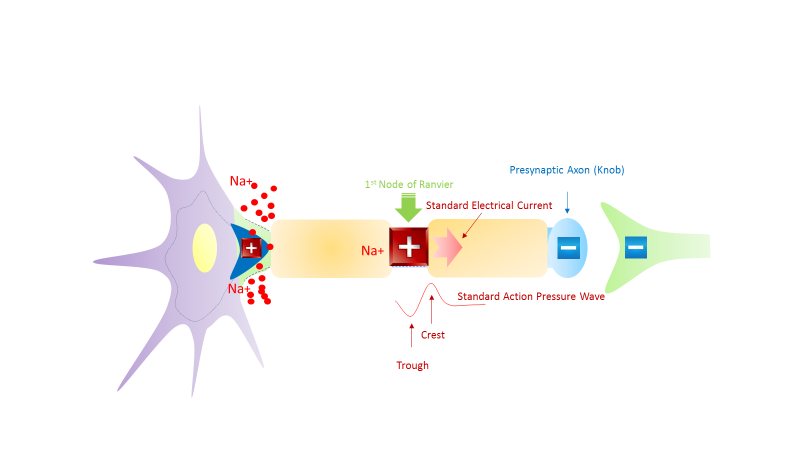
***د. عمَّـــار ياسين منصور***

***النَّقلُ العصبيُّ،  
كموناتُ العمل (مفهومٌ حديثٌ)***

***The Neural Conduction  
 Action Potentials (Innovated)***

*تتألف فرضيَّتي في النَّقلِ العصبيِّ من عناصرَ ثلاثةٍ. أوَّلُها موجاتُ الضَّغطِ العاملة، وكانت موضوعَ العرضِ الأوَّل. وثانيها كموناتُ العمل، وهي ستكون موضوعَ هذا العرض. وثالثُها التيَّاراتُ الكهربائيَّةُ العاملة، والتي أرجئُها إلى العرضِ القادم. شاهدِ التَّفاصيل على الرَّابطِ التَّالي:*

*[](https://youtu.be/BFpclGTGKqo)*

***في التَّشريح الوصفي:***

*أولاً، في منطقةِ التَّحفيز أو منطقةِ التَّزخير لا فرق فالقصدُ واحدٌ وهو يوافقُ منطقةَ الـ Axon Hillock،  
نجدُ تشكيلاُ مخروطيَّاً مرناً من الأنابيب المجهريَّة يملأ الدَّاخلَ الخلويَّ لمنطقةِ التَّزخير أسميتُه تشكيلَ الأنابيبِ المجهريَّةِ الـ Microtubules' Montage.*

*ثانياً، في منطقةِ التَّزخيرِ، كما في عُقدِ رانفيه Nodes of Ranvier وإن يكن بتراكيزَ أقلَّ، نجدُ عدداً كبيراً من الأقنيةِ الجداريَّةِ المجهَّزةِ بأبوابٍ لتنظيمِ مرور شاردةِ الصُّوديوم عبرها. هذه الأبوابُ تعملُ على اختلافِ قيمةِ الضَّغطِ بين الدَّاخلِ والخارجِ.*

*ثالثاً، تكثرُ شواردُ الصُّوديوم الـ Na+ في الحيِّزِ الخارجيِّ المحيطِ بمنطقة التَّزخيرِ وعُقدِ رانفيه.*

*رابعاً، نجدُ في منطقةِ الانتفاخِ الانتهائيِّ للمحورِ العصبيِّ الـ Presynaptic Axon (knob) عدداً كبيراً من الأقنيةِ الجداريَّةِ ذاتِ البواباتِ العاملةِ على فروقِ الضَّغطِ أيضاً. لكنَّها هنا خاصَّةٌ بتمريرِ شواردِ الكالسيوم Ca++ دون غيرِها. كما نجدُ كمَّاً كبيراً من شاردةِ الكالسيومِ خارجَ منطقةِ الانتفاخِ هذه.*

*خامساً وهامَّاً، تسودُ في الدَّاخلِ الخلويِّ البروتيناتُ سالبةُ القطبيَّةِ. ممَّا يمنحُ هذا الدَّاخلَ القطبيَّةَ السَّالبةَ في حالةِ الرَّاحةِ ولهذا اهميَّتُه الكبيرةُ كما سنرى لاحقاً.*

***في النَشأةِ:***

*حين وصولِ التَّنبيهِ الكهربائيِّ إلى منطقةِ التَّزخيرِ، تتقلُّصُ كتلةُ الأنابيبِ المجهريَّةِ  
الـ Microtubules' Montage وتنسحبُ للخلف داخلَ جسمِ الخليَّةِ العصبيَّةِ. فيحدثُ خلاءٌ في منطقةِ التَّزخيرِ فانقلابٌ في قيمةِ الضَّغطِ نحو السَّلبيَّةِ. انخفاضُ الضَّغطِ داخلَ منطقة التَّزخيرِ يفتحُ بواباتِ أقنيةِ شاردةِ الصُّوديوم، ويستدعي هذه الأخيرةَ إلى الدَّاخل. تتراكمُ شواردُ الصُّوديومِ في الدَّاخلِ الخلويِّ معلنةً ولادةَ قطبيَّةٍ موجبةٍ ستكونُ الأساسَ لأوَّلِ كمونِ عملٍ في عمليَّةِ النَّقلِ العصبيِّ، لذلك اسميتُه كمون العملِ الأوَّليِّ  
الـ Preliminary Action Potential.*

*تتقدَّمُ موجةُ الضَّغطِ العاملةِ الـ Preliminary Action Pressure Wave، وتصلُ إلى عقدةِ رانفيه الأولى  
الـ 1st Node of Ranvier. عندها، نشهدُ ولادةَ كمونِ عملٍ جديدٍ بالآليَّةِ ذاتِها كما في كمونِ العملِ الأوَّليِّ. فالضَّغطُ السَّالبُ لموجةِ الضَّغطِ العاملةِ سيفتحُ بواباتِ أقنيةِ شاردةِ الصُّوديومِ. ويستدعي هذه الأخيرةَ إلى الدَّاخلِ الخلويِّ معلناً ولادةَ قطبيَّةٍ موجبةٍ جديدةٍ ستكونُ الأساسَ لكمونِ عملٍ جديدٍ لكن بقيمةٍ أقلّ من سابقه.  
لذلك، تمييزاً له عن كمونِ العملِ الأوَّليِّ، سأسمِّي الثاني كمونَ العملِ القياسيَّ  
الـ Standard Action Potential. هو أقلُّ قيمةً من سابقهِ بسبب ضيقِ الحيِّزِ داخلَ عقدِ رانفيه هذا أوَّلاً.  
ولقلَّةِ عددِ أقنيةِ شاردةِ الصُّوديومِ في جدار هذه العقد قياساً لعددها في منطقةِ التَّزخير، ثانياً.  
وثالثاً، قيمةُ الضَّغطِ السَّالبِ العامل هو أقلُّ بكثيرٍ من الضَّغطِ السَّالبِ الناتجِ عن انسحابِ كتلةِ الأنابيب المجهريَّةِ في منطقةِ التَّزخيرِ. وهو قياسيٌّ لأنَّه سيتكرَّرُ عند كلِّ عقدةٍ من عقد رانفيه، بالقيمةِ ذاتها، والجهةِ ذاتها، وبالآليَّةِ ذاتها أيضاً. مما أغنى عن تكرار الرَّسم والشُّروحِ.*

*ملاحظة هامَّة، في زمنِ بناءِ القطبيَّةِ الموجبةِ في عقدةِ رانفيه الأولى، تحتفظُ منطقةُ التَّزخيرِ ببعضِ القطبيَّةِ الموجبةِ بسبب عدم اكتمال عمليَّةِ خروجِ شاردةِ الصُّوديومِ إلى الخارجِ الخلويِّ. فنقولُ عن منطقةِ التَّزخيرِ أنَّها في حالةِ عصيان. لذلك، يكونُ كمونُ العملِ الجديدُ مجبراً على التَّقدُّمِ دائماً وبجهةِ انتشارِ موجةِ الضَّغطِ العاملةِ.*

*تصلُ موجةُ الضَّغطِ العاملةُ إلى هدفها في الانتفاخ ما قبل المشبك العصبيِّ الـ Presynaptic Axon (Knob). وتتكرَّرُ المشهديَّةُ ذاتُها لكن مع بعضِ الفروقِ الجوهريَّةِ. فالضَّغطُ السَّلبي ُّلذيلِ الموجةِ العاملةِ سيفتحُ هنا أبوابَ أقنيةٍ أخرى خاصَّةٍ بشاردةِ الكالسيوم ذاتِ القطبيَّةِ الموجبةِ الكبيرةِ قياساً بتلك لشاردةِ الصُّوديوم هذا اوَّلاً.*

*وثانياً، سيسمحُ الانتفاخُ ما قبل المشبك بحجمهِ الكبير نسبيَّاً بدخول كمٍّ أكبرَ من شاردةِ الكالسيومِ إلى الدَّاخلِ الخلويِّ. ممّا يعني في الحالتين قطبيَّةً موجبةً أكبر من تلك لكموناتِ العملِ القياسيَّةِ. كمونُ العملِ الأخير هذا أسميته بكمونِ العملِ الانتهائيِّ الـ Terminal Action Potential. وهو ذو أهميَّةٍ كبيرة في نقلِ الإشارةِ العصبيَّةِ إلى العضو الهدف ما بعد المشبك العصبيِّ الـ Postsynaptic Effector Organ.*

*بالنتيجةِ والخلاصات أقول، تتشكَّلُ خلالَ عمليَّةِ النَّقلِ العصبيِّ الواحدةِ ثلاثةُ أنواعٍ من كموناتِ العمل.  
يتلو بعضُها بعضاً، دون أن يكونَ السَّابقُ أساساً أو حتَّى مساهماً في ولادةِ اللَّاحق. فقط، موجةُ الضَّغطِ العاملةُ هي الأساسُ في وجودهم جميعاً. هناك أوَّلاً كمونُ العملِ الأوَّليُّ وهو وحيدٌ عدداً، وهو البادئُ لجميعها.  
تليه كموناتُ العملِ القياسيَّةُ المتماثلةُ في كلِّ شيء، في النَّشأةِ، في الشدَّةِ، وفي الجهةِ طبعاً. وهي عديدةٌ بعددِ عقدِ رانفيه في اللِّيفِ العصبيِّ. وختامُها، يكونُ كمونَ العملِ الانتهائيَّ.*

*كلُّ كمونِ عملٍ منها سيكون الأساسَ في انطلاقِ تيَّارٍ كهربائيٍّ موضعيِّ؛ أيْ مقيَّدٍ في قطعةٍ بين عقدتين واحدةٍ،  
لا يتعدَّاها. طبعاً إذا ما استثنينا كمونَ العملِ الانتهائيَّ. فهو الوحيدُ العابرُ بتأثيراتِه للشقِّ المشبكيٍّ  
الـ Synaptic Clef.*

*..........................................................................................................................................*

***في سياقاتٍ أخرى، أنصحُ بقراءةِ المقالاتِ التَّالية:***

|  |  |
| --- | --- |
| ***-*** | [*هل يفيدُ التَّداخلُ الجراحيُّ الفوريُّ في أذيَّاتِ النخاعِ الشَّوكيِّ وذيلِ الفرس الرضَّيَّةِ؟*](https://drive.google.com/open?id=1KbLCLChUURnm9rqd0luM3JEhuwwNCOly) |
| ***-*** | [*النقل العصبيّ، بين مفهوم قاصر وجديد حاضر The Neural Conduction.. Personal View vs. International View*](https://drive.google.com/open?id=1VgBIzuENBBYXnteVsLOJv6eXY35aJg9p) |
| *[video](https://youtu.be/ghq76H6mIYU)* | [*في النقل العصبي، موجاتُ الضَّغطِ العاملة Action Pressure Waves*](https://youtu.be/ghq76H6mIYU) |
| *[video](https://youtu.be/BFpclGTGKqo)* | [*في النقل العصبي، كموناتُ العمل Action Potentials*](https://youtu.be/BFpclGTGKqo) |
| *[video](https://youtu.be/7ncqfU_Zt3I)* | [*وظيفةُ كموناتِ العمل والتيَّاراتِ الكهربائيَّةِ العاملة*](https://drive.google.com/open?id=1A2iMcCoAQR_mdRwRODroVc-F98i90zHH) |
| *[video](https://youtu.be/x9W3ki0LsFc)* | [*في النقل العصبي، التيَّاراتُ الكهربائية العاملة Action Electrical Currents*](https://drive.google.com/open?id=1v4daXfE7wBrBfzRV3cwRrxVi01oCqd6j) |
| *[video](https://youtu.be/bLHVP9oZci0)* | [*الأطوارُ الثَّلاثةِ للنقل العصبيِّ*](https://drive.google.com/open?id=1X-QeQGepXnQXqyQifsGV0PqdihVeefVh) |
| *[video](https://youtu.be/IzDQMDAMdfM)* | [*المستقبلات الحسيّة، عبقريّة الخلق وجمال المخلوق*](https://drive.google.com/file/d/1BlQEcFpUsf7AszpHwwimo17UnYHAazB6/view?usp=sharing) |
| *[video](https://youtu.be/W1ydi4ykYys)* | *ا*[*لنقل في المشابك العصبيّة The Neural Conduction in the Synapses*](https://drive.google.com/file/d/1YPj6KzgWMcU1CVcxzB4iIWdywE3tDRS8/view?usp=sharing) |
| ***-*** | [*عقدة رانفييه، ضابطة الإيقاع The Node of Ranvier, The Equalizer*](https://drive.google.com/file/d/15r_4YLwrJ6TYHDvElQbxGUWjp56txrIi/view?usp=sharing) |
| *[video](https://youtu.be/G1jlNrtktFg)* | [*وظائفُ عقدةِ رانفيه The Functions of Node of Ranvier*](https://drive.google.com/open?id=1uo60AbeRFE2-ZxwDAiB0yDk2qtaY_AME) |
| *[video](https://youtu.be/hZ_bzG8kiFE)* | [*وظائفُ عقدةِ رانفيه، الوظيفةُ الأولى في ضبطِ معايير الموجةِ العاملةِ*](https://youtu.be/hZ_bzG8kiFE) |
| *[video](https://youtu.be/OqH6r2qhmxY)* | [*وظائفُ عقدةِ رانفيه، الوظيفةُ الثَّانية في ضبطِ مسار الموجةِ العاملةِ*](https://youtu.be/OqH6r2qhmxY) |
| *[video](https://youtu.be/IFSf8eo8V9Y)* | [*وظائفُ عقدةِ رانفيه، الوظيفةُ الثَّالثةُ في توليدِ كموناتِ العمل*](https://youtu.be/IFSf8eo8V9Y) |
| ***-*** | [*في فقه الأعصاب، الألم أولاً The Pain is First*](https://drive.google.com/file/d/1JhYfNzcEBw01LyYpnZ4ley4KClGGJWij/view?usp=sharing) |
| ***-*** | [*في فقه الأعصاب، الشكل.. الضرورة The Philosophy of Form*](https://drive.google.com/open?id=14e9lfZ7-rADn431pfIiT0rTeAaXHbo5I) |
| ***-*** | [*تخطيط الأعصاب الكهربائي، بين الحقيقي والموهوم*](https://drive.google.com/file/d/1JQlRyIS7i-z_w3O7cNKHhivXqm_o15BJ/view?usp=sharing) |
| *[video](https://youtu.be/kwwsHHKh0AQ)* | [*الصدمة النخاعيّة (مفهوم جديد) The Spinal Shock (Innovated Conception)*](https://drive.google.com/open?id=1SAUpw8_cNcbxajdioju9oJPTUOugWInw) |
| ***-*** | [*أذيّات النخاع الشوكيّ، الأعراض والعلامات السريريّة، بحثٌ في آليات الحدوث The Spinal Injury, The Symptomatology*](https://drive.google.com/open?id=1PA6kEWftXOmAPD1TDw8dzrv9N7kMIXyt) |
| *[video](https://youtu.be/DeRxShaIJ1o)* | [*الرّمع Clonus*](https://youtu.be/DeRxShaIJ1o) |
| *[video](https://youtu.be/-CmZSAKSo9w)* | [*اشتدادُ المنعكس الشوكي Hyperactive Hyperreflexia*](https://youtu.be/-CmZSAKSo9w) |
| *[video](https://youtu.be/BTtdZfhh_d8)* | [*اتِّساعُ باحةِ المنعكس الشوكي الاشتدادي Extended Reflex Sector*](https://youtu.be/BTtdZfhh_d8) |
| *[video](https://youtu.be/KfKzrZdQS1Y)* | [*الاستجابة ثنائية الجانب للمنعكس الشوكي الاشتدادي Bilateral Responses*](https://youtu.be/KfKzrZdQS1Y) |
| *[video](https://youtu.be/0R1k_tK14us)* | [*الاستجابةُ الحركيَّةُ العديدة للمنعكس الشوكي Multiple Responses*](https://youtu.be/0R1k_tK14us) |
| ***-*** | [*التنكّس الفاليري، يهاجم المحاور العصبيّة الحركيّة للعصب المحيطي.. ويعفّ عن محاوره الحسّيّة Wallerian Degeneration, Attacks the Motor Axons of Injured Nerve and Conserves its Sensory Axons*](https://drive.google.com/open?id=1dWXV8nGpgvG439SQODhG_CkB9QD73I5D) |
| *[video](https://youtu.be/JPQW8v-EvP4)* | [*التَّنكُّسُ الفاليري، رؤيةٌ جديدةٌ**Wallerian Degeneration (Innovated Vie*](https://drive.google.com/open?id=1RrAlsdZcRI2w1PzNM1uEYvNm43zu-kpD)***w****)* |
| *[video](https://youtu.be/JqPLgtfeffY)* | [*التَّجدُّدُ العصبيُّ، رؤيةٌ جديدةٌ Neural Regeneration (Innovated View*](https://drive.google.com/open?id=1m-8mvQUA6gag6CYcdi1YKNe0ZAR1KxWa)*)* |
| *[video](https://youtu.be/9bIxuON7SXg)* | [*المنعكساتُ الشوكيَّةُ، المفاهيمُ القديمة Spinal Reflexes, Ancient Conceptions*](https://youtu.be/9bIxuON7SXg) |
| *[video](https://youtu.be/baHZeCf5XZc)* | [*المنعكساتُ الشَّوكيَّةُ، تحديثُ المفاهيم Spinal Reflexes, Innovated Conception*](https://youtu.be/baHZeCf5XZc) |
| *[video](https://youtu.be/FeCsSow3Yxk)* | [*خُلقتِ المرأةُ من ضلع الرّجل، رائعةُ الإيحاء الفلسفيّ والمجازِ العلميّ*](https://drive.google.com/open?id=1wXlRwrscwen_h4mYV1-ZgISUzjd8odwJ) |
| *[video](https://youtu.be/b5j_Zhq4Vlg)* | [*المرأةُ تقرِّرُ جنسَ وليدها، والرّجل يدّعي*](https://drive.google.com/open?id=1wkO9ikgF-6yW_hVcYWJ7cYPpDRyfhyOm)*!* |
| ***-*** | [*الرُّوحُ والنَّفسُ.. عَطيَّةُ خالقٍ وصَنيعةُ مخلوقٍ*](https://drive.google.com/open?id=1DDmYIsfal4nh3BEf6YL8xpZfEkgtfK6O) |
| ***-*** | [*خلقُ السَّماواتِ والأرضِ أكبرُ من خلقِ النَّاس.. في المرامي والدَلالات*](https://drive.google.com/open?id=1m38m-iAq4ZpeCUf177vyI_9ece1bcJC1) |
| *[video](https://youtu.be/IpgGluGaxko)* | [*تُفَّاحة آدم وضِلعُ آدمَ، وجهان لصورةِ الإنسان.*](https://drive.google.com/open?id=19nQgWpQl4OBk9frZVcoGlw2EAnJ93_Ib) |
| ***-*** | [*حــــــــــوَّاءُ.. هذه*](https://drive.google.com/open?id=1hM3qv82opObxPQzJLu1NVy5Kgcb_eimS) |
| ***-*** | [*سفينةُ نوح، طوق نجاة لا معراجَ خلاص*](https://drive.google.com/open?id=1wZfUDRUV34ebdfWFremn9y-Adao-NfaE) |
| ***-*** | [*المصباح الكهربائي، بين التَّجريدِ والتَّنفيذ رحلة ألفِ عام*](https://drive.google.com/open?id=1uyRepoygHc_GnAIWKeSVd7EPyF2y_qXq) |
| ***-*** | [*هكذا تكلّم ابراهيمُ الخليل*](https://drive.google.com/open?id=14CVFdK2Oz-btbH21qCz1sQkdRT6jmKbT) |
| ***-*** | [*فقهُ الحضاراتِ، بين قوَّةِ الفكرِ وفكرِ القوَّةِ*](https://drive.google.com/open?id=1O0SGl-UrYImUMU4CWg8LPPImSholuHiR) |
| ***-*** | [*العِدَّةُ وعِلَّةُ الاختلاف بين مُطلَّقةٍ وأرملةٍ ذاتِ عفاف*](https://drive.google.com/open?id=1C0SGMfcOfZI8yvRosHA6DcwED8vAC59l) |
| ***-*** | [*تعدُّدُ الزَّوجاتِ وملكُ اليمين.. المنسوخُ الآجلُ*](https://drive.google.com/open?id=1ueF8P_YMU83XI48bJ5PmRUhKFzmbOBQf) |
| *[video](https://youtu.be/BQEWxWGyQng)* | [*الثَّقبُ الأسودُ، وفرضيَّةُ النَّجمِ السَّاقطِ*](https://drive.google.com/open?id=1uPZY8-mBwODosBFsKmVVqf-mC3FfhiP6) |
| *[video](https://youtu.be/Qt1j0y7fq0A)* | [*جُسيمُ بار، مفتاحُ أحجيَّةِ الخلقِ*](https://drive.google.com/open?id=1B3NpD1lWI1RK9Pn-3opyfXhHDUcuwCPP) |
| *[video](https://youtu.be/b5j_Zhq4Vlg)* | [*صبيٌّ أم بنتٌ، الأمُّ تُقرِّرُ!*](https://drive.google.com/open?id=1Ti6G9oQfx5uOdVyBCyJIGvjqbLmVtJp9) |
| *[video](https://youtu.be/xf_nRvRfP0A)* | [*القدمُ الهابطة، حالةٌ سريريَّةٌ*](https://drive.google.com/open?id=1Rg_pjMrnnb4bpqIloQlF4NHTxx-H7fT5) |

***7/10/2019***