

النقل عبر المشبك العصبي

Neural Conduction in Synapse

Personal View vs. International View

دوام الوجود موثيق النجاح. منذ بدء التكوين، أدركت العضوية أنّ للحياة لازمتين؛ بساطة الأسلوب وسرعة الإنجاز. الأجوبة المعقدة على أسئلة الحياة كانت تؤدي بها دائماً إلى خاتمة الفناء. الأجوبة كما الأسئلة طرفة عين. المسافة ما بين ومضة الحياة وهدأة الموت رعدة وتر.

كما دائماً، لم تترك الروح لإرهاصات البشر. أرادوها نظرية في آليات النقل العصبي. وجدتها نافرة غريبة لا تتناغم ونهج الحياة الرشيقي. رسموها مختصراً بين نقطتين. فاضلت عليها المستقيم المباشر. ذلك منظورهم وهاكم نظريتي.

النظرية الراهنة في النقل العصبي عبر المشبك العصبي

Neural Conduction in Synapse

"International Hypothesis"

في المشبك العصبي، يصل تيار النقل العصبي إلى الانتفاخ ما قبل المشبك الـ Knob. تتفعل بقدمه الأقبية الخاصة بشاردة الكالسيوم Voltage gated Ca^{++} channels، تفتح أبوابها^(١). عبرها، تتسرب شاردة الكالسيوم إلى الداخل الخلوي^(٢). تشكل شوارد الكالسيوم الوافدة مع الحويصلات الـ Vesicles الحاملة للنقل العصبي الـ Neurotransmitter معقداً يلتصق بالغشاء الخلوي ما قبل المشبك^(٣). بعد الالتصاق يأتي انفجار الحويصلات مطلقاً محمولها داخل الشق المشبكي^(٤) الـ Synaptic Cleft. عبر الفضاء المشبكي، ينطلق الناقل العصبي مستهدفاً مستقبلات له على الغشاء الخلوي ما بعد المشبك^(٥). تتلقى المستقبلات ما بعد المشبك العصبي الناقل العصبي فاتحةً أبواب العبور لشاردة بعينها^(٦). تنفذ الشوارد المعنوية إلى داخل الاستطالة العصبية ما بعد المشبك^(٧) الـ Postsynaptic Dendrite. هي خطوات سبع يتم بعدها نقل الأمر العصبي من العصبون ما قبل المشبك إلى العصبون ما بعد المشبك.

فرضيتي في النقل العصبي عبر المشبك العصبي

Neural Conduction in Synapse

"Personal hypothesis"

تقوم فرضيتي على دعامة ثلاث. أولاً، النقل عبر المشابك العصبية هو فعل كهربائي محض. ثانياً، دور وسيط النقل العصبي الـ Neurotransmitter هو تحويل الشق المشبكي من عازل إلى ناقل للكهرباء. فهو دائم الوفرة في الشق المشبكي، في أوقات الراحة كما في أزمات العمل. أمّا ثالثاً وأخيراً، فيخص موجة الضغط العاملة الـ Action Pressure Wave. فالأخيرة متى بلغت الانتفاخ الانتهائي للمحور العصبي الـ Knob باشرت عملها في خلق تيار النقل الكهربائي الانتهائي، وهذا هم ذيل الموجة الـ Trough تحديداً. وفي تسهيل عبور التيار الوليد إلى الضفة المقابلة من الشق المشبكي، وهذا فعل جبهتها الـ Crest حصرياً.

الفعالان متزامنان، لكن الضرورة اقتضت الفصل بينهما تسهيلاً للشرح وتفصيلاً لدقائق الأمور. فجبهة موجة الضغط العاملة الـ Crest تختزن طاقة الموجة الحركية، وفعلها مقدّم نظرياً على فعل ذيل الموجة الـ Trough سلبياً قيمة الضغط.

تمّ تفصيل رأيي الخاصة لعملية النقل العصبي عبر المشبك العصبي في الرسوم التوضيحية الثلاثة التالية. غير أنّي أجد ضرورة في إيضاح بعض الأساسيات الفارقة.

أولاً: في وظيفة الناقل العصبي الـ Neurotransmitter

متسلسلة ظهور الأنايبب المجهرية الـ Microtubules تارةً، ومعتلية موجة ضغط العمل الـ Action Pressure Wave عند كل ساحة، تعبر الحويصلات المجهرية الـ Vesicles المحور العصبي وصولاً إلى منتهاها في المشبك العصبي الـ Synapse. تحتوي الحويصلات في بطونها على الناقل العصبي الـ Neurotransmitter.

بصورة دائمة، في حالة الراحة كما في حالة العمل، تُلقى الحويصلات بمحملها في الشق المشبكي. يعمل الناقل العصبي على ترطيب الفضاء المشبكي الـ Synaptic Cleft وتحويله إلى وسط ناقل للكهرباء، هذا من جهة. ومن جهة أخرى، يعمل الناقل العصبي على احتجاز شوارد بعينها. هي شوارد موجبة كـ (Na^+)، في المشابك الحاتة على العمل الـ Excitatory Synapses، وشوارد سالبة كـ (Cl^-) في المشابك الناهية له الـ Inhibitory Synapses؛ انظر الشكل (1).

عوداً إلى الفيزياء ثانيةً، فكل تيار كهربائي عناصر ثلاثة موجدة له؛ قطب موجب (مصعده)، وآخر سالب (مهبطه)، والوسيط الناقل بينهما الـ Conductor. فيما خص المهبط فهو حاضر أبداً. إذ يمثل الداخل الخلوي للإستطالة العصبية ما بعد المشبك الـ Postsynaptic Dendrite، سالب القطبية الـ Negative Polarity، مهبطاً مناسباً لتيار النقل الكهربائي الانتهائي الـ Terminal Electrical Current. ثانياً، الناقل العصبي دائم الوفرة في الشق المشبكي يجعل من هذا الأخير ناقلاً جيداً للتيار الكهربائي. إذا، تأمن مهبط التيار ووسيطه الناقل، فلا يبقى للظهور المنتظر لتيار النقل الكهربائي إلا ابتناء المصعد موجب القطبية الـ Positive Polarity. وهذا دور ذيل موجة الضغط العاملة الـ Action Pressure Wave's Trough، كما سنرى لاحقاً؛ انظر الشكل (3).

ثانياً: في وظيفة موجة ضغط العمل الـ Action Pressure Wave

(أ) وظيفة جبهة موجة الضغط العاملة الـ Action Pressure Wave's Crest:

أشرت سابقاً إلى الوجود الدائم لوسيط النقل العصبي داخل الشق المشبكي. كما أشرت إلى أهمية ذلك في جعل الشق المشبكي ناقلاً للكهرباء على الدوام، في أوقات الراحة كما في أزمنة العمل. رغم ذلك، وتحسيناً لوظيفة النقل الكهربائي عبر المشبك العصبي، تعمل موجة الضغط العاملة من فورها على تعزيز ناقلية الشق المشبكي للكهرباء وذلك باليتين متزامنتين.

تختزن جبهة الموجة الـ Crest الطاقة الحركية للموجة العاملة. فهي متى صدمت غشاء الانتفاخ الانتهائي للمحور العصبي الـ Knob، تمدد هذا الأخير واندفع مقتحماً فضاء الشق المشبكي. فيحدث تقاصر هام في عرض الشق المشبكي الـ Synaptic Cleft Width، والذي يكافئ تقارباً أكبر بين قطبي كمن العمل الانتهائي الـ Terminal Action Potential. بعدها، يكون انفرغ تيار النقل الكهربائي حتمية لا تمهل فيها، هذا أولاً.

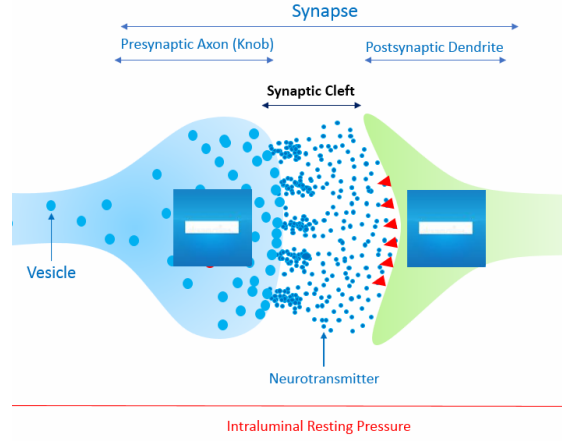
في الوقت ذاته، تضغط جبهة الموجة العاملة على الحويصلات المجهرية الملتصقة بهذا الغشاء. فتقذف هذه الأخيرة كامل مخزونها من وسيط النقل العصبي دفعة واحدة. والنتيجة كما أراها، زيادة كبيرة في كمية وتالياً كثافة وسيط النقل العصبي داخل الشق المشبكي. فيصبح هذا الأخير أقدراً على التوصيل الكهربائي، وهذا ثانياً.

اجتماع الفعلين يعني كفاءة أكبر في توصيل تيار النقل الكهربائي، وسرعة أكبر في عملية النقل العصبي. وهذا هو المطلوب تماماً؛ انظر الشكل (2).

(ب) وظيفة ذيل موجة الضغط العاملة الـ Action Pressure Wave's Trough:

يعمل الضغط السالب الـ Negative Pressure لذيل الموجة العاملة الـ Trough على فتح بوابات الألفية الخاصة بشوارد الكالسيوم Ca^{++} ، وعلى استدعاء هذه الأخيرة إلى الداخل الخلوي. تتراكم شوارد الكالسيوم داخل الانتفاخ الانتهائي الـ Knob فتبني قطبية موجبة هامة تقابل قطبية سالبة على الضفة الأخرى من الشق المشبكي. وبذلك، ينشأ كمن العمل الانتهائي الـ Terminal Action Potential.

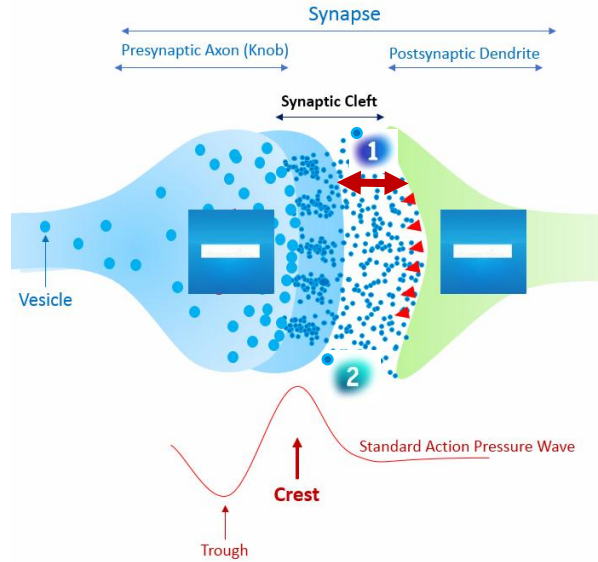
قطبيّة موجبة الـ Positive Polarity تقابلُ قطبيّة سالبة الـ Negative Polarity، يفصلُ بينهما وسيطٌ ناقلٌ للكهرباء الـ Conductor of Electricity، هو كلُّ ما يلزمُ لولادةٍ ومن ثمّ توصيلِ تيارِ النّقلِ الكهربائيّ الانتهاييّ الوحيدِ الناقلِ للإشارة العصبية بين خليتين عصبيتين، أو بين خلية عصبية وعضوٍ هدف الـ Effector Organ؛ انظر الشّكل (٣).



الشّكل (١)

المشبكُ العصبيُّ في حالة الرّاحة Neural Synapse at Rest

يتألّف المشبكُ العصبيُّ من الانتفاخ الانتهاييّ الـ Knob للمحور العصبيّ ما قبل المشبك الـ Presynaptic Axon، ومن استطالة عصبيةٍ للعصبون ما بعد المشبك الـ Postsynaptic Dendrite. يفصلُ بينهما فضاءٌ هو الشقُّ المشبكيّ الـ Synaptic Cleft. لا تتفكّ الحويصلاتُ المجهريةُ الـ Vesicles تُلقَى بمحملها من وسيط النّقل العصبيّ الـ Neurotransmitter داخل الشقُّ المشبكيّ. فعلاً لا يتوقّف ما دامت الحياة نابضةً. يتباطأ في أوقات الرّاحة الوظيفيّة، وينشطُ متسارعاً خلال عمليّة النّقل العصبيّ. إذا في حالة الرّاحة، يمتلئ الشقُّ المشبكيّ بالنّقل العصبيّ. ممّا يجعلُ من هذا الشقُّ وسطاً ناقلاً للكهرباء بشكلٍ دائم. انقنائياً، لزوم عمليّة التّفعليل أو التّثبيط المنوطة به إزاء العصبون ما بعد المشبك، يحتجزُ الناقلُ العصبيّ شوارد بعينها (المثلاثات الحمراء). هي شوارد موجبة كـ (Ca^{++}, Na^{+}) في المشابك الحاتّة على العمل، بينما تكون الشوارد سالبة كـ (Cl^{-}) في المشابك المثبّطة للعمل. في حالة الرّاحة، يكون الوسط الداخليّ لطرفي المشبك العصبيّ؛ ما قبل المشبك العصبيّ وما بعده، سلبيةً القطبيّة الـ Negative Polarity.

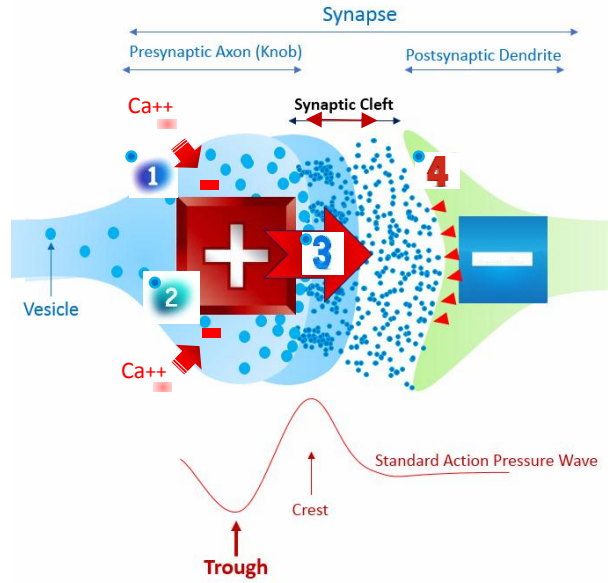


الشّكل (٢)

المشبكُ العصبيُّ حين النّقل العصبيّ (عملُ جبهة الموجة العاملة) Synapse In Action (Role of Wave's Crest)

موجة الضّغط العاملة متى صدمت بجبهتها الـ Crest غشاء الانتفاخ الانتهاييّ للمحور العصبيّ الـ Knob تمدّد هذا الأخير واندفع مقتحماً فضاء الشقُّ المشبكيّ. فيحدثُ تقاصرٌ هامٌّ في عرض الشقُّ المشبكيّ (1) الـ Synaptic Cleft Width والذي يكافئ تقريباً أكبر بين قطبيّ كمون العمل الانتهاييّ الـ Terminal Action Potential. بعدها، يكون انفراغ تيار النّقل الكهربائيّ حتميّة لا تمهيلٌ فيها، هذا أوّلاً. وفي الوقتِ ذاته، تضغطُ جبهة الموجة العاملة على الحويصلاتِ المجهريةِ المُلتصقة بهذا الغشاء.

فتتدفق هذه الأخيرة كامل مخزونها من وسيط النقل العصبي دفعة واحدة (2). والنتيجة كما أراها، زيادة كبيرة في كمية وتالياً كثافة وسيط النقل العصبي داخل الشق المشبكي. فيصبح هذا الأخير أقدر على التوصيل الكهربائي، وهذا ثانياً.



الشكل (3)

المشبك العصبي حين النقل العصبي (عمل ذيل الموجة العاملة)

Synapse In Action (Role of Wave's Trough)

يعمل الضغط السالب الـ Negative Pressure لذييل الموجة العاملة الـ Trough على فتح بوابات الألفية الخاصة بشوارد الكالسيوم Ca^{++} ، وعلى استدعاء هذه الأخيرة إلى الداخل الخلوي (1). تتراكم شوارد الكالسيوم داخل الانتفاخ الانتهائي الـ Knob فتنبي قطبية موجبة هامة (2) تقابل قطبية سالبة على الضفة الأخرى من الشق المشبكي. وبذلك، ينشأ كمون العمل الانتهائي الـ Terminal Action Potential. قطبية موجبة الـ Positive Polarity تقابل قطبية سالبة الـ Negative Polarity، يفصل بينهما وسيط ناقل للكهرباء الـ Conductor of Electricity هو كل ما يلزم لولادة ومن ثم توصيل تيار النقل الكهربائي الانتهائي (3) الوحيد الناقل للإشارة العصبية بين خليتين عصبيتين، أو بين خلية عصبية وعضو هدف الـ Effector Organ. يعمل تيار النقل الكهربائي على تحرير الشوارد المحتجزة داخل الشق المشبكي، وعلى سحب هذه الشوارد إلى الداخل الخلوي للعضو الهدف (4).

لمشاهدة فيديو قصير يشرح تفصيلاً النقل العصبي عبر المشبك، انقر على هذا الرابط

في السياق ذاته، أنصح بقراءة المقالات التالية:

-هل يفيد التداخل الجراحي الفوري في أدبائ النخاع الشوكي وذيل الفرس الرضائية؟

-النقل العصبي، بين مفهوم قاصر وجديد حاضر

[The Neural Conduction.. Personal View vs. International View](#)

-عرض تمثيلي لألية النقل العصبي في الليف العصبي [Innovated View of Neural Conduction](#)

-المستقبلات الحسية، عبقرية الخلق وجمال المخلوق

[The Sensory Receptors, The Genius of Creation and the Beauty of Creature](#)

-النقل في المشابك العصبية [The Neural Conduction in the Synapses](#)

-النقل في المشابك العصبية (PowerPoint Presentation)

-عقدة رانفييه، ضابطة الإيقاع [The Node of Ranvier, The Equalizer](#)

-عرض مصور لدور عقدة رانفييه كضابط إيقاع في النقل العصبي

[Node of Ranvier, The Equalizer \(PowerPoint\)](#)

في فقه الأعصاب، الألم أولاً [The Pain is First](#)

في فقه الأعصاب، الشكل.. الضرورة [The Philosophy of Form](#)

-تخطيط الأعصاب الكهربائي، بين الحقيقي والموهوم

-الصدمة النخاعية (مفهوم جديد) [The Spinal Shock \(Innovated Conception\)](#)

-أدبائ النخاع الشوكي، الأعراض والعلامات السريرية، بحث في آليات الحدوث

[The Spinal Injury, The Symptomatology](#)

التنكس الفاليري، يهاجم المحاور العصبية الحركية للعصب المحيطي.. ويعت عن محاوره الحسية
Wallerian Degeneration, Attacks the Motor Axons of Injured Nerve and Conserves its Sensory Axons

كما أنصح بقراءة رؤى جديدة في سياقات أخرى:

- خُلقتِ المرأةُ من ضلعِ الرَّجُلِ، رائعةُ الإيحاءِ الفلسفيِّ والمجازِ العلميِّ
- نعم، خُلقتِ المرأةُ من ضلعِ الرَّجُلِ، والشَّاهدُ جسيمُ بار (PowerPoint)
- المرأةُ تقرُّ جنسَ ولِيدِها، والرَّجُلُ يدَّعي!
- كما النطاف، هناك بويضة مؤنثة وأخرى ذكر (PowerPoint)
- الرُّوحُ والنَّفْسُ.. عَطيَّةُ خالقٍ وصنِيعَةُ مخلوقٍ
- خلقُ السَّمَاوَاتِ والأَرْضِ أكبرُ من خلقِ النَّاسِ.. في المراميِّ والدَّلالاتِ
- مُكاشفاتِ قرآنيَّة، تُفأحةُ آدم، خلقُ حواءَ من ضلعِ آدم، حواء.. دلالاتٌ ومعنى
- حِواء.. هذه
- سفينَةُ نوح، طوقُ نِجاةٍ لا معراجَ خلاص
- المصباحُ الكهربائي، بين التَّجريدِ والتَّنفيذِ رحلةُ ألفِ عام
- هكذا تكلمَ إبراهيمُ الخليل
- فقهُ الحضارات، بين قوَّةِ الفكرِ وفكرِ القوَّةِ
- العُدَّةُ وعلَّةُ الاختلافِ بين مُطقَّةٍ وأرملةٍ ذاتِ عفاف
- تعدُّدُ الرُّوجاتِ وملكُ اليمين.. المنسوخُ الأجلُ

٢٠١٨/٥/٢٢