

تخطيطُ الأعصابِ الكهربائيّ، بين الحقيقيّ والموهوم

Electromyography, Concepts revolution

يحدثُ أن تُخطئَ النظريّةُ. ثم تأتي غرائبُ الصّدْفِ فتُلقي عليها أثوابَ العفّةِ والدّلالِ. يأتي بعدها الزّمانُ بعظيمِ الأخبارِ وعديدِ الصّورِ لكشفِ المستور، وما خفي من ضلالٍ وفُجور. فيستميثُ حامو الرُّوسِ في الدّفاعِ عنها وصونِ حصانتِها. ويبقى الزّمانُ وحيداً حائراً. لا هو قادرٌ على التّصفيقِ والتّهلِيلِ مع جمهورِ التّابعين، ولا هو قادرٌ على دفنِ ما ملكتُ يداهُ.

يدرسُ تخطيطُ العضلاتِ الكهربائيّ الـ EMG استجابةَ العضلاتِ لمُحرّضِ كهربائيّ. سواءً كان هذا المُحرّضُ تيّاراً كهربائياً خارجياً، أم تيّاراً كهربائياً داخلياً مصدره العصبُ المُغذّي للعضلة، فالنتيجةُ واحدةٌ لا اختلافٌ فيها. لذلك، سيبقى تخطيطُ العضلاتِ الكهربائيّ بالخاصّةِ خارجَ البحثِ. بالمقابل، ستكون سرعةُ النّقلِ العصبيّ الـ NCV هي الحدثُ، وفي صلبِ دراستي النّقديةِ القادمة، ففيه يتصارعُ الموهومُ مع الحقيقيّ.

الموهومُ والحقيقيّ

يضعُ الباحثُ أصافّةً ناقلةً للكهرباءِ الـ Electrode على سطحِ الجلدِ مباشرةً فوق العصبِ موضوعِ البحثِ. يُطلقُ عبرها نبضةً كهربائيةً صُنعيةً. ومن ثمّ، يستقبلُ النبضةَ الكهربائيّةَ الـ Electrical Impulse في نقطةٍ ما بعيدةٍ Distal عن الأولى على مسارِ العصبِ ذاته. يحصلُ الباحثُ بنتيجتها على رسمٍ بيانيّ وقيمٍ، منها سرعةُ النّقلِ العصبيّ الـ NCV.

افتراضُ الباحثِ أنّ التّيّارَ الكهربائيّ الصّنعِيّ سيأخذُ في انتشاره مسارَ تيّارِ النّقلِ العصبيّ العضويّ. فكلاهما يسري على سطحِ المحورِ العصبيّ، كما اعتقدَ هو. وبالتالي، ستكونُ النتيجةُ واحدةً في قياسِ سرعةِ النّقلِ العصبيّ ما دام الأمرُ كهرباءً هنا وكهرباءً هناك، ومادامَ مسارُ الانتشارِ لكليهما واحداً لا يبدلُ له في كلا الأمرين.

يستخدمُ الباحثُ هذا المفهومَ في مقارنةِ الأديّاتِ العصبيّةِ وبتناجٍ صحيحةٍ أحياناً وملتبسةٍ في أحيانٍ كثيرةٍ. فأما الصّحيحةُ منها فكَرست مفهومه حولَ آليّةِ النّقلِ العصبيّ التّقليديّةِ إلى أن أصبحتُ أصيلةً في وجدانه كما في الوجدانِ الجمعيّ لجمهورِ التّابعين. وأما الخاطئةُ منها فردّها ظلماً إلى خطأ العضويّةِ في نجواها، أو إلى قصورِ التّقيّياتِ في رصدِ هذه النّجوى. وأما تصوّراته عن النّقلِ العصبيّ فهي الحقيقةُ الثّابتةُ التي لا يمكنُ المساسَ بها بحالٍ من الأحوالِ. هذا ما كان.

ثورةُ المفاهيمِ

في مقالٍ لي بعنوان "النّقلِ العصبيّ، بين موروثِ قاصرٍ، وجديدِ حاضرٍ" شرحتُ مطوّلاً رؤيتي الجديدةَ لآليّةِ النّقلِ العصبيّ في المحاورِ العصبيّةِ. لا يتّسعُ المقامُ هاهنا لبسطِ واسعٍ للفكرة، لكنّ بإيجازٍ أقول. في النّقلِ العصبيّ الحقيقيّ، تُحملُ تيّاراتُ النّقلِ الكهربائيّةُ الـ Action Electrical Currents على موجةٍ ضغطيةٍ عاملةٍ الـ Action Pressure Wave. وكلاهما، التّيّاراتُ الكهربائيّةُ وموجةُ الضّغطِ، تسري داخلَ المحورِ العصبيّ، في لمعته لا على سطحِ غمدهِ النّخاعينيّ الـ Myelin Sheath.

إذاً، التّيّارُ الكهربائيّ الصّنعِيّ لن يُطابقَ التّيّاراتِ الكهربائيّةَ العاملةَ حقيقةً في نقلِ الإشارةِ العصبيّةِ الفعليّةِ إلّا في الجهة، وربّما في التّأثيرِ على العضوِ الهدفِ. أمّا مسارُ الانتشارِ فمختلفٌ بين الاثنين. فمسارُ الأوّلِ جداريٌّ سطحيّ، ومسارُ الثّاني عميقٌ في لمعةِ المحورِ العصبيّ.

رُبَّ صُدْفَةٍ!

قد يقول قائلٌ، في الأدبياتِ الغمديةِ للمحورِ العصبيِّ الـ Myelin Sheath Injuries يتباطأُ النَّقْلُ العصبيُّ بصورةً ثابتة. ألا يطرحُ ذلك الشبهةَ بدورِ ما لجدارِ المحورِ العصبيِّ في عمليةِ النَّقْلِ العصبيِّ؟ هذا أولاً. ثانياً، في الأدبياتِ الغمديةِ أيضاً، تستطيعُ وسائلُ القياسِ التَّقليديةِ الـ Electromyograph موضوعُ الاتِّهامِ أن ترصدَ نقصاً مُعتبراً في سرعاتِ النَّقْلِ. والسؤالُ المُشكلةُ هنا، كيف يمكنُ لتقنيةِ خاطئةٍ حسبما تندعي أن تأتي بنتائجٍ صحيحةٍ موافقةٍ لواقعِ إصابةِ العضويةِ؟

أقولُ، نعم في مثالكُم يحدثُ ما ذكرتمُ، لكنَّهُ من قبيلِ الصُّدفِ المحمودةِ لا أكثر. فقد وافقتُ نتائجِ الدِّراسةِ التَّقليديةِ للعصبِ واقعَ حالِ العضويةِ لاقتربِ المُتوهَّمِ من الحقيقيِّ في مكانٍ ما. فالاثنتان، التِّيَّارُ الكهربائيُّ الخارجيُّ وتِّيَّاراتُ النَّقْلِ العصبيِّ الحقيقيَّةُ، تجتمعُ على أهميَّةِ غمدِ النَّخاعينِ في عمليةِ النَّقْلِ العصبيِّ في الليفِ العصبيِّ الـ Neural Fiber. فغمدُ النَّخاعينِ هو الحاملُ الأوحدُ للتِّيَّارِ الكهربائيِّ الخارجيِّ لزومِ الدِّراسةِ الكهربائيَّةِ للعصبِ. بغيابه يتعزُّرُ انتشارُ التِّيَّارِ الكهربائيِّ حُكماً، ويتأخَّرُ عن بلوغِ مسبارِ الرِّصدِ عند نقطةِ الوصولِ. أمَّا بالنسبةِ لتِّيَّاراتِ النَّقْلِ العصبيِّ الحقيقيَّةِ فحكايتهُ مع غمدِ النَّخاعينِ الـ Myelin Sheath جدُّ مختلفةٍ وإن بدت غيرَ ذلك. لفهمِ هذه العلاقةِ لا بُدَّ من توطئةٍ وثيقةِ الصِّلةِ.

بين قوسين

ترتبطُ سرعةُ النَّقْلِ العصبيِّ الحقيقيِّ أساساً بسرعةِ موجةِ الضَّغَطِ العاملةِ فيه الـ Action Pressure Wave. سرعةُ هذه الأخيرة، وهي بالمناسبة موجةٌ طولانيَّةٌ الـ Longitudinal Wave، رهنٌ بقطرِ المحورِ العصبيِّ. فكُلما ازدادَ هذا القطرُ اتَّساعاً، ازدادتْ معه موجاتُ الضَّغَطِ العاملةُ داخله طويلاً الـ Wavelength، وتالياً سرعةُ انتشارِ الـ Wave Velocity. الحديثُ عن موجاتِ ضغَطِ عاملةٍ سريعةِ الانتشارِ يكافئُ الحديثَ عن موجاتِ عملٍ عاليةِ الطَّاقةِ بشقيها الحركيِّ والكامنِ. وفي المكافئاتِ أيضاً، تأتي القيمُ المرتفعةُ للضَّغَطِ داخلَ المحورِ العصبيِّ في حالةِ الرَّاحةِ الـ Resting Pressure كما في حالةِ العملِ الـ Action Pressure.

لا يستطيعُ الغشاءُ الخلويُّ الـ Cell Membrane للليفِ العصبيِّ أن يتحمَّلَ مُنفرداً قيماً عاليةً من ضغطِ الرَّاحةِ، فكيف إذاً هو الحالُ مع ضغوطِ العملِ الأعلى قيمةً بكثير. هنا، يأتي غمدُ النَّخاعينِ ليرفعَ من مقاومةِ الغشاءِ الخلويِّ، ويزيدُ من قدرتهِ على تحمُّلِ موجاتِ ضغَطِ عملٍ عاليةِ الطَّاقةِ والسَّريعةِ. وهذه الأخيرة هي حواملُ لتِّيَّارِ النَّقْلِ العصبيِّ لا غنى عنها من أجلِ سرعاتِ نقلٍ عاليةٍ.

إذاً، في أدبياتِ المحورِ العصبيِّ الغمديةِ، لن تتمكَّنِ العضويةُ من ابتناءِ ضغَطِ راحةٍ عالي القيمةِ، ولا من خلقِ موجاتِ ضغَطِ عاملةٍ عاليةِ السَّريعةِ والطَّاقةِ. والنَّتيجةُ تناقصُ سرعةِ النَّقْلِ العصبيِّ حكماً.

عودٌ على بدء

يلتقي المفهومان، القديمُ الموهومُ والجديدُ الحقيقيُّ خاصتي، على أهميَّةِ غمدِ النَّخاعينِ في الوصولِ إلى سرعاتِ عاليةٍ من النَّقْلِ العصبيِّ وإن اختلفا في آلياتِ العملِ. في كليهما، تتناقصُ سرعةُ انتشارِ التِّيَّارِ الكهربائيِّ بأذيةِ المحورِ العصبيِّ الغمديةِ.

فذاك الذي ترصدُه وسائلُ الاستقصاءِ التَّقليديةِ الـ Electrograph هو نقصُ سرعةِ انتشارِ التِّيَّارِ الكهربائيِّ المُطبَّقِ قسراً على العضويةِ. أمَّا النَّقصُ الحقيقيُّ في سرعةِ انتشارِ تِّيَّاراتِ النَّقْلِ العصبيِّ العاملةِ، فهو بعيدٌ تمامً البُعدِ عن متناولِ أجهزةِ الرِّصدِ سالفَةِ الذِّكر. لكن، ولحسنِ الحظِّ، التَّبَدُّلُانِ الطَّارئانِ صادفَ أن كانا في ذاتِ الاتِّجاهِ. فهنا نقصُ في سرعةِ انتشارِ التِّيَّارِ الكهربائيِّ الصُّنعيِّ، وهناك نقصُ في سرعةِ انتشارِ التِّيَّاراتِ الكهربائيَّةِ العاملةِ حين النَّقْلِ العصبيِّ الحقيقيِّ. فأشارُ الأوَّلِ إلى الثَّاني دونَ أن يكونَ هو بالضَّرورةِ.

الحقيقة كل غير مجزوء

إن كان مفهومكم صحيحاً، فماذا تقولون في حالاتٍ مرضيةٍ كثيرةٍ غابت فيها الوظيفة العصبية تماماً بينما بقيت سرعة النقل العصبي المقروءة على أجهزة الرصد خاصيتكم طبيعية، أو كادت؟

ففي الأذيات المحورية التَّنكسية الـ Degenerative Axonal Lesions، نغيب الاستجابة الحركية الطبيعية في العضلة الهدف الـ Effector Muscle، بينما تستمر أجهزة القياس التقليدية في تسجيل سرعات نقلٍ طبيعية. لنضع هذه الظاهرة تحت عدسة كلا المنظرين في آلية النقل العصبي؛ العام الموهوم والخاص الحقيقي.

في الموهوم، استمر النقل العصبي لسلامة عمدة النخاعين، حامل مسار انتشار التيار الكهربائي الخارجي في الوقت نفسه. بينما غاب الفعل الوظيفي للنقل العصبي لغياب مادة المحور العصبي.

في الحقيقي، الأمر خلاف ذلك تماماً. ففي تنكس المحور العصبي، تتناقص سرعة النقل العصبي كما فعله الوظيفي. يغيب الأول بسبب غياب مادة المحور العصبية البنيوية؛ الحويصلات الـ Vesicles بالخاصة، من لمعة المحور العصبي. وتغيب الوظيفة لغياب الحويصلات ومحملها من وسيط النقل العصبي من الانتفاخ الانتهائي ما قبل المشبك الـ Knob ومن الشق المشبكي الـ Synaptic Cleft على الترتيب.

فأما مادة المحور العصبي فهي مطية موجة الضغطة العاملة ومحملها من تيارات النقل العصبي العاملة. إذ لا يمكن لموجات الضغطة أن تمتطي الخلاء. وأما الحويصلات المجهريّة الـ Vesicles ومحملها وسيط النقل العصبي الـ Neurotransmitter فغاية النقل العصبي ومرساله إلى العضو الهدف في الجهة الأخرى من الشق المشبكي. فلا وجود لفعل وظيفي دون وجود وسيط عصبي يملأ الشق المشبكي. ولا أهمية للوسيط العصبي دون وصول موجة الضغطة العاملة ومحملها تيار النقل الكهربائي إلى المشبك العصبي. تدقيق ذلك كله كما تفصيله، تجدونه في مقال بعنوان **"النقل العصبي، بين قديم قاصر وجديد حاضر"**، وفي مقال بعنوان **"النقل في المشبك العصبي"**، وفي مقال بعنوان **"التنكس الفاليري، رؤية جديدة"**.

إذاً، تتناقص سرعة النقل العصبي في الأذيات التَّنكسية للمحور العصبي بسبب خلخلة الوسط داخل الليف العصبي. وقد علم ما لذلك من تأثير سالب على سرعة انتشار موجات الضغطة العاملة وغابت الوظيفة لغياب وسيط النقل العصبي من الشق المشبكي. وهذا ما لم تستطعه أجهزة الرصد التقليدية كشفاً وتسجيلاً بسبب بطلان المفهوم الذي أقيمت عليه أساساً.

جملة معترضة

لفهم الفعل الوظيفي لعملية النقل العصبي لا بدّ من التذكير بوظيفة الناقل العصبي الـ Neurotransmitter والحويصلات المجهريّة الـ Vesicles الحاملة له. يُصنع الوسيط العصبي في جسم العصبون الـ Soma، ويُخزّن داخل الحويصلات المجهريّة. ثم تُنقل جميعاً عبر المحور العصبي إلى المشبك الانتهائي حيث يكون دورها أساسياً في نقل الإشارة العصبية إلى العضو الهدف. لن أدخل هنا في التفاصيل ودقائق الأمور لغياب الاتفاق بين العام والشخصي في هذا المخصوص أيضاً.

بعد وصوله إلى المشبك الانتهائي الـ Synapse، تحتاج عملية النقل العصبي إلى الوسيط العصبي لنقل الإشارة إلى العضو الهدف. العضو الهدف الـ Effector Organ قد يكون عصبوناً آخر، وقد يكون عضلة. الخ. متى غاب هذا الوسيط انقطع الاتصال بين عناصر الدارة الوظيفية، وتوقفت عملية النقل العصبي عند حدود الشق المشبكي الـ Synaptic Cleft. فلا فعل وظيفي بدون وسيط عصبي يملأ الشق المشبكي.

الحظُّ العائزُّ

هنا خالفت نتائج الدّراسة التّقليديّة للعصبِ واقعَ حالِ العضويّة. أخطأ جهازكم في رصدِ حقيقةِ المتغيّراتِ لأنّ المتوهّمَ لا يطابقُ الحقيقةَ وإنّ تشبّهَ بها. المتغيّراتُ المرصّيةُ الواقعةُ حقيقةً في تنكّسِ المحورِ العصبيّ في وادٍ، والمرصودُ منها في جهازكم في وادٍ آخر. لم يفعلِ الحظُّ فعله هذه المرّة فظهرت جليّاً عيوبُ مفهومكم عن آليّة النّقلِ العصبيّ.

وتطولُ القائمةُ

هذا غيضٌ من فيض، وقليلٌ من كثير. فقائمة الشّواهدِ على قصورِ الدّراسة الكهربيّة للأعصابِ تطولُ وتطولُ. سأذكرُ منها على سبيلِ التّنديرِ لا أكثرَ مسألةً شغلت بالي طويلاً، تاركاً مهمّةً تطويرِ الفكرةِ ومعالجتها للبحثِ القادم.

فقد يحدثُ أن يأتيك مريضٌ بشكوى عصبية صريحة السّريريّاتِ تعلنُ صراحةً أدنيّة انضغاطيّة للعصب. الألمُ، وشواش الحسّ في باحة العصبِ المعنيّ، وإيجابيّة علامة قرع العصبِ Tinel's Sign، الخ، جميعاً شواهدُ لمعانة العصب. ثمّ يأتيك تقريرُ دراسة الأعصابِ كهربيّاً بغيابِ تامٍّ لكلِّ أدنيّة عصبية. كيف ولماذا؟

زبدَةُ القولِ

اشترك الاثنان المتوهّم والحقيقي في أهميّة غمدِ النّخاعين لسرعة النّقلِ العصبيّ، فوافق أن النّقا في قراءة المتغيّراتِ المرصّية حيناً. واختلفا فيما عدا ذلك، فافترقا بعده في أحيانٍ كثيرة.

أدنيّة غمدِ النّخاعين تؤثّرُ سلباً على سرعة النّقلِ العصبيّ في كلا المنظورين؛ الموهوم والحقيقي. كيفما أردتم أو أردتُ آليّة النّقلِ العصبيّ، يتباطأ النّقلُ العصبيّ في الأديّاتِ الغمدية للمحورِ العصبيّ. لحسن الحظّ، تتججّ أجهزة الرّصد التّقليديّة في إظهارِ تناقصِ سرعاتِ النّقلِ لعصبيّ. لكن خارجَ هذا السّياق، يبدأ الاختلافُ بالظهورِ جليّاً. كما وتفشلُ الصّدفةُ في تدبيرِ ما أفسده المفهومُ العائزُّ. كيف لا؟ والأساسُ موهومٌ خاطئٌ، وما بُنيَ على خطأ فهو باطلٌ، باطلٌ، باطلٌ، حتى انقطاعِ النّفسِ.

أنصح بقراءة روى جديدة في سياقاتٍ مشابهة:

- هل يفيدُ التّدخلُ الجراحيّ الفوريّ في أدنيّاتِ النّخاعِ الشّوكيّ وذيلِ الفرسِ الرضّيّة؟

- النقل العصبيّ، بين مفهوم قاصر وجديد حاضر

The Neural Conduction.. Personal View vs. International View

في النقل العصبيّ، موجاتُ الضّغطِ العاملة Action Pressure Waves

في النقل العصبيّ، كموناتُ العملِ Action Potentials

وظيفة كموناتِ العملِ والتياراتِ الكهربيّة العاملة

في النقل العصبيّ، التّياراتُ الكهربيّة العاملة Action Electrical Currents

الأطوارُ الثلاثة للنّقلِ العصبيّ

المستقبلات الحسيّة، عبقرية الخلق وجمال المخلوق

النقل في المشابك العصبيّة The Neural Conduction in the Synapses

- عقدة رانفييه، ضابطة الإيقاع The Node of Ranvier, The Equalizer

وظائفُ عقدة رانفييه The Functions of Node of Ranvier

وظائفُ عقدة رانفييه، الوظيفة الأولى في ضبطِ معاييرِ الموجة العاملة



- وظائفُ عقدة رانفيه، الوظيفةُ الثانيةُ في ضبطِ مسارِ الموجةِ العاملة
- وظائفُ عقدة رانفيه، الوظيفةُ الثالثةُ في توليدِ كموناتِ العمل
- في فقه الأَعْصاب، الألمُ أولاً *The Pain is First*
- في فقه الأَعْصاب، الشكلُ.. الضرورةُ *The Philosophy of Form*
- تخطيطُ الأَعْصاب الكهربيّ، بينَ الحقيقيِّ والموهوم
- الصدمةُ النخاعيةُ (مفهومٌ جديد) *The Spinal Shock (Innovated Conception)*
- أَنْبِيَاتُ النخاعِ الشوكيِّ، الأعراضُ والعلاماتُ السريريَّةُ، بحثٌ في آلياتِ الحدوثِ *The Spinal Injury, The Symptomatology*
- الرَّمعُ *Clonus*
- اشتدادُ المنعكسِ الشوكيِّ *Hyperactive Hyperreflexia*
- اتِّساعُ باحةِ المنعكسِ الشوكيِّ الاشتداديِّ *Extended Reflex Sector*
- الاستجابةُ ثنائيةُ الجانبِ للمنعكسِ الشوكيِّ الاشتداديِّ *Bilateral Responses*
- الاستجابةُ الحركيَّةُ العديدةُ للمنعكسِ الشوكيِّ *Multiple Responses*
- التنكُّسُ الفاليري، يهاجمُ المحاورَ العصبيَّةَ الحركيَّةَ للعصبِ المحيطي.. ويعفُّ عن محاوره الحسيَّةَ
- Wallerian Degeneration, Attacks the Motor Axons of Injured Nerve and Conserves its Sensory Axons*
- التنكُّسُ الفاليري، رؤيةٌ جديدةٌ *Wallerian Degeneration (Innovated View)*
- التَّجْدُّدُ العصبيُّ، رؤيةٌ جديدةٌ *Neural Regeneration (Innovated View)*
- المنعكساتُ الشوكيَّةُ، المفاهيمُ القديمةُ *Spinal Reflexes, Ancient Conceptions*
- المنعكساتُ الشوكيَّةُ، تحديثُ المفاهيمِ *Spinal Reflexes, Innovated Conception*
- خُلِّقتِ المرأةُ من ضلعِ الرِّجلِ، رائعةُ الإيحاءِ الفلسفيِّ والمجازِ العلميِّ
- المرأةُ تفرِّزُ جنسَ ولدها، والرِّجلُ يدَّعي!
- الرُّوحُ والنَّفْسُ.. عَطِيَّةُ خالقٍ وصنيعَةُ مخلوقٍ
- خَلْقُ السَّمَاوَاتِ والأَرْضِ أكبرُ من خَلْقِ النَّاسِ.. في المراميِّ والدلالاتِ
- تُفَاحَةُ أدمِ وضلعُ أدمِ، وجهانُ لصورةِ الإنسانِ.
- حسَّوَاءُ.. هذه
- سفينةُ نوح، طوقُ نجاةٍ لا معراجٍ خلاصٍ
- المصباحُ الكهربيّ، بينَ التَّجريدِ والتَّنفيذِ رحلةُ ألفِ عامٍ
- هكذا تكلمَ ابراهيمُ الخليلُ
- فقهُ الحضاراتِ، بينَ قوَّةِ الفكرِ وفكرِ القوَّةِ
- العَدَّةُ وعِلَّةُ الاختلافِ بينَ مُطلَّقةٍ وأرملَةٍ ذاتِ عفافٍ
- تَعَدُّدُ الزَّوجاتِ وملكُ اليمينِ.. المنسوخُ الأجلُ
- الثَّقَبُ الأسودُ، وقرصِيَّةُ النُّجمِ السَّاقِطِ
- جُسيمُ بار، مفتاحُ أحجيةِ الخلقِ
- صبيُّ أمِ بنتٍ، الأمُّ تُفرِّزُ!
- القدمُ الهابطةُ، حالةٌ سريريَّةٌ
- خَلْقُ حَوَاءَ من ضلعِ أدمِ، حقيقةٌ أم أسطورةٌ؟
- شللُ الضَّفيرةِ العضديَّةِ الولاديِّ *Obstetrical Brachial Plexus Palsy*