتصادًا في الجهد.

مراحل التعلم الحركي وفق النموذج العصبي _ الفسيولوجي.

- المرحلة المعرفية / المتعلم يركز على فهم الحركة نشاط عالي للقشرة الدماغية.
- المرحلة الترابطية / يبدأ الدماغ في تحسين التواصل العصبي وتثبيت المسارات العصبية .
- المرحلة الآلية / الحركة تصبح تلقائية انخفاض الاعتماد على القشرة المخية وزيادة دور العقد القاعدية والمخيخ .

تطبيقات عملية رياضية.

- 1- استخدام التكرار والتغذية الراجعة في تدريب الرياضيين مع تسجيل النشاط الكهربائي للعضلات لتقييم التغيرات العصبية.
- 2- ادخال تقنيات الواقع الافتراضي لمحاكاة مواقف رياضية معقدة وتحليل التكيف العصبي.
- 3- الدمج بين التدريب البدني والتصور العقلي لتنمية المسارات العصبية وتحسين الأداء.
- 4- دراسة أثر أنواع التغذية الراجعة (الفورية مقابل المؤجلة) على تعلم مهارات مثل القفز العالي.
- 5- إعداد وحدات تدريبية متقدمة تربط بين الأسس العصبية والفسيولوجية وتعلم مهارات مثل الدرجة الأمامية المكورة في الجمناستيك.

المصادر العربية

- خليل ميخائيل معوض؛ القدرات العقلية, ط2 (الاسكندرية, دار الفكر الجامعي للطباعة,2000).
- رافع صالح فتحي، حسين علي العلي؛ نظريات وتطبيقات في علم الفسلجة الرياضية (بغداد، دار الاحمدي للطباعة، 2011).
- رجاء أبو علام؛ ألتعلم أسسه وتطبيقاته, ط2: (عمان, دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة,2010).
- عادل محمد العدل؛ العمليات المعرفية وتجهيز المعلومات, (القاهرة, دار الكتاب الحديث,2010).
- عاشور شريحة ، سالم خليفة؛ علم وظائف الاعضاء, ط1 (القاهرة، الشركة الدولية للطباعة، 2009).
- عبد الستار جبار الضمد؛ فسيولوجيا العمليات العقلية في الرياضة, ط1:(عمان, دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، 2000).
- عبد الله حسين اللامي؛ أساسيات التعلم الحركي, ط1:(الديوانية, مجموعة مؤيد الفنية للطبع والتوزيع، 2006).
- كه زال كاكه سعيد : تأثير تمرينات مركبة على وفق البرمجة اللغوية العصبية في تطور الانسيابية والنقل الحركي لأداء بعض المهارات الأساسية بالكرة الطائرة, (أطروحة دكتوراه, كلية التربية الرياضية, جامعة السليمانية , 2008).
- محمد حسن علاوي ، ابو العلا احمد عبد الفتاح؛ فسيولوجيا التدريب الرياضي (القاهرة، دار الفكر العربي، 2000).
- محمد محمود بني يونس؛ علم النفس الفيسيولوجي,(عمان, دار وائل للطباعة والنشر 2002).
- محمد محمود بني يونس؛ علم النفس الفيسيولوجي,(عمان, دار وائل للطباعة والنشر 2002).
- نبيل محمود شاكر؛ علم الحركة التطور والتعلم الحركي حقانق ومفاهيم , (جامعة ديالى,(ب, م),2005).
- وجيه محجوب؛ التعلم والتعليم والبرامج الحركية,(عمان, مطبعة الشروق، 2002ب).
- وجيه محجوب؛ فسيولوجيا التعلم , ط1:(بغداد, دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع, 2002 أ).
- يعرب خيون؛ التعلم الحركي بين المبدأ والتطبيق, ط1:(بغداد, مطبعة الصخرة, 2002).
- يوسف لازم كماش، صالح بشير ابو خيط؛ علم وظائف الاعضاء في المجال الرياضي (عمان، دار زهران للطباعة، 2009).

المصادر الأجنبية

- Magill,A.Richard ,**motor Learning ,concepts and application**,5ed,Boston Mccra Hill,1998.
- Anderson R. J. Koss Lyn M. S. **Tutorials Learning and Memory** W.H. Freeman and Co , 1984.
- (Magill, R. A., & Anderson, D. (2017). **Motor Learning and Control: Concepts and Applications** (11th ed.). McGraw-Hill.