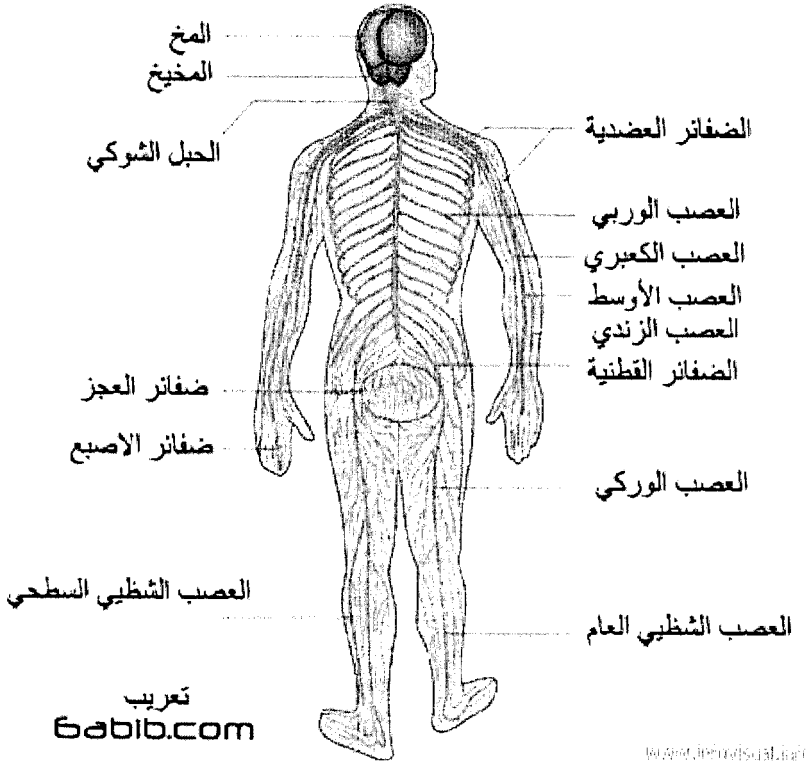
الفصل السادس

فسيولوجيا الجهاز العصبي



تعريب
6abib.com

الجهـــاز العـصبـي

الجهاز العصبي ينقسم إلى قسمين رئيسيين :

١- الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System «CNS».

٢- الجهاز العصبي المُحيطي Peripheral Nervous System.

وحدة بناء الجهاز العصبي هي العصبون (الخلية العصبية) Neurone، والجهاز العصبي في الإنسان يتكون من نوعين أساسيين من الخلايا، هما الخلايا الدبقية Glial Cells والعصبونات Neurons.

والعصبون يتكون من جسم Cell Body ومحور Axon، وجسم الخلية يحتوي على نواة الخلية ويبرز من سطحة تغصنات أو تشعبات للخارج لها علاقة في استقبال أو نقل الإشارات الكهربائية، ويستقبل جسم العصبون الإشارات الكهربائية (العصبية) من العصبونات الأخرى عن طريق التغصنات Dendrites من جسم عصبون آخر أو من محور عصبون آخر عن طريق مشابك Synapsis، والمشبك هو عبارة عن فضاء عند التقاء غصن عصبون أو محور عصبون مع جسم خلية عصبون آخر لنقل الإشارات الكهربائية عن طريق مواد كيماوية تُسمى الناقلات العصبية Neurotransmitters وهي عديدة ومنها الاسيتايل كولين Acetylcholine والأدرينالين Adrenaline والنورأدرينالين Noradrenaline.

محور العصبون Axon هو عبارة عن امتداد يخرج من جسم الخلية وينقل الإشارات الكهربائية من العصبون. والمحور مُغلف من الخارج بصفائح المايلين (النُخاعين) Myelin Sheaths وهي عبارة عن مادة عازلة للمحور وضرورية لنقل الإشارات الكهربائية فيه،

في الجهاز العصبي المركزي الخلايا الدبقية قليلة التغصنات Oligodendrocytes هي المسئولة عن إنتاج النُخاعين، أما في الجهاز العصبي المُحيطي فخلايا شوان Schwann Cells هي المسئولة عن إنتاج النُخاعين (المايلين).

في الجهاز العصبي تتجمع أجسام العصبونات في مجاميع، وهذه المجاميع في الجهاز العصبي المركزي تُسمى نواة Nucleus أو عُقدة Ganglion، أما في الجهاز العصبي المُحيطي فتُسمى هذه المجاميع، عُقد (مُفرد «عُقدة») Ganglion.

كذلك تتجمع محاور العصبونات مع بعضها لتكون الأعصاب Nerves، والأعصاب تنقسم من حيث موقعها من العُقدة إلى نوعين:

١- أعصاب ما قبل العُقدة Pre-Ganglionic Nerves.

٢- أعصاب ما بعد العُقدة Post-Ganglionic Nerves.

في الجهاز العصبي، أعصاب (محاور أجسام العصبونات) ما قبل العُقدة تتشابك مع أجسام العصبونات التي ينشأ منها أعصاب ما بعد العُقدة خلال المشابك في العُقد لنقل الإشارات الكهربائية. يُمكننا القول أو تشبيه العُقد بمحطات قطار يتم فيها نقل الحمولة (الإشارات الكهربائية العصبية) من قطار لآخر ليتم في النهاية توصيلها للعضو المطلوب. الخلايا الدبقية Glial Cells هي خلايا مُساندة للعصبونات في الجهاز العصبي ولا تُشارك في نقل الإشارات العصبية (الكهربائية). ويبلغ عدد الخلايا الدبقية تقريبًا عشرة أضعاف عدد العصبونات في الجهاز العصبي، ولكن بما أن حجم الخلية الدبقية يساوي عُشر حجم العصبون فهما يشغلان نفس الحيز (الكتلة) في الجهاز العصبي. تسمية الخلايا الدبقية مُشتقة من الكلمة اللاتينية «غليا» (Glia) والتي تعني الدبق أو الغراء أو الصمغ وذلك للاعتقاد السائد سابقًا بأن عملها الأساسي هو الربط بين العصبونات (كالإسمنت في البناء).

يتلخص عمل الخلايا الدبقية بالآتي:

- تعمل كدُعامة وسند للعصبونات.

- تعمل كعازل للشحنات الكهربائية بين العصبونات وبين المشابك.
- تعمل كناقل غذاء للعصبونات.
- تعمل كمزيل للخلايا التالفة والميتة، وتفرز مواد مُحفزة لنمو العصبونات.
- المحافظة على التركيبة الأيونية (الكهربائية) Ionic Composition للسوائل خارج العصبونات ExtraCellular Fluids.

هناك أربعة أنواع من الخلايا الدبقية، هي:

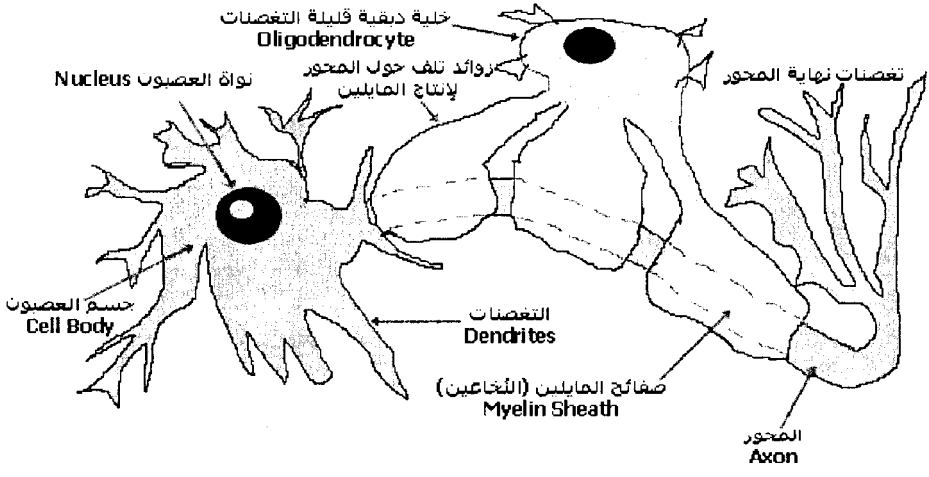
١- الخلايا الدبقية النجمية Astrocytes

الخلايا الدبقية النجمية هي أكبر الخلايا الدبقية حجمًا، وسُميت بالنجمية لكثرة تشعباتها البارزة للخارج من الخلية كشعاع النجم Astro. تشعبات الخلايا النجمية تربط ما بين الأوعية الدموية والعصبونات لنقل الغذاء إليها. ولديها القدرة على تحويل الجلوكوز Glucose إلى اللاكتيت Lactate الأسهل استخدامًا لإنتاج الطاقة في العصبونات. الخلايا النجمية لديها القدرة كذلك على تحويل الجلوكوز إلى الجلايكوجين Glycogen لتخزينه واستخدامه عند الحاجة لمد العصبونات بالطاقة في حالات هبوط مستوى السكر في الدم. تُساهم الخلايا النجمية في إزالة الشحنات الكهربائية الزائدة في السائل خارج العصبونات للمحافظة على المُحيط الأيوني (الكهربائي) المُناسب لعمل العصبونات على أكمل وجه في نقل الإشارات العصبية. ولها دور مع الخلايا الدبقية الصغيرة في إفراز مواد مُحفزة لنمو العصبونات بعد تلفها (مثال ـ بعد السكتة الدماغية ـ Stroke).

٢- الخلايا الدبقية قليلة التغصنات (التشعبات) Oligodendrocytes

تعمل هذه الخلايا على تكوين الطبقة العازلة المحيطة بالعصبونات في الجهاز العصبي

المركزي Central Nervous System، والتي تُسمى بصفائح مايلين Myelin Sheaths، بالطبع هذه الصفائح (الطبقات العازلة) تعزل الشحنات الكهربائية (الإشارات العصبية) التي تنتقل في الأعصاب عن بعضها البعض حتى لا تؤثر شحنة على شحنة أخرى وبالتالي على معناها بالنسبة للمخ الذي يترجم هذه الشحنات إلى أفعال وردود أفعال. الخلايا الدبقية قليلة التغصنات لا تُحيط بنفسها حول العصبونات، وإنما يصدر منها تشعبات وهذه التشعبات هي التي تلتف حول العصبونات وتكون الطبقات العازلة.



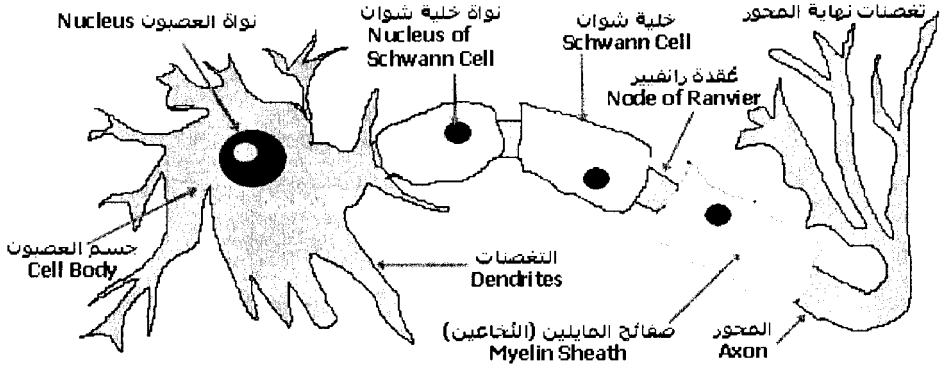
٣- الخلايا الدبقية الصغيرة Microglia

أصغر الخلايا الدبقية حجمًا، تعمل كمزيل للخلايا التالفة والميتة في الجهاز العصبي. هناك أدلة تفيد بأنها مسئولة كذلك عن تجدد الخلايا التالفة وتُساعد في إرشاد نمو العصبونات (تحديد طريق نمو العصبونات وتشعباتها).

٤- خلايا شوان Schwann Cells

هي نظيرة الخلايا الدبقية القليلة التغصنات في الجهاز العصبي المُحيطي Peripheral

Nervous System، والمسئولة عن تكوين الطبقة العازلة (صفائح مايلين) للعصبونات في الجهاز العصبي المُحيطي. وتتكون هذه الخلايا بشكل أساسي من الشحوم Lipids والتي تُعطيها صفتها العازلة للشحنات الكهربائية. تُساعد خلايا شوان على سرعة انتقال الإشارات العصبية (الشحنات الكهربائية) في العصبونات وكذلك لها دور في نمو العصبونات بعد تلفها. خلايا شوان تُحيط بنفسها إحاطة تامة حول العصبون بخلاف الخلايا الدبقية قليلة التغصنات في الجهاز العصبي المركزي.



الجهاز العصبي المركزي

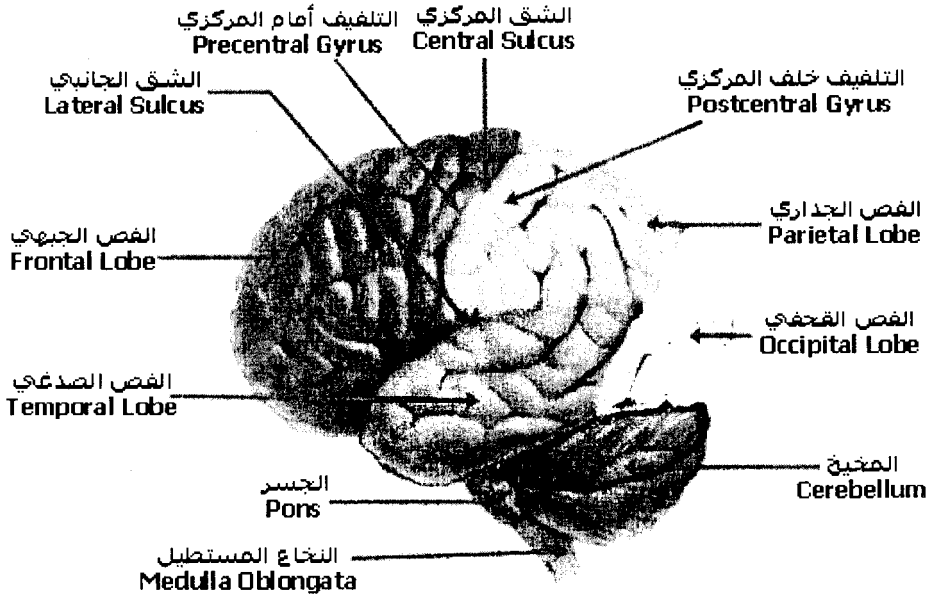
يتكون الجهاز العصبي المركزي في الإنسان من الدماغ Brain والنخاع الشوكي أو الحبل الشوكي Spinal Cord.

ويتكون الدماغ من:

١- المخ Cerebrum.

٢- جذع المخ Brainstem، والذي يتضمن الدماغ الأوسط Midbrain والجسر Pons والنُخاع المستطيل Medulla Oblongata.

٣- المُخيخ Cerebellum.



في المخ تكون أجسام العصبونات مُتركزة في الطبقة الخارجية (قشرة المخ) Cerebral Cortex ويكون لونها رماديًا ولهذا تُسمى المادة الرمادية Grey Matter ومحاور العصبونات موجودة في الداخل ويكون لونها أبيضًا ولهذا تُسمى المادة البيضاء White Matter، وفي المادة البيضاء يوجد تجمعات لأجسام عصبونات وهذه التجمعات تُسمى نواة Nucleus أو عُقدة Ganglion. في الحبل الشوكي يكون العكس المادة البيضاء (محاور العصبونات) في الخارج والمادة الرمادية (أجسام العصبونات) في الداخل.

يقسم الشق الطولاني الإنسي (الداخلي) Medial Longitudinal Fissure المخ إلى نصفين غير مُنفصلين تمامًا عن بعضهما البعض، وهما نصف الكُرة المخي الأيمن Right Cerebral Hemisphere ونصف الكُرة المخي الأيسر Left Cerebral Hemisphere. ونصف الكُرة الأيمن يتحكم بالجانب الأيسر من الجسم وبالعكس نصف الكُرة الأيسر يتحكم بالجانب الأيمن من الجسم، وأحدهما يكون نصف الكُرة المُخي المُسيطر Dominant Cerebral Hemisphere، فالأشخاص الذين يستعملون

اليد اليمنى يكون نصف الكُرة المخي الأيسر هو المُسيطر عندهم والأشخاص الذين يستعملون اليد اليسرى يكون نصف الكُرة المخي الأيمن هو المُسيطر عندهم. و بما أن أغلب الناس يستخدمون اليد اليمنى فإن الغالب أن يكون نصف الكُرة المخي الأيسر هو المُسيطر.

تتجعد المادة الرمادية في المخ على شكل تلافيف Gyri ومُفرده تلفيف Gyrus، وهذا لزيادة مساحة سطح المُخ وبين التلاليف يوجد شقوق وهذه الشقوق لها أسماء ومهمة في معرفة التلافيف المختلفة من المخ وسوف نذكر التلاليف والشقوق المهمة منها ووظائفها.

وينقسم كل من نصف الكرة المخي في السطح الخارجي إلى أربعة (٤) فصوص، وهما:

١- **الفص الجبهي Frontal Lobe**: وهو مسؤول عن التحكم بالعواطف والانفعالات في الإنسان وشخصيته، وكذلك مهم لتعلم وممارسة المهارات الحسية الحركية المُعقدة، فالأشخاص الذين لديهم تلف في هذا الفص لا يُقدّرون المواقف الاجتماعية وكيفية التصرف الملائم لهذه المواقف ولا يتحكمون بعواطفهم فتراهم يضحكون تارة ويبكون تارة وأي شيء يخطر على بالهم يقومون به دون تقييمه ما إذا كان فعل مُناسب في هذا الموقف أم لا. كذلك يحتوي التلفيف الجبهي السُفلي في الجزء الخلفي منه في نصف الكرة المُخي المُسيطر على منطقة بروكاس Broca's Area وهي المنطقة المسئولة عن التكلم وتلفها يؤدي إلى الحُبسة الحركية Motor Aphasia، حيث أن الشخص المُصاب يعرف ما يريد أن يقوله ولكنه لا يستطيع أن يتكلم أو يكون كلامه بطيء وغير مفهوم بالرغم من عدم وجود شلل في عضلات اللسان والحلق والحنجرة. التلفيف أمام الشق المركزي Precentral Gyrus وجدار الشق المركزي Central Sulcus الأمامي يحتويان على القشرة الحركية Motor Cortex المسؤولة عن حركة العضلات الإرادية في الجانب المُعاكس من الجسم، أي

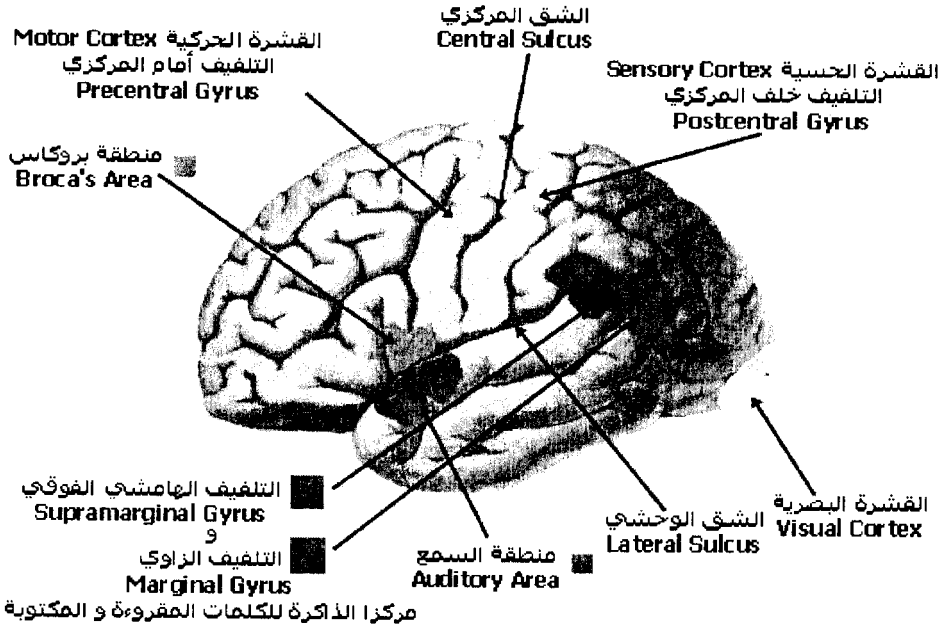
القشرة الحركية في نصف الكرة المخي الأيمن مسؤولة عن حركة عضلات الجانب الأيسر من الجسم وبالعكس القشرة الحركية في نصف الكرة المخي الأيسر مسؤولة عن حركة عضلات الجانب الأيمن من الجسم، وتلف هذه المنطقة يؤدي إلى شلل في الجانب المُعاكس من الجسم. في القشرة الحركية تكون أعضاء الجسم ممثلة بالمقلوب، أي الجزء السُفلي من القشرة الحركية يتحكم في اللسان والحنجرة ومن ثم الوجه وهكذا وفي الأعلى تكون منطقة التحكم بعضلات القدم.

٢- **الفص الجداري Parietal Lobe**: ويحتوي على التلفيف خلف المركزي Postcentral Gyrus وهذا التلفيف مع الجدار الخلفي للشق المركزي يحتويان على القشرة الحسيّة Sensory Cortex المسؤولة عن الإحساس في الجانب المُعاكس من الجسم. و تلف هذه المنطقة يؤدي إلى فقد الإحساس في الجانب المُعاكس من الجسم وتكون أعضاء الجسم ممثلة بالمقلوب كما هو في القشرة الحركية.

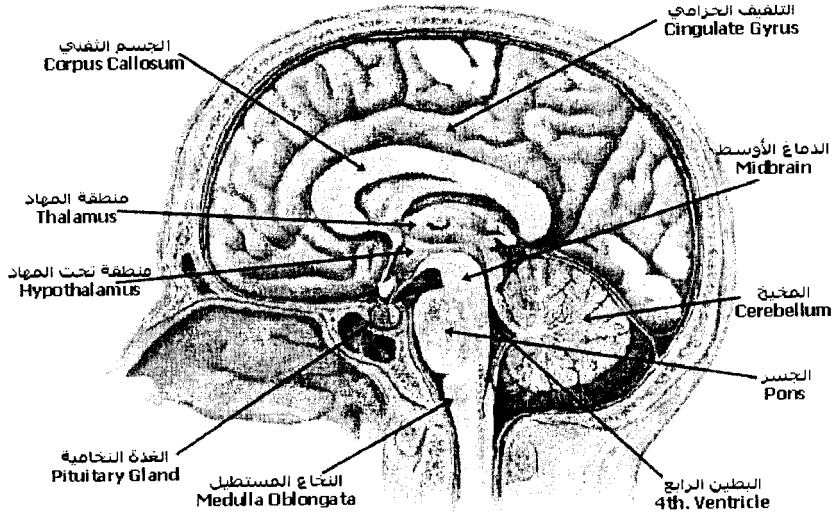
٣- **الفص الصدغي Temporal Lobe**: ويحتوي التلفيف الصدغي العلوي Superior Temporal Gyrus على مناطق السمع وكذلك يحتوي على التلفيف الهامشي الفوقي Supramarginal Gyrus والتلفيف الزاوي Marginal Gyrus وهما يحتويان على الذاكرة الخاصة بالكلمات المقروءة والمكتوبة وتلف هذه المنطقة يؤدي إلى خلل القراءة (صعوبة القراءة وتعلمها) Dyslexia.

٤- **الفص القذّالي Occipital Lobe**: يقع في مؤخرة المخ ويحتوي على مركز الإبصار وتلف المنطقة يؤدي إلى العمى.

كما ذكرنا سابقًا فإن نصفي المخ ليسا مفصولين عن بعضهما تمامًا، يمكن القول بأنهم مفصولان عن بعضهما في الجزء العلوي، ففي السطح الداخلي يتصلان مع بعضهما البعض بواسطة الجسم الثفني Corpus Callosum وهو عبارة عن ألياف عصبية (محاور عصبونات) توصل بين مناطق متشابهة في نصفي المخ. وفوقه يكون



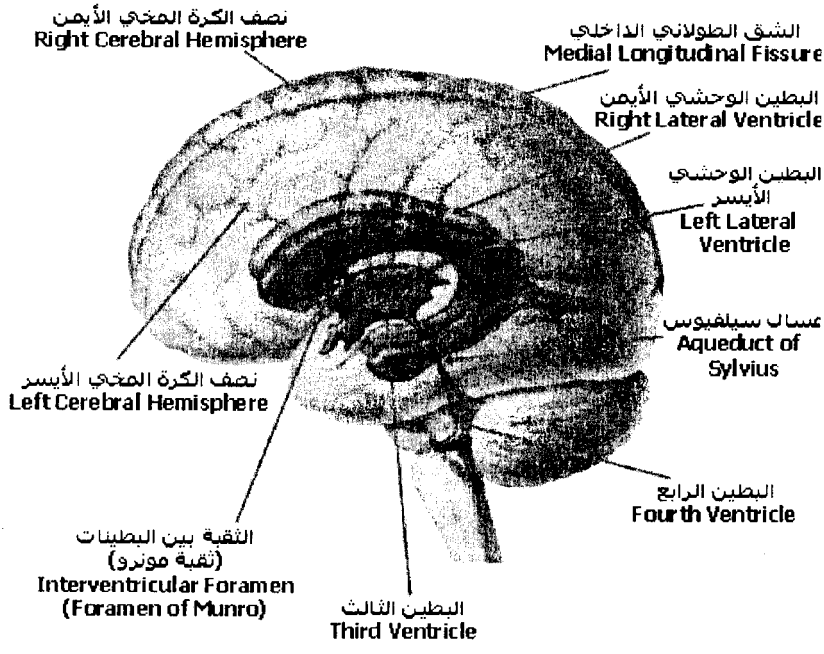
التلفيف الحِزامي Cingulate Gyrus وهو جزء من الجهاز الحُوفي Limbic system والذي يتحكم في العواطف والأحاسيس لدى الإنسان. تحت الجسم الثفني يكون البطين الجانبي (الوحشي) Lateral Ventricle، ويوجد بُطينان، واحد أيمن وآخر أيسر ويتصل كل منهما بالبطين الثالث Third Ventricle بواسطة الثُقبة وسط (بين) البُطينات Interventricular Foramen أو ثُقبة مونرو Foramina of Munro ويتصل البُطين الثالث بالبطين الرابع Fourth Ventricle الذي يقع في جذع الدماغ بواسطة مَسال سيلفيوس Aqueduct of Sylvius الذي يعبر خلال الدماغ الأوسط. وبعدها يتصل البطين الرابع بالقناة المركزية Central Canal في الحبل الشوكي وهذه الأربعة بُطينات والقناة المركزية تحتوي على السائل المُخي الشوكي (أو النُخاعي) CerebroSpinal Fluid.

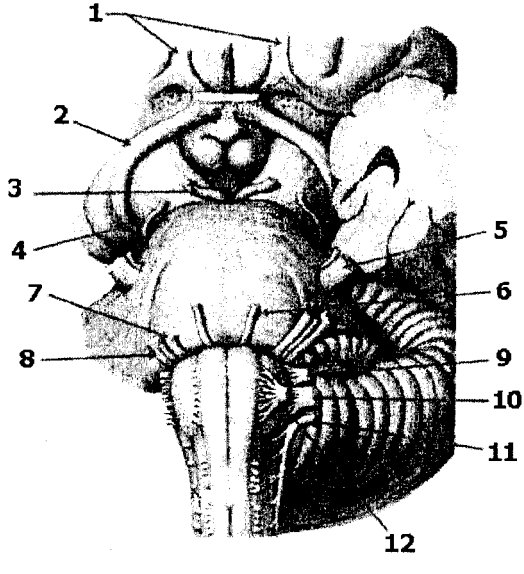


رسم لسطح الدماغ الداخلي(*)، المنطقة الخضراء هي امتداد للقشرة الحركية والصفراء امتداد للقشرة الحسية، المنطقة بالتركواز هي مركز الإبصار في الفص القذالي والمنطقة الحمراء هي مركز الإبصار الدقيق.

الدماغ الأوسط Midbrain والجسر Pons والنُخاع المُستطيل Medulla Oblongata يكونون جذع الدماغ Brainstem. ويقع الدماغ الأوسط فوق الجسر والجسر فوق النُخاع المُستطيل والذي يكون مُتصلًا بالحبل الشوكي وخلفهم يقع المُخيخ Cerebellum، ويتصل المُخيخ بجذع الدماغ عن طريق السويقة المُخيخية العلوية Superior Cerebellar Peduncle والسويقة المُخيخية السُفلى Inferior Cerebellar Peduncle. يوجد في الدماغ الأوسط مراكز ردة الفعل البصري، مثال ذلك عندما تلمس يداك شيء أو يلفت نظرك شيء وتُريد أن تراه أو تتفحصه عن قرب فإنك تلتفت نحوه وتركز بصرك عليه أو تقربه منك وهكذا. وكذلك يحتوي الدماغ الأوسط على مراكز ردة الفعل السمعي، مثال ذلك تسمع صوتًا ما فتلتفت نحو مصدر الصوت لترى ما هو. ويحتوي الدماغ الأوسط على نواة للأعصاب القحفية الثالث والرابع والخامس.

(*) انظر ملحق الصور ص 777، الصورة بالألوان مع الشرح.





رسم توضيحي للسطح السُفلي للدماغ يبين الأعصاب القحفية واتصالها بالدماغ، وهي مبينة حسب أرقامها التسلسلية.

الجسر يحتوي على نواة للأعصاب القحفية الخامس والسادس والسابع والثامن كذلك، والنُخاع المستطيل يحتوي على نواة للأعصاب القحفية التاسع والعاشر والحادي عشر والثاني عشر. والأعصاب القحفية Cranial Nerves تُشكل جزء من الجهاز العصبي المُحيطي Peripheral Nervous System وسوف نذكر أسمائها بالترتيب التسلسلي لها ووظيفتها:

١- العصب الشمي Olfactory Nerve المسؤول عن حاسة الشم لدى الإنسان.

٢- العصب البصري Optic Nerve المسؤول عن الإبصار لدى الإنسان.

٣- العصب المُحرك للعين Oculomotor Nerve ويُغذي عضلات العين الخارجية المسؤولة عن حركة العين كلها ما عدا العضلة المستقيمة الوحشية والعضلة المائلة العلوية. ويحمل معه ألياف عصبية ودية Sympathetic Fibers مسؤولة عن ردة فعل العين للضوء (المُنعكس الضيائي) Light reflex وكذلك مُنعكس التكيف Accommodation Reflex مثال ذلك تكيف العين للقراءة عن قرب.

٤- العصب البكري Trochlear Nerve، يُغذي العضلة المائلة العلوية للعين.

٥- العصب الثُلاثي التوائم Trigeminal Nerve، عصب حسي للوجه (الإحساس) وفروة الرأس وكذلك يحمل ألياف حركية لعضلات المضغ.

٦- العصب المُبعد Abducens Nerve ويُغذي العضلة المستقيمة الوحشية للعين.

٧- العصب الوجهي Facial Nerve، ويُغذي العضلات السطحية للوجه (عضلات التعبير مثل الابتسام والعبوس) ويحمل ألياف حسية للألم والحرارة من الأذن وكذلك ألياف حسية للتذوق في الثلثين الأماميين من اللسان وألياف لاودية Parasympathetic Fibers للغدد اللعابية.

٨- العصب الدهليزي القوقعي Vestibulcochlear Nerve، العصب المسؤول عن السمع والتوازن عند الإنسان.

٩- العصب اللساني البلعومي Glossopharyngeal Nerve، يحمل ألياف حسية

من الثلث الأخير من اللسان وألياف لاودية للغدد اللعابية وألياف حركية لعضلات البلعوم.

١٠ - العصب المُبهم Vagus Nerve ويحمل ألياف لاودية Parasympathetic Fibers لأعضاء الصدر والجهاز الهضمي والقلب، مثال تحفيز العصب المُبهم يُقلل من سرعة ضربات القلب ويزيد من حركة الأمعاء. وكذلك يحمل ألياف حركية لعضلات الحلق والبلعوم والحنجرة.

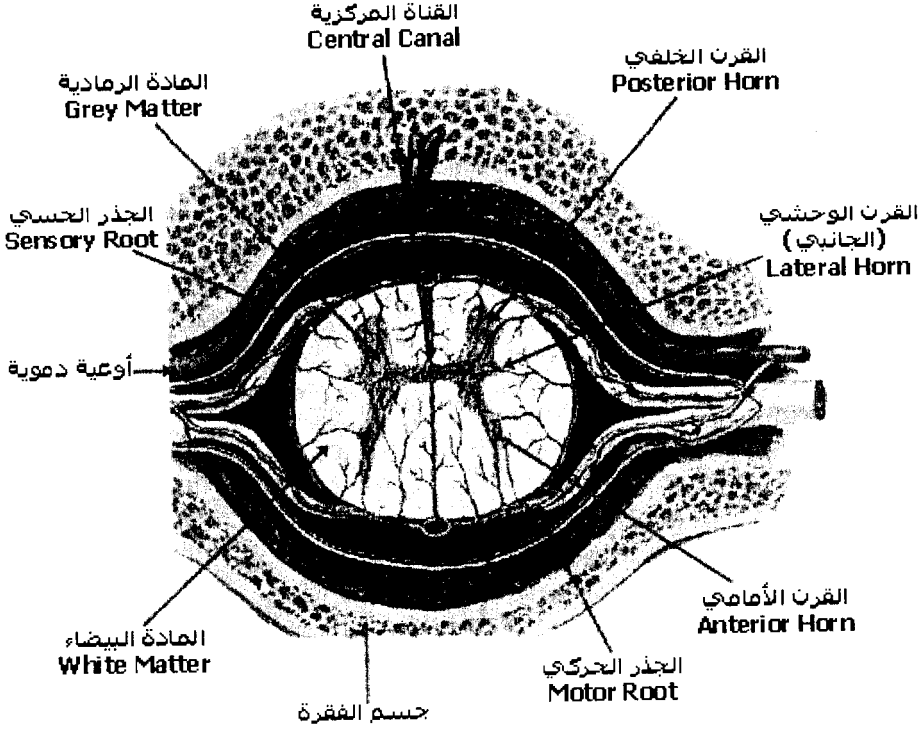
١١ - العصب الإضافي Accessory Nerve ويُغذي عضلات الحنجرة والبلعوم مع العصب المُبهم وفرع منه يُغذي عضلات إرادية في الرقبة.

١٢ العصب تحت اللسان Hypoglossal Nerve وهو العصب المُحرك للسان أي يُغذي عضلات اللسان.

المُخيخ يُنظم حركات العضلات لتكون مُتناغمة وكذلك التوازن عند الإنسان حيث أنه مسؤول عن الإحساس بوضع الجسم في الفضاء، فإذا كان لدى شخص تلف في المخيخ فإنه يترنح أثناء المشي ولا يستطيع أن يسير في مسار مستقيم وكذلك ترتجف يداه عندما يريد أن يلتقط شيء ما، وكذلك كلامه يكون بطيء وغير واضح وارتجالي.

الحبل الشوكي Spinal Cord يبدأ بعد النخاع المستطيل ويمتد للأسفل في القناة الفقارية Vertebral Canal في العمود الفقاري Vertebral Column إلى الفقرة القطنية الثانية، وبعدها ينتهي على شكل ذنب الفرس Cauda Equina. والمادة الرمادية في الحبل الشوكي تكون على شكل حرف H والذراع الأمامي يُسمى القرن الأمامي Anterior Horn والخلفي القرن الخلفي Posterior Horn وعلى الجانب القرن الجانبي (الوحشي) Lateral Horn والمادة الرمادية تتكون من أجسام العصبونات، والقرن الأمامي ينشأ منه الجذر الحركي Motor Root ومنه الأعصاب الحركية للعضلات الإرادية، والقرن الخلفي حسي وتدخل الأعصاب الحسية الآتية من أعضاء مختلفة من

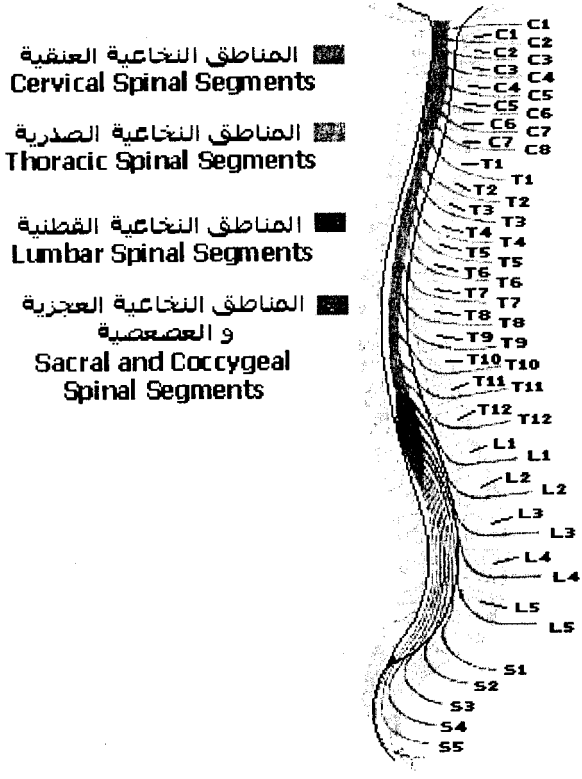
الجسم القرن الخلفي عن طريق الجذر الحسي Sensory Root وتجري القناة المركزية في وسط المادة الرمادية. المادة البيضاء والتي تتكون من محاور العصبونات تُحيط بالمادة الرمادية في الحبل الشوكي وهي عبارة عن ألياف عصبية صاعدة، مثل السبيل الشوكي المُخيخي Spinocerebellar Tract والذي يحمل معلومات حسية وضعية للمخيخ حتى يستطيع الشخص من التوازن وتعديل وضعه، ومثال آخر السبيل الشوكي السريري Spinothalamic Tract والذي يحمل الإحساس الحراري للسرير (أو المهاد) Thalamus في المخ حتى يتمكن الجسم من تنظيم حرارته. وألياف عصبية هابطة مثل السبيل القشري الشوكي Corticospinal Tract والذي يحمل الأوامر من القشرة الحركية إلى القرن الأمامي ومنه للأعصاب الحركية عن طريق الجذر الحركي لكي يقوم الجسم بالحركة المطلوبة منه حسب الموقف.



تخرج الأعصاب الحركية من الحبل الشوكي على شكل أزواج، أي واحد من يمين وآخر من يسار الجهة الأمامية للحبل الشوكي، وتدخل الأعصاب الحسية كذلك في جانبي الحبل الشوكي من الخلف واحد من اليمين والآخر من اليسار، أي زوج حركي وزوج حسي. وهذا هو الحال على طول الحبل الشوكي حتى يُغذي كل أعضاء الجسم وكذلك ينقل منها المعلومات للدماغ. والمناطق التي يخرج منها الأعصاب في الحبل الشوكي تُسمى المناطق الشوكية (النُخاعية) Spinal Segments، تُسمى هذه المناطق حسب الفقرة في العمود الفقاري ويوجد ٣١ منطقة شوكية مُقسمة كالآتي:

- ٨ مناطق عُنقية (في الرقبة) Cervical Segments (C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7,C8).
- ١٢ منطقة صدرية Thoracic Segments (T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,T11,T12).
- ٥ مناطق قطنية Lumbar Segments (L1,L2,L3,L4,L5).
- ٥ مناطق عجزية Sacral Segments (S1,S2,S3,S4,S5).
- ١ منطقة عُصعصية Coccygeal Segment.

و هذه الأرقام هي نفسها عدد الأعصاب الشوكية (النخاعية) Spinal Nerves التي تنشأ من الحبل الشوكي وتحمل نفس تسمية المنطقة التي تنشأ منها، مثال، العصب الشوكي الصدري الأول T1 Spinal Nerve ينشأ من المنطقة الشوكية الصدرية الأولى T1 Spinal Segment.



رسم توضيحي يبين المناطق النخاعية (الشوكية) وكذلك الأعصاب الشوكية التي تنشأ منها.

يُغلف الجهاز العصبي المركزي ٣ أغشية وهي من الداخل للخارج:

١- الأم الحنون Pia Matter.

٢- الأم العنكبوتية Arachnoid Matter.

٣- الأم الجافية Dura Matter.

الجهاز العصبي المُحيطي

يتكون الجهاز العصبي المُحيطي من:

١- الأعصاب المُحيطية الحركية Peripheral Motor Nerves والتي تنشأ من الحبل الشوكي وتُغذي العضلات الإرادية في الجسم.

٢- الأعصاب المُحيطية الحسية Peripheral Sensory Nerves والتي تحمل الإحساس بجميع أنواعه من ألم وضغط ولمس وحرارة والإحاسيس العميقة والإحساس بمواضع الدماغ عن طريق الحبل الشوكي.

٣- الأعصاب القحفية Cranial Nerves وقد ذكرناها سابقًا.

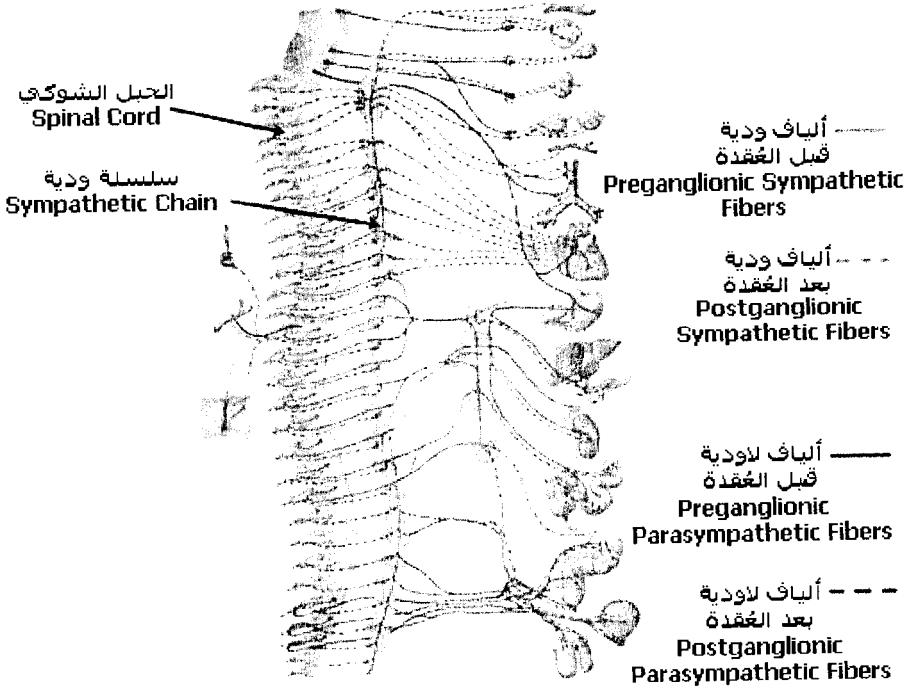
٤- الجهاز العصبي المُستقل Autonomous Nervous System الذي يُغذي العضلات اللاإرادية مثل عضلة القلب والرئتين والجهاز الهضمي وكذلك الغدد الصماء وجدار الأوعية الدموية. ويتألف من الجهاز العصبي الودي Sympathetic Nervous System والجهاز العصبي اللاودي Parasympathetic Nervous System.

الجهاز العصبي الودي ينشأ من القرن الجانبي للحبل الشوكي، وألياف ما قبل العُقدة الودية Preganglionic Sympathetic Fibers تخرج ابتداءً من القطعة النُخاعية الصدرية الأولى T1 إلى القطعة النُخاعية القطنية الثانية L2، وبعد خروجها تكون عُقد على جانبي العمود الفقاري وهذه السلسلة من العقد تُسمى بالسلسلة الودية Sympathetic Chain ومن هذه السلسلة تنشأ ألياف ما بعد العُقدة الودية Postganglionic Sympathetic Fibers التي تُغذي الجسم بأكمله بألياف الجهاز العصبي الودي. وعادة يوجد ١١ عُقدة صدرية Thoracic Ganglion و٤ قطنية Lumbar Ganglion و٤ عجزية Sacral Ganglion في كل من السلسلتين ويوجد في الرقبة ٣ عُقد ودية.

وخير مثال على عمل الجهاز الودي هي الحالة التي يحس بها الإنسان عند مواجهة الخطر، مثال ذلك مُصادفة أسد في الغابة، تتسارع ضربات قلبك وتتسع حدقة عينك

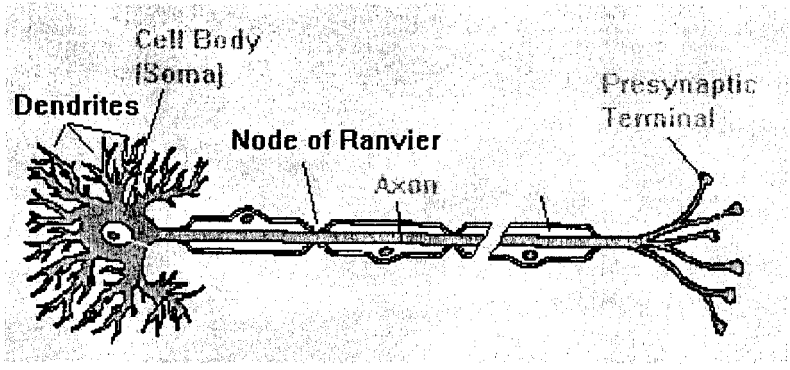
ويقف شعر بدنك وتتوسع القصبات الهوائية والأوعية الدموية في العضلات وتحس بأنك تستطيع أن تسبق الحصان في الجري وتتضيق الأوعية الدموية في الجلد فتحس بالبرودة ويزيد التعرق ويتقلص صمام المثانة البولية، وتنشأ ألياف الجهاز العصبي الودي من القرن الوحشي في الحبل الشوكي.

أما عمل الجهاز العصبي اللاودي يؤدي إلى التقليل من ضربات القلب وزيادة إفراز الغدد اللعابية وزيادة حركة الأمعاء وتوسع الأوعية الدموية في الجلد وارتخاء صمام المثانة البولية وتضيق حدقة العين وتحرك العينين للداخل (لوضوح الرؤية القريبة). وتنشأ ألياف هذا الجهاز من القطع النُخاعية العجزية Sacral Segments الثانية والثالثة والرابعة من الحبل الشوكي (S2,S3,S4) وكذلك تكون محمولة في العصب القحفي الثالث والسابع والتاسع والعاشر (راجع الأعصاب القحفية في الأعلى).



رسم توضيحي يبين الجهاز العصبي المُستقل وأليافه قبل العُقدة وبعدها

والجهاز العصبي هو الجهاز الذي ينظم أوجه النشاط المتباين الذي تقوم به أعضاء الجسم المختلفة ويتعاون في هذا المجال مع الجهاز الهرموني ويعتبر الجهاز العصبي من أهم الأجهزة بالجسم وأكثرها تعقيدًا.



الخلية العصبية

تعتبر الخلية العصبية خلية متخصصة بلغت أعلى درجات التخصص.

خصائص الخلية العصبية:

وللخلية العصبية خاصيتان أساسيتان هما:

١- الاستثارة.

٢- التوصيل.

فالخلية العصبية قادرة على استقبال المؤثرات الحسية سواء من البيئة الخارجية أو الداخلية ولها القدرة على توصيل الإشارات العصبية إلى أجزاء الجسم المختلفة التي تستجيب لتلك المؤثرات وبذلك تعمل الخلية العصبية على التنسيق والتكامل بين نشاطات الأعضاء المختلفة.

والخلية العصبية صغيرة الحجم جدًّا وتتكون من جسم الخلية وبروزات بروتوبلازمية تخرج من جسم الخلية تسمى زوائد الخلية.

ويحتوي جسم الخلية على نواة صغيرة بداخلها نوية أصغر ويحيط بالنواة سائل السيتوبلازما الذي يحتوي على حبيبات دقيقة تسمى حبيبات نيسل التي لا توجد إلا في الخلايا العصبية فقط وأيضًا يحتوي السيتوبلازما على جهاز جولجي والميتوكوندريا.

الفعل الانعكاسي:

هو أبسط أنواع النشاط العصبي ويظهر هذا النشاط على شكل حركة أو إفراز وأساس هذا الفعل الانعكاسي هو ما يسمى بالقوس الانعكاسي وأبسط مثال للفعل الانعكاسي هو ما يحدث عندما تلمس اليد جسمًا ساخنًا حيث يلاحظ أن اليد تتحرك بسرعة بعيدًا عن الجسم.

ويتكون القوس الانعكاسي من خمسة أجزاء وهي:

١- عضو الاستقبال مثل أحد أعضاء الحس.

٢- خلية عصبية حسية.

٣- خلية عصبية رابطة.

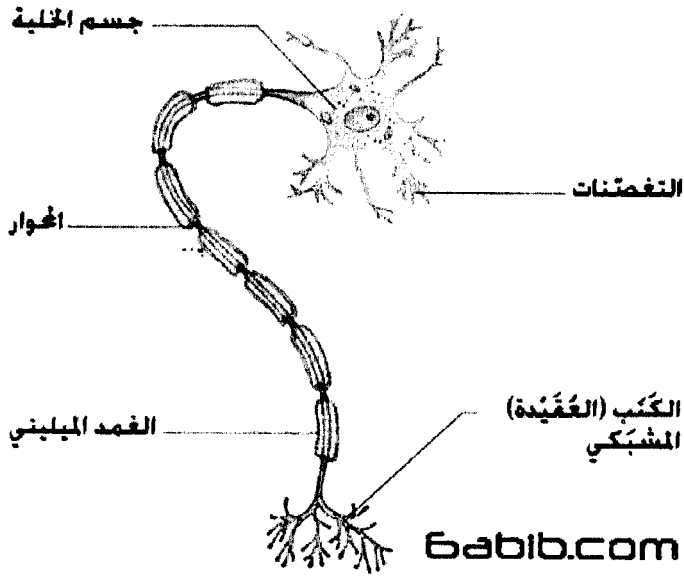
٤- خلية عصبية حركية.

٥- عضو استجابة مثل عضلة أو غدة.

والأعصاب تنقسم من حيث موقعها من العُقدة إلى نوعين:

١- أعصاب ما قبل العُقدة Pre-Ganglionic Nerves.

٢- أعصاب ما بعد العُقدة Post-Ganglionic Nerves.



يتلخص عمل الخلايا الدبقية بالآتي:

تعمل كدُعامة وسند للعصبونات.

تعمل كعازل للشحنات الكهربائية بين العصبونات وبين المشابك.

تعمل كناقل غذاء للعصبونات.

تعمل كمزيل للخلايا التالفة والميتة، وتفرز مواد مُحفزة لنمو العصبونات.

المحافظة على التركيبة الأيونية (الكهربائية) Ionic Composition للسوائل خارج العصبونات ExtraCellular Fluids.

في الحبل الشوكي يكون العكس المادة البيضاء (محاور العصبونات) في الخارج والمادة الرمادية (أجسام العصبونات) في الداخل.

يقسم الشق الطولاني الإنسي (الداخلي) Medial Longitudinal Fissure المخ إلى نصفين غير مُنفصلين تمامًا عن بعضهما البعض.

وهما نصف الكُرة المخي الأيمن Right Cerebral Hemisphere.

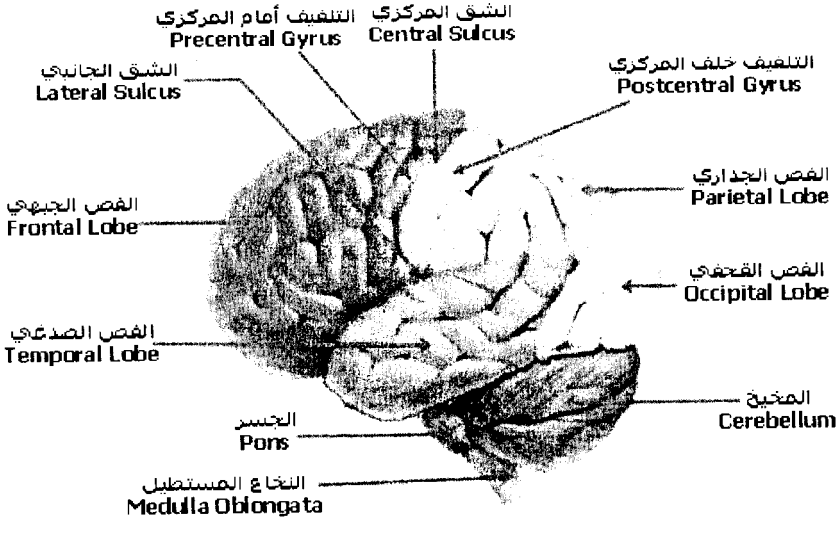
ونصف الكُرة المخي الأيسر Left Cerebral Hemisphere.

ونصف الكُرة الأيمن يتحكم بالجانب الأيسر من الجسم وبالعكس نصف الكُرة الأيسر يتحكم بالجانب الأيمن من الجسم، وأحدهما يكون نصف الكُرة المُخي المُسيطر Dominant Cerebral Hemisphere، فالأشخاص الذين يستعملون اليد اليمنى يكون نصف الكُرة المخي الأيسر هو المُسيطر عندهم، والأشخاص الذين يستعملون اليد اليسرى يكون نصف الكُرة المخي الأيمن هو المُسيطر عندهم.

وبما أن أغلب الناس يستخدمون اليد اليمنى فإن الغالب أن يكون نصف الكُرة المخي الأيسر هو المُسيطر.

تتجعد المادة الرمادية في المخ على شكل تلافيف Gyri ومُفرده تلفيف Gyrus، وهذا لزيادة مساحة سطح المُخ وبين التلاليف يوجد شقوق وهذه الشقوق لها أسماء ومهمة في معرفة التلافيف المختلفة من المخ وسوف نذكر التلاليف والشقوق المهمة منها ووظائفها.

وينقسم كل من نصف الكرة المخي في السطح الخارجي إلى أربعة (٤) فصوص، وهما:



الفص الجبهي Frontal Lobe

وهو مسؤول عن التحكم بالعواطف والانفعالات في الإنسان وشخصيته، وكذلك مهم لتعلم وممارسة المهارات الحسية الحركية المُعقدة، فالأشخاص الذين لديهم تلف في هذا الفص لا يُقدّرون المواقف الاجتماعية وكيفية التصرف الملائم لهذه المواقف ولا يتحكمون بعواطفهم فتراهم يضحكون تارة ويبكون تارة وأي شيء يخطر على بالهم يقومون به دون تقييمه ما إذا كان فعل مُناسب في هذا الموقف أم لا. ذلك يحتوي التلفيف الجبهي الُفلي في الجزء الخلفي منه في نصف الكرة المخي المسيطر على منطقة بروكاس Broca's Area وهي المنطقة المسؤولة عن التكلم وتلفها يؤدي إلى الحُبسة الحركية Motor Aphasia.

حيث أن الشخص المُصاب يعرف ما يريد أن يقوله ولكنه لا يستطيع أن يتكلم أو يكون كلامه بطيء وغير مفهوم بالرغم من عدم وجود شلل في عضلات اللسان والحلق والحنجرة.

اللفيف أمام الشق المركزي Precentral Gyrus وجدار الشق المركزي Central Sulcus الأمامي يحتويان على القشرة الحركية Motor Cortex المسؤولة عن حركة العضلات الإرادية في الجانب المُعاكس من الجسم، أي القشرة الحركية في نصف الكرة المخي الأيمن مسؤولة عن حركة عضلات الجانب الأيسر من الجسم، وبالعكس القشرة الحركية في نصف الكرة المخي الأيسر مسؤولة عن حركة عضلات الجانب الأيمن من الجسم وتلف هذه المنطقة يؤدي إلى شلل في الجانب المُعاكس من الجسم.

في القشرة الحركية تكون أعضاء الجسم ممثلة بالمقلوب، أي الجزء السُفلي من القشرة الحركية يتحكم في اللسان والحنجرة ومن ثم الوجه وهكذا وفي الأعلى تكون منطقة التحكم بعضلات القدم.

الفص الجداري Parietal Lobe

ويحتوي على التلفيف خلف المركزي Postcentral Gyrus وهذا التلفيف مع الجدار الخلفي للشق المركزي يحتويان على القشرة الحسيّة Sensory Cortex المسؤولة عن الإحساس في الجانب المُعاكس من الجسم في هذه المنطقة يؤدي إلى فقد الإحساس في الجانب المُعاكس من الجسم وتكون أعضاء الجسم ممثلة بالمقلوب كما هو في القشرة الحركية.

الفص الصدغي Temporal Lobe

و يحتوي التلفيف الصدغي العلوي Superior Temporal Gyrus على مناطق السمع وكذلك يحتوي على التلفيف الهامشي الفوقي Supramarginal Gyrus والتلفيف الزاوي Marginal Gyrus وهما يحتويان على الذاكرة الخاصة بالكلمات المقروءة والمكتوبة وتلف هذه المنطقة يؤدي إلى خلل القراءة (صعوبة القراءة وتعلمها) Dyslexia.

الفص القذّالي Occipital Lobe

يقع في مؤخرة المخ ويحتوي على مركز الإبصار وتلف المنطقة يؤدي إلى العمى.

كما ذكرنا سابقًا فإن نصفي المخ ليسا مفصولين عن بعضهما تمامًا، يمكن القول بأنهم مفصولان عن بعضهما في الجزء العلوي، ففي السطح الداخلي يتصلان مع بعضهما البعض بواسطة الجسم الثفني Corpus Callosum وهو عبارة عن ألياف عصبية (محاور عصبونات) توصل بين مناطق متشابهة في نصفي المخ. وفوقه يكون التلفيف الحِزامي Cingulate Gyrus وهو جزء من الجهاز الحُوفي Limbic system والذي يتحكم في العواطف والأحاسيس لدى الإنسان.

تحت الجسم الثفني يكون البطين الجانبي (الوحشي) Lateral Ventricle، ويوجد بُطينان، واحد أيمن وآخر أيسر ويتصل كل منهما بالبطين الثالث Third Ventricle بواسطة

الثُقبة وسط بين) البُطينات Interventricular Foramen أو ثُقبة مونرو Foraminaو يتصل البُطين الثالث بالبطين الرابع Fourth Ventricle الذي يقع في جذع الدماغ بواسطة مَسال سيلفيوس Aqueduct of Sylvius الذي يعبر خلال الدماغ الأوسط.

وبعدها يتصل البطين الرابع بالقناة المركزية Central Canal في الحبل الشوكي وهذه الأربعة بُطينات والقناة المركزية تحتوي على السائل المُخي الشوكي (أو النُخاعي) CerebroSpinal Fluid.

الدماغ الأوسط Midbrain، والجسر Pons، والنُخاع المُستطيل Medulla Oblongata، يكونون جذع الدماغ Brainstem.

ويقع الدماغ الأوسط فوق الجسر والجسر فوق النُخاع المُستطيل والذي يكون مُتصلًا بالحبل الشوكي وخلفهم يقع المُخيخ Cerebellum، ويتصل المُخيخ بجذع الدماغ عن طريق السويقة المُخيخية العلوية Superior Cerebellar Peduncle، والسويقة المُخيخية السُفلى Inferior Cerebellar Peduncle. يوجد في الدماغ الأوسط مراكز ردة الفعل البصري، مثال ذلك عندما تلمس يداك شيء أو يلفت نظرك شيء وتُريد أن تراه أو تتفحصه عن قرب فإنك تلتفت نحوه وتركز بصرك عليه أو تقربه منك وهكذا.

وكذلك يحتوي الدماغ الأوسط على مراكز ردة الفعل السمعي، مثال ذلك تسمع صوتًا ما فتلتفت نحو مصدر الصوت لترى ما هو. ويحتوي الدماغ الأوسط على نواة للأعصاب القحفية الثالث والرابع والخامس، الجسر يحتوي على نواة للأعصاب القحفية الخامس والسادس والسابع والثامن كذلك والنُخاع المستطيل يحتوي على نواة للأعصاب القحفية التاسع والعاشر والحادي عشر والثاني عشر.

والأعصاب القحفية Cranial Nerves تُشكل جزءًا من الجهاز العصبي المُحيطي Peripheral Nervous System وسوف نذكر أسمائها بالترتيب التسلسلي لها ووظيفتها:

العصب الشمي Olfactory Nerve المسؤول عن حاسة الشم لدى الإنسان.

العصب البصري Optic Nerve المسؤول عن الإبصار لدى الإنسان.

العصب المُحرك للعين Oculomotor Nerve ويُغذي عضلات العين الخارجية المسؤولة عن حركة العين كلها ما عدا العضلة المستقيمة الوحشية والعضلة المائلة العلوية.

ويحمل معه ألياف عصبية ودية Sympathetic Fibers مسؤولة عن ردة فعل العين للضوء (المُنعكس الضيائي) Light reflex وكذلك مُنعكس التكيف Accommodation Reflex مثال ذلك تكيف العين للقراءة عن قرب.

العصب البكري Trochlear Nerve، يُغذي العضلة المائلة العلوية للعين.

العصب الثُلاثي التوائم Trigeminal Nerve، عصب حسي للوجه (الإحساس) وفروة الرأس وكذلك يحمل ألياف حركية لعضلات المضغ.

العصب المُبعد Abducens Nerve، ويُغذي العضلة المستقيمة الوحشية للعين.

العصب الوجهي Facial Nerve، ويُغذي العضلات السطحية للوجه (عضلات التعبير مثل الابتسام والعبوس) ويحمل ألياف حسية للألم والحرارة من الأذن وكذلك ألياف حسية للتذوق في الثلثين الأماميين من اللسان وألياف لاودية Parasympathetic Fibers للغدد اللعابية.

العصب الدهليزي القوقعي Vestibulcochlear Nerve، العصب المسؤول عن السمع والتوازن عند الإنسان.

العصب اللساني البلعومي Glossopharyngeal Nerve، يحمل ألياف حسية من الثلث الأخير من اللسان وألياف لاودية للغدد اللعابية وألياف حركية لعضلات البلعوم.

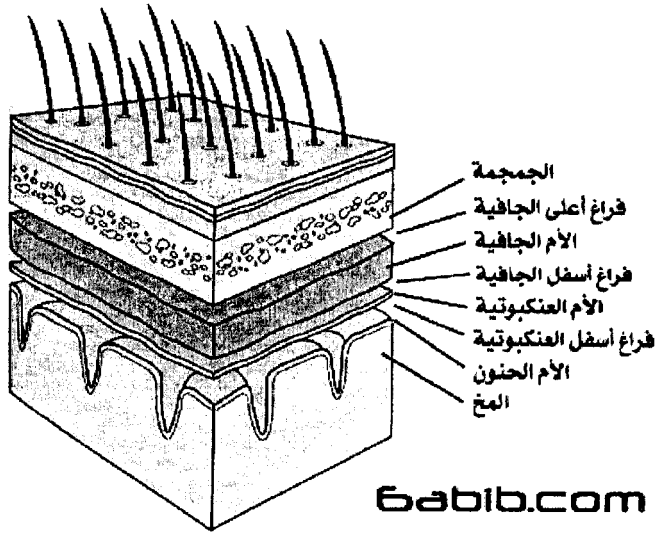
العصب المُبهم Vagus Nerve، ويحمل ألياف لاودية Parasympathetic Fibers لأعضاء الصدر والجهاز الهضمي والقلب، مثال تحفيز العصب المُبهم يُقلل من سرعة ضربات القلب ويزيد من حركة الأمعاء. وكذلك يحمل ألياف حركية لعضلات الحلق والبلعوم والحنجرة.

العصب الإضافي Accessory Nerve، ويُغذي عضلات الحنجرة والبلعوم مع العصب المُبهم، وفرع منه يُغذي عضلات إرادية في الرقبة.

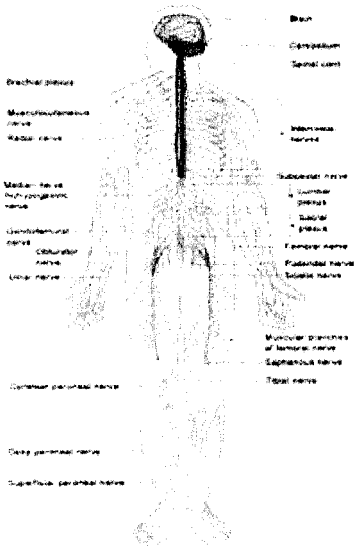
العصب تحت اللسان Hypoglossal Nerve، و هو العصب المُحرك للسان أي يُغذي عضلات اللسان.

المُخيخ

يُنظم حركات العضلات لتكون مُتناغمة وكذلك التوازن عند الإنسان حيث أنه مسؤول عن الإحساس بوضع الجسم في الفضاء؛ فإذا كان لدى شخص تلف في المخيخ فإنه يترنح أثناء المشي ولا يستطيع أن يسير في مسار مستقيم وكذلك ترتجف يداه عندما يريد أن يلتقط شيء ما، و كذلك كلامه يكون بطء وغير واضح وارتجالي.



الجهاز العصبي للفقاريات

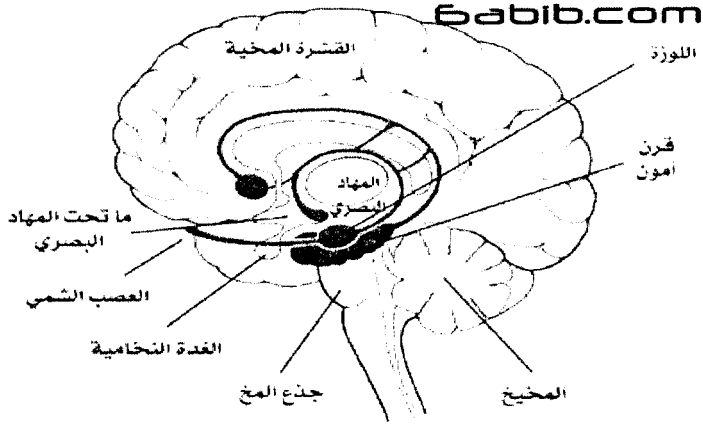


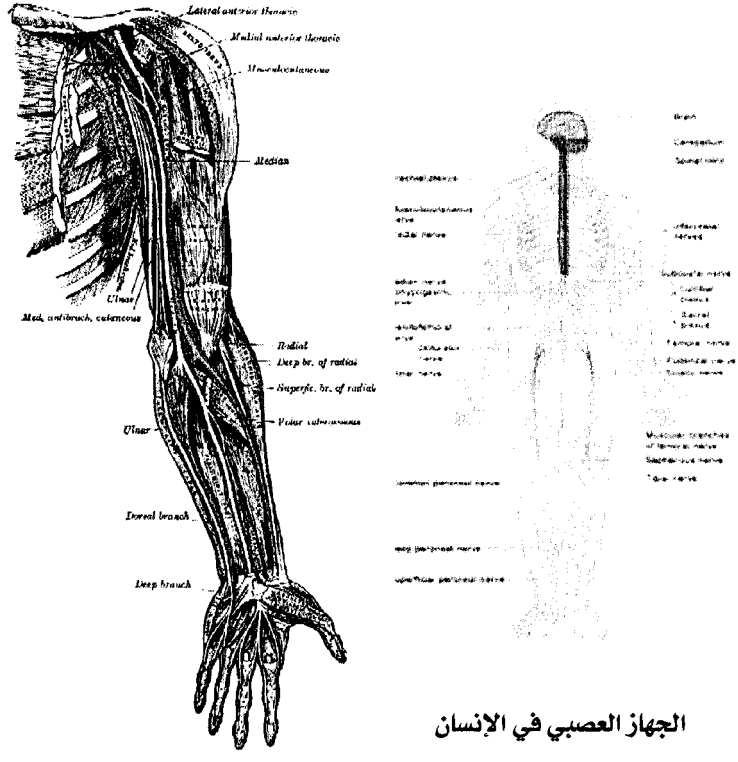
رسم توضيحي للجهاز العصبي في الإنسان بشقيه المركزي والمحيطي

العصب عبارة عن حزمة داخلية من شعيرات دقيقة مرتبطة عبر المحاور العصبية مسؤولة عن نقل الإشارات بين الجهاز العصبي المركزي والأعضاء المختلفة. تقوم الأعصاب الموردة بنقل الإشارات من الأعضاء المختلفة إلى الجهاز العصبي المركزي، فيما تقوم الأعصاب المصدرة بنقل الإشارات من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات والغدد المختلفة.

تتكون الشعيرات العصبية التي تكون الأعصاب من محاور الخلايا العصبية (عصبونات)، بينما يكون جسم الخلية العصبية نفسه موجودًا داخل الجهاز العصبي المركزي أو في تجمعات عصبية تعرف بالعقد العصبية.

أما مجموعة الأعصاب في الكائن الحي فهي تشكل الجهاز العصبي الفرعي.





الجهاز العصبي في الإنسان

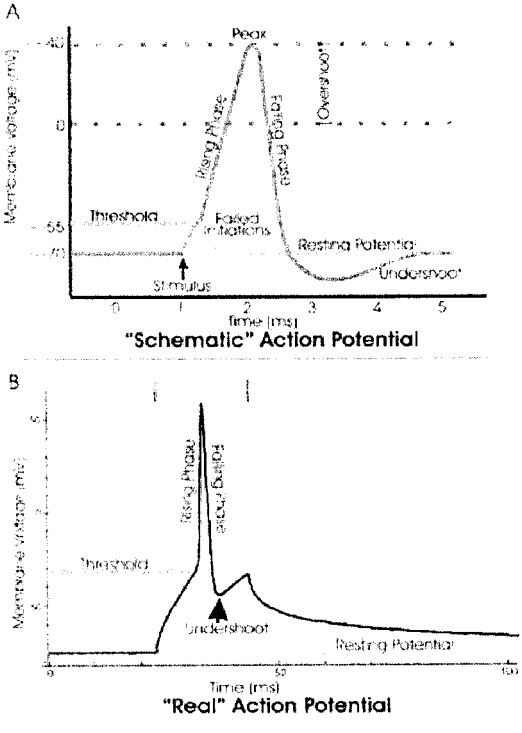
مثال على الأعصاب في الطرف العلوي (الذراع)

كمون الفعل Action Potential

هو الموجة المتشكلة من التفريغ الكهربائي لتوتر الغشاء الخلوي، والتي تنتقل من منطقة إلى مجاورتها على طول الغشاء الخلوي لأي خلية حية وبشكل خاص على محور الخلية العصبية أو الخلايا العضلية. هذا الانتقال لكمون الفعل يسمى السيال العصبي ويلعب دورًا رئيسيًا في نقل المعلومات على مستوى الخلايا والأعصاب، كما يشكل الأساس الحيوي لانقباض العضلات.

تعتبر كمونات الفعل خاصية مميزة من خاصيات الحياة الحيوانية، فهي المسؤولة

عن حمل المعلومات ضمن وبين الأنسجة الحيوية. يمكن لكمونات الفعل أن تحدث في بعض النباتات. كمون الفعل وإن كان أكثر انتشارا في الخلايا العصبية إلا انه يمكن أن يتشكل في أي نمط من أنماط الخلايا لكن الأهمية الهائلة له هي نقل المعلومات بين العصبونات أو نقل المعلومات بين أنسجة الجسم والدماغ إضافة للعضلات والغدد.



تختلف كمونات الفعل حسب نمط الخلية فكمون الفعل القلبي مختلف عن كمون فعل العصبي

السيال العصبي أو النبض العصبي (Nerve Impulse) هو عملية نقل المعلومات أو النبضات العصبية داخل الأعصاب. وتتم عملية النقل إما بواسطة كهربائية (انظر كمون الفعل) أو عن طريق التفاعلات الكيماوية بين الأعصاب. وإن سرعة السيال العصبي في الأعصاب تقدر بـ ١٢٠ مترًا بالثانية أي ما يعادل ٤٣٢ كم في الساعة.

يتكون الجهاز العصبي من خلايا منفردة، تتعاون معًا لإنجاز وظائف معقدة، وتدعى هذه الخلايا العصبونات. ان السيال العصبي هو اللغة الوحيدة التي تتفاهم بها العصبونات والشكل الذي تترجم إليه أنواع المؤثرات جميعها التي تؤثر في الجسم. ينتقل السيال من خلية عصبية لأخرى من خلال الروابط الفسيحة (gab junction) والتي هي عبارة عن قنوات دقيقة تسمح بسريان التيار من خلالها مباشرة وتكون هذه الطريقة أسرع مقارنة بالانتقال عبر التشابك.

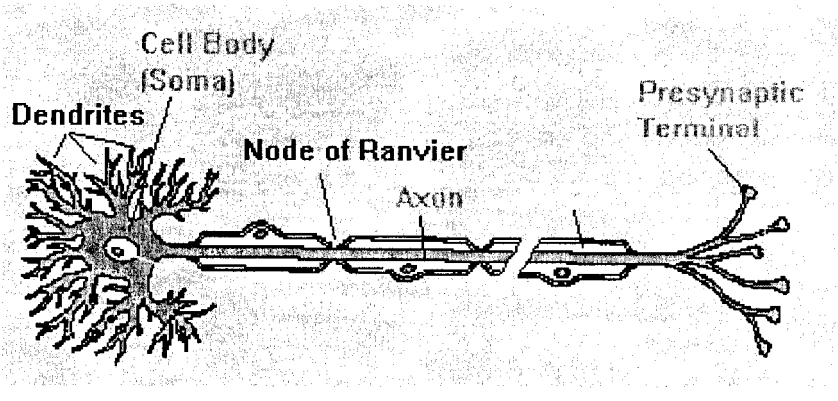
تركيب الخلية

تتكون الخلايا الحقيقية النواة من ثلاثة أجزاء رئيسية هي:

- الغشاء الخلوي.
- النواة.
- السيتوبلازم.

أما الأجزاء الأخرى في داخل الخلية والتي تكون عادة معلقة في الهيولى فتشمل:

- الشبيكة بلازمية.
- أجسام جولجي.
- الجسيمات الحالّة.
- الميتوكندريا.



تدريب القوة والتكيف العصبي Strength Training Neural Adaptation

تُعرّف القوة عادةً بأنها القوة التي ينتجها أقصى حد من الفعل العضلي الإرادي، وفي

المختبر الفسيولوجي يتم قياس القوة بجهاز الديناموميتر (جهاز قياس القوة)، فإذا أردنا أن نختبر القوة، يقوم الشخص ببذل أقصى حد من الجهد أمام جهاز الديناموميتر إذ يقوم هذا الجهاز بتسجيل مقدار القوة المنتجة بواسطة الفعل العضلي الإرادي المبذول.

ويمكن أن تقاس القوة تحت ثلاثة ظروف رئيسة هي:

١- الأفعال التي لا يوجد فيها حركة: في مثل هذه الأفعال التي تسمى الحركات الايزومترية (الثابتة) وفيها لا يتغير طول العضلات التي تشترك في أداء الحركة.

٢- الأفعال التي يقصر فيها طول العضلات التي تنتج الحركة: وتسمى أفعال أيزوتونية (متحركة) أو حركات مركزية (كونسنتريك).

٣- الأفعال التي تطول فيها العضلات التي تنتج الحركة وتسمى ايزوتونية (متحركة) أو حركات لا مركزية (اكسنتريك).

وفي الحركات المركزية واللامركزية يمكن قياس القوة بسرعات مختلفة.

إن قوة الفعل الإرادي الأقصى تعتمد بشكل رئيس على مقدار القوة التي تولدها العضلات التي تعتمد بدورها وبشكل رئيس على حجم العضلات، بحيث إن الشخص الذي يمتلك عضلات أكبر يكون قادرًا على إنتاج قوة أكبر في اختبار القوة، فإذا أريد زيادة القوة لتحسين الإنجاز في فعالية رياضية ما فيجب استخدام تدريب القوة (التدريب بالأثقال على سبيل المثال) من أجل زيادة الكتلة العضلية وبالتالي زيادة القوة.

وبما أن القوة تتحدد بشكل رئيسي بحجم العضلات فإن السيطرة على العضلات بواسطة الجهاز العصبي تتحسن أيضا، فمن أجل إنتاج أقصى حد من قوة الحركة الإرادية يجب أن يكون الجهاز العصبي قادرًا بشكل كامل على تحفيز العضلات، وفي الحركات الأكثر تعقيدا فإن الجهاز العصبي يواجه أيضا تحدي تنسيق تحفيز المجموعات العضلية أو العضلات ضمن المجموعة العضلية، وعليه فإن الشخص عندما يخضع لبرنامج

تدريب قوة فإنه سيحصل على التكيف (أثر التدريب) في كل من العضلات (زيادة حجم العضلات) وفي الجهاز العصبي (تحسن التحفيز وتنسيق العضلات).

وأخيرًا فإن الجهاز العصبي من أجل أن يسيطر على العضلات بشكل منسق يعتمد على سرعة الحركة ونوع الحركة فيما إذا كانت حركة ايزومترية (ثابتة)، أو (متحركة، مركزية أو لامركزية). وهنا سنتناول أثر تدريب القوة في قدرة الجهاز العصبي لتحفيز وتنسيق العضلات، ويسمى أثر التدريب على الجهاز العصبي بالتكيف العصبي.

التحفيز العضلي

تتألف العضلة من آلاف الخلايا أو الألياف العضلية. فعضلة مثل (العضلة ذات الرأسين العضدية) في أعلى الذراع يمكن أن تحتوي على (٣٠٠,٠٠٠) ليف عضلي تقريبا، وجميع هذه الألياف العضلية يجب أن يتم السيطرة عليها من قِبل الجهاز العصبي، ويتم ذلك بالطريقة التالية:

كل عضلة مزودة بمجموعة من الخلايا العصبية الحركية التي تسمى أعصاب حركية، للعصب الحركي جسم خلوي يكمن في الحبل الشوكي وليف عصبي يمتد من الحبل الشوكي إلى العضلة، إذ يتفرع هذا الليف العصبي داخل العضلة إلى مئات المرات وينتهي كل فرع في ليف عضلي، وبهذا الشكل يزود كل ليف عصبي حركي مئات من الألياف العضلية. مثلا إذا كانت العضلة (ثنائية الرؤوس العضدية) تحتوي على (٣٠٠,٠٠٠) ليف عضلي فإنها تتزود بـ (٦٠٠) عصب حركي كل عصب حركي يزود بـ (٥٠٠) ليف عضلي تقريبا.

إن مجموعة الأعصاب الحركية التي تزود عضلة ما تسمى في بعض الأحيان بالحزمة الحركية، أما العصب الحركي الواحد مع الألياف العضلية التي يزودها فيطلق عليه (الوحدة الحركية)، وهكذا فإن نموذج العضلة ثنائية الرؤوس يتألف من (٦٠٠) وحدة حركية.

إن الوحدة الحركية هي الوحدة الوظيفية الأساسية للعضلة، فإذا كان المطلوب قوة صغيرة عندها سيتم تحفيز وحدات حركية قليلة، أما إذا كان المطلوب قوة أكبر عندها سيتم تحفيز وحدات حركية أكثر ... وهكذا، إذ أنه كلما كانت القوة العضلية المطلوبة لرفع ثقل أكبر يتم تحفيز (تعزيز) وحدات حركية أكثر، وإن عدد الوحدات الحركية التي يتم تحفيزها يتحدد بمدى الإثارة من خلال مراكز أكبر من أجسام خلايا الأعصاب الحركية في الحبل الشوكي، مقدار هذه الإثارة يُحدد بدوره بواسطة مدى الجهد الإرادي.

إن الوحدات الحركية للعضلة يتم تحفيزها بشكل عام بأمر متعلق بالحجم (الحجم هنا يشير إلى حجم أجسام خلايا العصب الحركي). في الفعل العضلي الذي تتزايد فيه القوة من الصفر إلى الحد الأقصى فإن الأعصاب الحركية سوف يتم تحفيزها بالأمر من الصغير إلى الكبير.

وبما أن الأعصاب الحركية الصغيرة تحتاج إلى جهد أقل من أجل أن تتحفز فإنها سوف تتحفز أولا، فإذا كانت القوة المطلوبة صغيرة والجهد ضعيف فإنها ستتحفز لوحدها أما الجهد الإرادي الأقصى فإنه يكون ضروريًا لإثارة الأعصاب الحركية الأكبر.

إن إنتاج أقصى حد من القوة يتطلب تحفيز الوحدات الحركية جميعها، وفي بعض الحالات فإن التحفيز الكامل يكون أمرًا صعبًا لدى الأشخاص الذين لا يمارسون التدريب الرياضي، على سبيل المثال فإن تحفيز جميع الوحدات الحركية عند تحريك كلا الساقين أو الذراعين معا في الاتجاه نفسه يكون أصعب من تحريك ساق أو ذراع واحدة، لكن التدريب بواسطة الحركات الجانبية يمكن أن يساعد في التغلب على هذا العجز في تحريك كلا الجانبين من الأطراف، وبشكل خاص فإنه من الصعب تحقيق تحفيز كامل في الحركات الأيزومترية (الثابتة) والحركات اللامركزية (المتحركة) إذ أن الظروف الميكانيكية تؤثر في ذلك بشكل كبير جدًّا، وتبين البحوث أن بعض أشكال الكبح يمكن أن تحد من حدوث التحفيز الكامل تحت هذه الظروف، من ناحية أخرى فإن تدريب القوة يمكن أن يسمح بالتغلب على الكبح بحيث أن الوحدات الحركية جميعها يمكن أن يتم تحفيزها.

معدل استجابة الوحدات الحركية

بالإضافة إلى تحفيز الوحدة الحركية فإن هناك طريقة ثانية يسيطر من خلالها الجهاز العصبي على القوة التي تنتجها العضلة، إذ أن الجهاز العصبي يمكن أن ينظم القوة التي ينتجها كل ليف عضلي من خلال تعديل معدل استجابة الليف، يثير العصب الحركي أليافه العضلية من خلال إيصال الإشارات العصبية (السيّالات العصبية) عبر الليف والفروع العصبية المتفرعة منه، عندما تصل الإشارة العصبية نهاية الفرع العصبي فإنها تسبب مرسل عصبي يُطلق عند ارتباط نهاية الليف العصبي بالليف العضلي، هذه المرسلة العصبية تسبب نقل عضلي كامن يبدأ في نقطة الارتباط هذه ثم ينتقل هذا الفعل الكامن إلى نهايتي الليف العضلي وهذا الفعل الكامن يسبب انقباض العضلة.

إن قوة الانقباض العضلي لليف العضلي يعتمد على عدد الإشارات العصبية في الثانية التي يستقبلها من الليف العصبي الحركي، ومن ناحية العصب الحركي فإن عدد الإشارات العصبية التي يطلقها في الثانية تسمى (معدل الاستجابة)، بشكل عام كلما زاد معدل استجابة الوحدة الحركية كلما زاد من القوة التي تنتجها الألياف العضلية.

فإذا أطلق العصب الحركي إشارة واحدة فسيكون هناك انقباضًا عضليًا قليلًا وبالتالي تكون القوة الناتجة صغيرة، من ناحية أخرى فإن العصب الحركي إذا أطلق (٥٠-٦٠) إشارة في الثانية فإن الانقباض العضلي سيؤدي إلى إنتاج قوة كبيرة.

إن الوحدة الحركية الأنموذجية تمتلك معدل استجابة يمثل (٥-٥٠) إشارة في الثانية والذي يمكن أن يوفر معدل عشرة أضعاف ناتج القوة، وهكذا فإن الجهاز العصبي يمكن أن ينظم القوة من خلال تعديل القوة التي تنتجها كل وحدة حركية بالإضافة إلى انه ينظم القوة من خلال تعديل عدد الوحدات الحركية المحفزة.

في الجهد المنخفض فإن هناك انقباضات قليلة ووحدات حركية قليلة سوف تتحفز بمعدلات منخفضة تقريبا، أما الانقباضات الأقوى فإنها تتطلب تحفيز وحدات حركية أكثر وزيادة في معدل استجابة هذه الوحدات الحركية.

لقد أشرنا مسبقًا أن الأشخاص الذين لم يمارسوا التدريب الرياضي يجدون صعوبة في تحفيز جميع الوحدات الحركية عند بذل أقصى جهد إرادي بشكل خاص فإن الوحدات الحركية ذات الأجسام الخلوية الأكبر تكون هي الأصعب في التحفيز كما أن من الصعب جعل الوحدات الحركية الأكبر تصل إلى أقصى معدلات استجابتها، لكن بالتدريب يمكن التغلب على هذه الصعوبة ويكون بالإمكان إنتاج قوة أكبر.

إن الجهاز العصبي لا ينظم مقدار القوة الناتجة فحسب بل يعدل معدلات استجابة الوحدة الحركية أيضًا كما انه ينظم المعدل الذي تنتج به القوة، عندما تستلزم القوة المطلوبة إنتاج قوة بشكل سريع جدًّا (مثل القفز أو الرمي) فإن الجهاز العصبي سيثير الأعصاب الحركية لتستجيب بوقت قصير بمعدلات عالية جدًّا، مثلا يمكن للوحدة الحركية أن تحقق أقصى حد من القوة بمعدل استجابة مقداره (٥٠) إشارة في الثانية لكن لتحقيق هذه القوة بأسرع وقت ممكن فإن معدل الاستجابة الابتدائي يكون (١٠٠) إشارة في الثانية.

إن التدريب الذي يؤكد على أداء حركات سريعة يمكن أن يطور القدرة (القوة والسرعة) على استجابة الوحدات الحركية بمعدلات عالية جدًّا وبهذه الطريقة يزيد معدل تطور القوة، وفي تدريب القوة يجب ملاحظة سرعة استجابة التدريب، فالتدريب الذي يؤكد على إنتاج قوة سريعة يميل إلى زيادة سرعة القوة الناتجة (القوة المميزة بالسرعة)، في حين إن التدريب الذي تكون فيه الحركات بطيئة ينبغي أن يزيد القوة منخفضة السرعة.

التنسيق العضلي

يتطلب إنجاز القوة القصوى التحفيز الأقصى للعضلات إذ يجب أن تكون عمل العضلات منسقًا بشكل فعال، ويتحقق التنسيق الفعال بين المجموعة العضلية بين العضلات ضمن المجموعة العضلية وحتى بين الوحدات الحركية ضمن العضلة الواحدة.

واعتمادًا على الحركة فإنه يمكن أن تحفز بعض المجاميع العضلية وبعض العضلات ضمن مجموعة عضلية وبعض الوحدات الحركية ضمن العضلة، على سبيل المثال

تستخدم ثلاث عضلات (العضلة ثنائية الرؤوس) و(العضلة العضدية) و(العضلة العضدية الكعبرية) لثني المرفق إذ يتأثر تحفيز العضلة ثنائية الرؤوس والعضلة العضدية الكعبرية بوضع الساعد، وفي الحد الأقصى من الجهد فإن العضلة العضدية الكعبرية تكون الأنشط في الوضع الوسط بين الكب والبطح، في حين أن العضلة ثنائية الرؤوس تكون هي الأنشط في وضع البطح، يمكن ملاحظة إن الجهاز العصبي يجب أن ينسق العضلات التي تثني المرفق بشكل ملفت في تمرين الكيرل (Curl exercise) اعتمادا على وضع الساعد، وهذا يؤثر أيضًا على استجابة التدريب من حيث تعزيز لنموذج التحفيز الخاص وفي زيادة حجم العضلة.

أما بالنسبة للعضلات التي يمكن أن تشترك في أكثر من مهمة فإن بعض الوحدات الحركية ضمن العضلات يمكن أن تحفز لمهمة معينة، مثلا العضلة (ثنائية الرؤوس العضدية) يمكن أن تشترك في ثني المرفق وفي بطح الساعد، وفي الثني فإن الوحدات الحركية التي تقع أليافها العضلية في الجزء الجانبي من الرأس الطولي للعضلة (ثنائية الرؤوس) هي التي تتحفز، أما في البطح فإن (الوحدات الحركية) التي تقع في الجزء الوسط هي التي تتحفز.

إن الزيادة في القوة تكون خاصة لنموذج حركة تمرين التدريب، مثلا إذا تدرب شخص لمدة (٨ أسابيع) باستخدام تمزين رفع الثقل من وضع القرفصاء فإن القوة تزيد بنسبة (٧٥٪) في أداء هذا التمرين (القرفصاء). وعلى العكس فإن اختبار قوة الساق باستخدام حركة غير مألوفة مثل مد الركبة الايزومتري يمكن أن يؤدي إلى تحسن قليل جدًّا وربما قد لا يحدث أي تحسن.

إذ أنه كلما كانت الحركة الرياضية مماثلة أكثر للحركة الأيزومترية عندها سيكون هناك نتائج جيدة من ثمار التدريب.

إن خصوصية نموذج الحركة يتضمن أهمية جعل تمارين التدريب مماثلة قدر الإمكان للحركات الرياضية.

أهمية التكيف العصبي

إن العضلات الكبيرة لرافعي الأثقال ولاعبي بناء الأجسام هي شاهد على أهمية التكيف العضلي في الاستجابة إلى تدريب القوة، العامل المهم الآخر هو على الرغم من عدم القدرة على رؤيته هو التكيف العصبي الذي ناقشناه، في المرحلة المبكرة من برنامج تدريب القوة فإن (التكيفات العصبية) تظهر كلما تعلم المدرب التحفيز الكامل والتناسق للعضلات، ومن ثم فإن زيادة حجم العضلات يظهر كتكيف رئيس، وفي المراحل المتقدمة من التدريب يصبح من الصعب زيادة الكتلة العضلية وبالتالي القوة، في هذه المرحلة فإن بعض المتدربين يلجئون إلى تناول مواد بنائية (المنشطات) لإضافة المزيد من الحجم للعضلة.

الجهاز العصبي والتعلم الحركي

نتيجة لعملية التعلم الحركي والانتظام في التدريب (تكرارات الأداء) تظهر بعض التغييرات الوظيفية تعبر عن تكيف الجهاز العصبي إذ يظهر عند ذلك تأثير إيجابي 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 بها عملية تعلم المهارة الحركية كما يراها بعض العلماء هي ثلاث مراحل أساسية ترتبط فيما بينها وتؤثر واحدة في الأخرى وتتأثر بها وهي:

أ. مرحلة اكتساب التوافق الأولى للمهارة الحركية.

ب. مرحلة اكتساب التوافق الجيد للمهارة الحركية (الكف).

ج. مرحلة إتقان وتثبيت المهارة الحركية (الاستثارة، والكف).

ففي المرحلة (أ) الأداء الحركي صعبًا لاشتراك عضلات غير مطلوب اشتراكها مما يجعل الأداء الحركي متوترًا وبذلك يحتاج إلى طاقة إضافية.

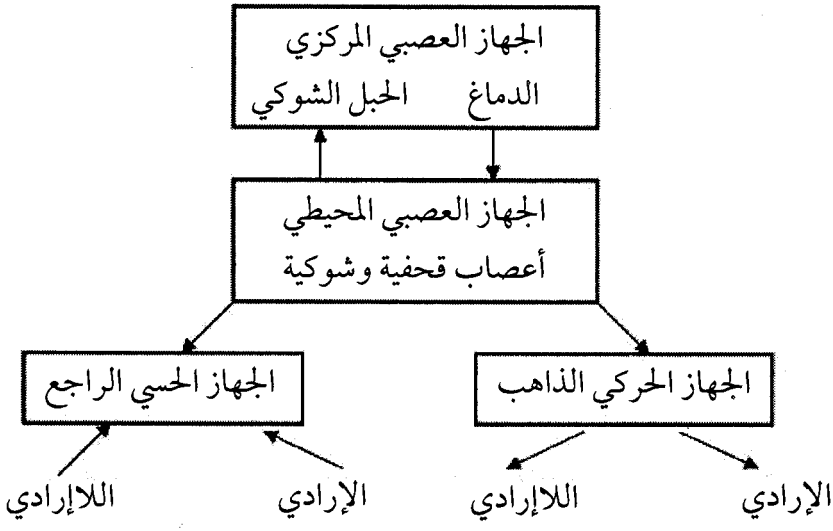
أما في المرحلة (ب) يتم التخلص من التوتر العضلي الزائد والحركات الجانبية ويأخذ الأداء المهاري الحركي في التحسن تدريجيًا وتصحيح الأخطاء من خلال عمليات التدريب المنظم.

وفي المرحلة (ج) الأخيرة يتم التوازن بين الاستثارة والكف، وعن طريق التدريب على أداء المهارة الحركية تحت مختلف الظروف يمكن إتقان أداء الفرد الرياضي للمهارة الحركية مع الاقتصاد بالجهد والتناسق بين حركات الجسم ونشاط الأعضاء الداخلية وبذلك يقل إحساس اللاعب بسرعة التعب.

إن أداء المهارات الحركية يعتمد بشكل كبير على التغذية الراجعة، وتشير إلى أثر المثيرات الناتجة من الاستجابات الحركية في أداء الاستجابات اللاحقة، كنتيجة طبيعية لحركة الإنسان، فعندما يحرك يديه لاستقبال أداة (كرة) فإن معلومات خاصة بهذه الحركة تأتيه من عضلات ومفاصل اليد وهذه المعلومات آتية من العينين وربما من مصادر أخرى، سوف تصل عن هذه الحركة، وهذا النوع من التغذية الراجعة يحدث كاستجابة طبيعية للجسم وليس كمعلومات أو إثارات خارجية صادرة من البيئة الخارجية.

الاتصال العصبي العضلي

الخلية العصبية الحركية تتصل بالليف العضلي بمكان يعرف بالاتصال العصبي العضلي ووظيفته أساسًا كما في مكان الاتصال العصبي العصبي، حيث يتمدد إلى قرص مسطح يعرف بقرص النهاية الحركية، وفيها ينتقل الحافز إلى العضلة. ولأدراك كيفية حدوث الفعل العضلي يجب أن نعود إلى تركيب الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System (CNS).



شكل يبين آلية عمل الجهاز العصبي المركزي (CNS)

آلية العمل العصبي العضلي

إن أي عمل عضلي إرادي مهما كان حجمه يستوجب إنجازه المرور في العديد من المراحل المتعاقبة وبشكل سريع جدًّا، ويمكن إجمال هذه المراحل كما يأتي:

١- مراحل إصدار وتوجيه الحافز العصبي الحركي:

يصدر الحافز العصبي الحركي من القشرة الدماغية في جانب الدماغ المعاكس لجانب الجسم الذي ستنجز منه الحركة المطلوبة ثم تتم معالجة هذا الحافز لتحديد وجهته وشدته، وذلك بتدخل من الدماغ الأوسط والمخيخ وحسب طبيعة الحركة المطلوبة في المهارات الأساسية ومحل الوصول للتوافق العصبي العضلي.

٢ - مرحلة انتقال الحافز العصبي:

ينتقل الحافز العصبي من الدماغ الأوسط عبر الجسر والنخاع المستطيل إلى الحبل

الشوكي ومنه عبر القرون الأمامية للمادة الرمادية إلى الأعصاب الشوكية المحيطية والتي بدورها تنقلها إلى العضلات المسؤولة عن إنجاز ذلك العمل مع الإشارة إلى أن الحافز العصبي ينتقل عبر العصب الشوكي (عصب ألفا) في عدد محدود من محاور الخلايا العصبية المحركة (أعصاب بيتا) وحسب طبيعة وحجم العمل الحركي المراد إنجازه، ومن ثم يمر ذلك الحافز عبر التفرعات النهائية (لأعصاب بيتا) والتي تسمى (أعصاب جاما) حيث ينتهي كل عصب من (أعصاب جاما) بليف عضلي واحد عبر ما يسمى بالصفيحة العصبية.

٣ - مرحلة الانقباض العضلي:

عند وصول الحافز العصبي إلى الليف العضلي وعبر آلية خاصة تحكمها بعض العوامل البيوميكانيكية يحدث الانقباض العضلي مصحوبًا بتوليد قوة عضلية ساحبة توظف للتأثير في منظومة روافع العمل الحركي لإنجازه الحركة المطلوبة بالمستوى والاتجاه المحددين سابقًا، فالخلية العصبية هي الوحدة التركيبية للجهازين العصبي والعضلي وكلاهما يعملان لتكوين نظام يدعى النظام العصبي العضلي.

القسم الحسي في الجهاز العصبي المركزي

الجهاز العصبي المحيطي Peripheral Nervous System (PNS)

إن للقسم الحسي في الجهاز العصبي المركزي خلايا عصبية تتصل بكافة أنحاء الجسم وهذه الخلايا تنشأ من:

١ - الأوعية الدموية والليفية.

٢ - الأعضاء الداخلية.

٣ - أعضاء الحس الخاصة.

٤ - الجلـــــد.

٥ - العضلات والأوتار.

وتتصل إما بالحبل الشوكي أو بالدماغ وباستمرار تنقل المعلومات إلى الجهاز العصبي المركزي المتعلقة بالتغيير المستمر لحالة الجسم، وبنقل هذه المعلومات يمنح الجهاز العصبي المحيطي والدماغ باستشعار ما يجري في كل أنحاء الجسم وبالمحيط الخارجي المباشر، والخلايا العصبية الحسية داخل الجهاز العصبي المركزي تنقل المعلومات الداخلة إلى مناطق مناسبة حيث يمكن للمعلومات أن تنهضم وتوحد مع المعلومات الآتية الأخرى، يستلم هذا الجزء المعلومات من خمس مستقبلات رئيسية:

١-ميكانيكية.　　٢- حرارية.

٣-الألم.　　٤-البصرية.

٥-كيمياوية.

إن عددًا من هذه المستقبلات مهم في التمارين الرياضية، فالنهايات العصبية تتحسس اللمس والضغط والألم والحرارة والبرودة، فهي تعمل كمستقبلات ميكانيكية، وهذه النهايات العصبية مهمة لمنع حدوث الإصابة خلال الإنجاز الرياضي، ونهايات عصبية متخصصة في العضلات والمفاصل ولها أنواع ووظائف مختلفة، وكل له تحسس لحافز خاص.

١- مستقبلات المفصل الحس حركية تتحسس زاوية تحرك المفصل وسرعة الحركة فهي تتحسس موضع المفصل وحركته.

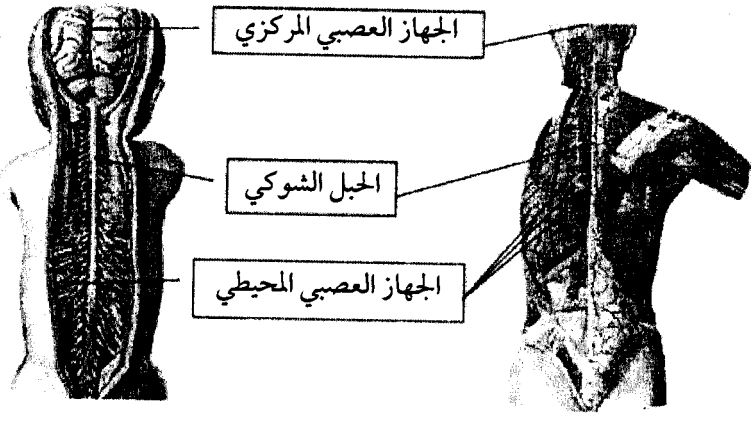
٢- المغازل العضلية تتحسس مدى مرونة العضلة (سحب).

٣- تكوينات أو جسيمات كولجي (Glogi) الوترية تتحسس الشد المؤثر على الوتر من قبل العضلة تنوه عن قوة تقلص العضلة.

القسم الحركي في الجهاز العصبي المركزي

ينقل الجهاز العصبي المركزي المعلومات إلى كافة أنحاء الجسم خلال الجزء الحركي

للجهاز العصبي المحيطي يهضم ويحلل المعلومات الواردة عن طريق القسم الحركي، فيقوم الجهاز العصبي المركزي بتقرير كيفية استجابة أنحاء الجسم للمدخلات الحسية من خلال شبكة معقدة من الخلايا العصبية، ويقوم الدماغ والحبل الشوكي بنقل الأوامر لكل أنحاء الجسم بالتفصيل ولمختلف العضلات.



شكل يوضح الجهاز العصبي عند الإنسان

المراحل التي تمر بها المهارة الحركية

إن المراحل التي تمر بها عملية تعلم المهارة الحركية هي ثلاث مراحل أساسية ترتبط فيما بينها وتؤثر واحدة في الأخرى وتتأثر بها والمراحل هي:

١-المرحلة الأولى:

مرحلة اكتساب التوافق الأولي للمهارة الحركية التي يكون فيها الأداء الحركي صعبا لاشتراك مجاميع عضلية غير مطلوب اشتراكها مما يجعل الأداء الحركي متوترا وبذلك يحتاج إلى طاقة أو جهد إضافي.

٢- المرحلة الثانية:

مرحلة اكتساب التوافق الجدي للمهارة الحركية (الكف) التي يتم فيها التخلص

من التوترات العضلية الزائدة والحركات الجانبية ويبدأ فيها الأداء الحركي في التحسن تدريجيا وتصحيح الأخطاء من خلال التكرارات والممارسات المنظمة.

٣-المرحلة الثالثة:

مرحلة إتقان المهارة الحركية (الاستثارة، والكف) وتثبيتها يتم في هذه المرحلة التوازن بين عمليتي الاستثارة والكف، عن طريق تكرار أداء المهارة الحركية والتدريب عليها تحت ظروف مختلفة، ويمكن إتقان الأداء المهاري أو الحركي مع الاقتصاد في الجهد والتناسق بين حركات الجسم ونشاط الأعضاء الداخلية مما يعمل على تقليل أحساس اللاعب بالتعب بسرعة.

المراحل الفسيولوجية للمهارة

المراحل الفسيولوجية التي تمر بها المهارة هي:

١- تكوين صورة في الدماغ.

٢- تجميع الخبرات السابقة.

٣- تجنب الإيعاز للعضلات التي ليس لها علاقة بالفعل أو الواجب الحركي.

٤- الإيعاز للعضلات المسؤولة فقط عن الأداء الحركي.

٥- تنبيه العضلات على التقلص من أجل تكوين تفاعلات كيميائية بحجم ذلك العمل أو الواجب الحركي.

مبادئ المهارة:

يتطلب أداء مهارة معينة مبادئ عدة هي:

١- النضج والبناء الوظيفي

٢- المهارة محكومة بمبادئ فسيولوجية وميكانيكية.

٣- المهارة يكون نموها بالتعزيز.

٤- يتعلم اللاعب المهارة برغبته واندفاعه.

٥- تزداد القدرة في تعلم المهارة كلما زادت خبرات النجاح لأن هذه الخبرات مهمة جدًّا في تطوير المهارة.

٦- آلية الوصول إلى المهارة تجعل اللاعب أن يحتفظ بها لأطول مدة ممكنة.

٧- المهارة تحتفظ بالذاكرة الحركية بعد أن يتعلم اللاعبون الخواص.

ماذا يتحقق لنا بتعلم المهارة؟

١- زيادة الحد الأعلى للأنجاز.

٢- تقليل الوقت المستخدم.

٣- الاقتصاد في الجهد البدني والعقلي.

٤- تحقيق الطاقة العقلية والبدنية للأداء المطلوب.

كيفية تعلم المهارة بشكل آلي:

١- عدم التشجيع على الانتباه لأنه يبعد عن آلية الحركة أو المهارة.

٢- تشجيع اللاعب على أن تأخذ الحركة أو المهارة مداها.

٣- استخدام برامج حركية متعددة.

٤- تكرار البرنامج الحركي.

٥- تطوير نظام المقارنة.

كيفية تحليل المهارة:

تحلل المهارة من خلال ثلاثة أنواع رئيسية وهي:

١- من خلال وصفها (شكلها الظاهري).

٢- من خلال جوانبها التشريحية.

٣- من خلال تحليلها الميكانيكي.

١- من خلال وصفها:

يمكن أن نحلل أي مهارة من خلال شكلها الظاهري، أي مشاهدتها أو ملاحظتها، فهي إما أن تكون مهارة ثنائية أو ثلاثية أو مركبة وكل مهارة تتكون من ثلاثة أقسام هي:

أ- القسم التحضيري :

هو القسم الذي تبدأ فيه المهارة ويكون واجبة خدمة وإعداد للواجب الرئيسي للمهارة، كما انه يعطي الجسم القوة التي تساعده على أداء العمل الحركي.

ب- القسم الرئيس:

هو القسم الذي يحقق الواجب الحركي (العمل الحركي) وتكون كل الأقسام والقوى لخدمة هذا الواجب.

ج- القسم النهائي (القسم الختامي):

هو القسم الذي تنهي فيه الحركة، كما انه القسم الذي يتحول فيه الجسم من حالة حركية إلى حالة الثبات (السكون)، ويمكن أن يكون هذا القسم بداية لحركات أخرى فضلا عن كونه المسؤول عن تثبيت الجسم بعد الأداء الحركي، وفي بعض الحالات فإن هذا القسم يقرر نتيجة الأداء.

٢- من خلال جوانبها التشريحية:

كما هو معلوم لدينا بأن لكل عضلة واجبًا حركيًا معينا ومحددًا وعلى هذا الأساس يتم تحليل المهارة، هي عن طريق عمل كل عضلة ولذلك عن طريق طبيعة التحكم العصبي للعضلات (الجهاز الحركي) ووصف لآلية التحكم العصبي على الجهاز العضلي مع تحديد الوظائف التشريحية والوظيفية للجهاز العضلي.

٣- من خلال التحليل الميكانيكي:

يتم ذلك من خلال البناء الحركي ويعني مسار المهارة وزمنها وأن مسار المهارة وزمنها تتحكم فيها القوة، وتكون هذه القوة على نوعين هما:

(١) القوة الداخلية:

أ- العظام: وتشمل طول وقصر العظم ونوعه وتركيبه الداخلي، إذ تؤدي العظام دورًا كبيرًا ومهمًا للحركة أو المهارة.

ب- العضلات:تشمل العضلات العاملة والمثبتة والمساندة والموجهة والمضادة .... إلخ.

ج- الجهاز العصبي: للجهاز العصبي الدور المهم في هذه العملية إذ أن الجهاز العصبي (ns) هو الجهاز الذي يتحكم في حركات الإنسان الكامل وأن عملية التعلم أداء المهارات الحركية لايمكن أن تتم إلا عن عمل الجهاز العصبي، إذ تبدأ أجهزة العملية بإعطاء الأوامر المباشرة من الجهاز العصبي المركزي (cns)، ويستقبل هذا الجهاز المعلومات الحركية عن طريق المستقبلات الحسية وبعد تحليلها يتم بإعطائه الأوامر عن طريق الأعصاب الحركية للعضلات المشتركة في هذه الحركة إذ مرتبط الجهاز العصبي هو المسؤول عن تنظيم حركات الجسم الإرادية واللاإرادية ويشمل:

١- الجهاز العصبي المركزي:

يعد هذا الجهاز هو مركز التحكم الخاص بجميع الحركات لدى الإنسان ويتكون من (الدماغ والحبل الشوكي) وهو الأساس في جهاز التحكم الحركي، إذ أنه يعد مركز النشاط في عملية ترتيب المعلومات الحسية والحركية للتحكم الحركي وتنظيمها.

٢- الجهاز العصبي المحيطي:

يتكون من الأعصاب الحسية والأعصاب الحركية والتي تتصل بالمخ والحبل الشوكي، والأعصاب الحسية هي التي تنقل المعلومات من الطبيعة عن طريق الحواس إلى المخ والحبل الشوكي، إما ألعاب الحركية فهي تنقل المعلومات بعد أن يتم ترتيبها وتنظيمها من المخ والعضلات.

٣- الجهاز الذاتي :

يتكون من مجموعة أعصاب تنتشر في الأعضاء الداخلية (التجويف البطني أو الصدري كالقلب، الرئتين، المعدة .... إلخ) وهي غير خاضعة لإرادة الإنسان.

عمل ونشاط الأجهزة الحسية

الجهاز الحسي البصري:

لحاسة البصر دور مهم في التعليم والتدريب وذلك من خلال عرض نماذج حتي يكون المتعلم صوره للحركة ويحاول التوصل إليها.

يقوم الجهاز الحسي البصري بإيصال المعلومات الكاملة حول البيئة المحيطة ويساعد الرياضي في تمييز المواد المترابطة الموجودة في المكان كالمسافة إلى الهدف وما بينها والاتجاه وسرعة حركة المنافس وحركة المحيط والتي لا يمكن تحديدها وأداؤها بنجاح عند غلق

العين، لا يمكن تعلم الحركة عن طريق الشرح فقط بدون نموذج مرئي حيث يمكن توضيح الأخطاء وإمكانية تلافيها.

إن حاسة البصر تجعل المتعلم يدرك أداء الحركة الجديدة بشكل عام وهو بذلك يحصل على تصور أولى لمظهرها الخارجي وكذلك يلاحظ الأجزاء الهامة من الحركة عند عرض النموذج الحركي وإن تكرارها يزيد من دقة الحركة.

عرض النماذج أمام المتعلم يثير حماسه ويكون لديه إحساس حركي وهذا يعني أن المتعلم يمارس عمليًا ما تتضمنه الحوافز الخارجية والداخلية إضافة إلى الحوافز الواردة عن طريق حاسة اللمس والتوازن الحسي والحركي فإن حاسة البصر تساعد في معرفة وضع الجسم وشكله أثناء الحركة وكذلك الإحساسات العضلية المطلوبة وبالتدريج، ففي البداية يكون الإحساس الحركي غير واضح ومختل وغير كامل لذا. تعمل حاسة البصر على تكوين وتكامل التوقيت السليم للحركة. فللحركة توقيت مكاني بجانب التوقيت الزماني والحركي والتوقيت المكاني تقوم بتنفيذه حاسة البصر.

حاسة السمع:

تلعب حاسة السمع دورًا كبيرًا في تبادل المعلومات بين الأفراد ولها دورًا مهمًا سواء في التعليم أو التدريب فالشرح الفني للحركة لابد منه وأن الموجات الصوتية التي تتلقاها الأذن تنتقل إلى المخ الذي يترجمها ويربطها بالصورة المعروضة فتكتمل عملية التصور للحركة والفهم والاستيعاب لها.

إن تسلسل الحركة لا يمكن فهمه إلا من خلال الشرح الذي يساعد على إعطاء وبناء الأساس الحركي وإن التحكم فى درجة الصوت (رفعه وخفضه) أثناء أداء الحركة يساعد على توضيح النشاط الحركي.

تعمل حاسة السمع على ضبط التوقيت الحركي لذلك فإن الموسيقى المصاحبة للتمارين أثرها الفعال فى الأداء الحركي.

إن الإثارة السمعية تستغرق زمنًا معينًا حتى تحدث الاستجابة الحركية (زمن رد الفعل) لذلك يجب إعطاؤها قبل اللحظة المطلوب فيها أداء الحركة ويختلف زمن رد الفعل من شخص إلى آخر.

الإحساس الحركي:

إن تكوين التصور البصرى أو السمعى للحركة لا يكفي لأداء الحركة إذ لابد أن يرافقه إحساس حركي حتى يتحكم اللاعب في أداء الحركة والاستيعاب الجيد، ويتم ذلك بالممارسة الفعلية حيث لا تقوم العضلات بإنجاز الحركة فقط وإنما الإحساس بها (وهذا يعنى انها تشعر بمدى القوة وتوازن نسبة التقلص والانبساط في العضلات المختلفة) وهذا يفتقد عند اللاعب الذى لم يتكون لديه الإحساس الحركي بعد، ويمكن اكتساب ذلك من خلال أداء الحركات التى يكون فيها وضع الجسم غير اعتيادي كما فى حركات الجمناستك حيث لا يحس اللاعب المبتديء بالوضع الصحيح للجسم لذلك يقوم المدرب بمساعدة اللاعب على الإحساس بالوضع الجديد حتى يتم تدريبه عليه ويتكيف معه.

ومما سبق يتبين أهمية الحاسة الحركية فى الأداء الحركي كذلك للأجهزة الحسية الحركية دورًا كبيرًا فى الانتشار تبعًا لمسافة الاستناد حيث تستلم المعلومات عند وضع الجسم من الأجهزة الحسية الأخرى.

إن التحليل الحركي الذى يقوم به الجهاز العصبى يعتمد بشكل أساسي على عمل ونشاط الأجهزة الحسية معًا، والحوافز تكون مترابطة وتكمل إحداهما الأخرى وغالبًا ما يكون من الضرورى عمل الجهاز الحسي الحركي والبصري بشكل مستمر.

إن التدريب المستمر والمنتظم لوظائف الأجهزة الحسية يجعلها تتكامل وتتوافق مع نوع النشاط المؤدى ويبدأ الرياضي بتمييز الحركات بشكل فردي حتى فى الحالات غير الملحوظة الاختلافات ويستطيع التحسس حتى بحركة زميله الخصم لمسافة محددة.

إن إتقان التحليل الحركي يؤدي إلى أداء التمرين بشكل متكامل ويمكن الرياضي من تمييز أدق الأجزاء فى الحركة قبل أداء النشاط.

الأجهزة الحسية تنمي عند الشخص خصوصية الاستعداد لتقبل الأنشطة اللاحقة وبما يتوافق مع عمل الجهاز العصبي، فإن تأثير برنامج المستقبلي على الأجهزة الحسية يرفع فى تحفيز الأجزاء المسؤولة على مراقبة أداء الحركة المطلوبة وهذا مما يسبب عدم توافق بسيط بين الحركات وتنفيذها المتكامل فيحدث التصحيح الذى يدخل على الحركة لتصبح أكثر دقة.

الرياضي المتدرب يتميز بتوافق كبيرعند تنفيذ الحركة ضمن البرنامج وعند إنجاز هذا التوافق تصبح لديه خصوصية لكل نوع من أنواع الرياضة والإحساس بتأثير كل نوع من أنواع النشاط المنفذ، التعبير عن الإحساس الخاص له علاقة أيضا بالحالة الوظيفية للجهاز العصبى فالزى الرياضي الجيد وخصوصية الانفعالات يزيد من التحسس كذلك هذه الإحساسات يمكن أن تدلل على انخفاض القابلية الوظيفية.

مما سبق تتبين الأهمية الكبيرة للحواس فى أداء التمارين الرياضية وفى التدريب وهي بذلك تتداخل وتشترك جميعًا لتكوين نشاط رياضي متكامل.