د. عمّـــار ياسين منصور

المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ
الشُّعورُ المُستمِرُّ بالأشياءِ، عبقريَّةُ خَلْقٍ وجَمالُ مَخلوقٍ
Sensory Receptors: How to Constantly Feel Things?

ملخَّصُ المقال

يقدّمُ هذا المقالُ فرضيَّةً جديدةً لتفسيرِ استمرارِ الإدراكِ اللَّمسيّ عندَ التَّلامسِ معَ الأجسامِ الثَّابتةِ، رغمَ ظاهرةِ تكيُّفِ المستقبلاتِ الحسّيَّةِ. فبعدَ التَّلامسِ الأوليّ، تبدأُ المستقبلاتُ — وَمنها جسيماتُ باسيني — بإرسالِ إشارةٍ تعبّرُ عنِ الضَّغطِ الفعليّ للجسمِ، لكنَّها سرعانَ ما تتوقَّفُ عنِ الاستجابةِ بسببِ تلاشي فارقِ الضَّغطِ. وَيفترضُ المقالُ أنَّ الجهازَ العصبيَّ لا يقبلُ هذا الصَّمتَ الحسّيَّ، بلْ يعتمدُ على ضغطِ النَّبضةِ النَّاتجِ عنِ انقباضِ وَانبساطِ الشَّرايينِ المحليَّةِ لتوليدِ فارقِ ضغطٍ دوريّ يعيدُ تنشيطَ المستقبلاتِ. وَبذلكَ تتحوَّلُ الإشاراتُ الحسّيَّةُ المستمرَّةُ إلى نبضاتٍ صادرةٍ متقطّعةٍ، يفسّرُها الدِّماغُ على أنَّها استمرارٌ لوجودِ الجسمِ، مع أنَّ تقديرَ شدَّةِ الضَّغطِ يعتمدُ على مقدارِ ضغطِ النَّبضةِ (ΔP) لا على الضَّغطِ الحقيقيّ للجسمِ. كما يوضّحُ المقالُ أنَّ الخلايا العصبيَّةَ الحسّيَّةَ تعتمدُ على تنشيطٍ متدرّجٍ للمستقبلاتِ بدلَ قانونِ «الكلُّ أو لا شيءَ»، ممَّا يتيحُ لها تمييزُ شدَّةِ المنبّهاتِ بدقَّةٍ. وَخلصَ المقالُ إلى أنَّ ضغطَ النَّبضةِ يشكّلُ مُحرّكًا أساسيًّا لاستمرارِ عملِ المستقبلاتِ الحسّيَّةِ، وَأنَّ استثمارَ الكائنِ الحيّ لإيقاعِهِ الدَّاخليّ يمثّلُ آليَّةً عبقريَّةً للحفاظِ على الوعي المستمرّ بالبيئةِ المحيطةِ.

الكلماتُ المفتاحيَّةُ: المستقبلات الحسية، جسيمات باسيني، ضغط النبضة، تكيّف المستقبلات، الإدراك اللمسي المستمر، موجات الضغط الفعالة، موجات الضغط العاملة، قانون الكل أو لا شيء

المقدّمةُ

أيّاً يكُ الفكرُ الذي تعتدُّ بهِ، وأيّاً تكُ المدرسةُ التي تنتمي إليها، فالجميعُ يقولُ بِبُتِمِ ولحظيَّةِ الفعلِ الذي تمارسُه المادَّةُ على المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ. فالمادَّةُ إذا ما وقعَتْ على سطحِ الجلدِ، طالَ زمنُ وصالِها أمْ قَصُرَ، أحدثَتْ مِنْ فورِها أثراً يتيماً على هذهِ المُستقبلات. بعدَه، تفقدُ المادَّةُ قدرتَها على إطلاقِ عملِ المُستقبلاتِ مِنْ جديد. رغمَ ذلكَ تبقى العضويَّةُ الحيَّةُ تشعرُ بوجودِ المادَّةِ مادامتِ المادَّةُ على تماسٍ معها. هو شعورٌ يختلفُ عنِ الشُّعورِ الأوَّلِ لأنَّ مفرداتِه تختلفُ عنْ مفرداتِ الأوَّل. في هذهِ المفرداتِ سأبحثُ، وفي عبقريَّةِ وجمالِ التَّفصيلِ سأخوض.

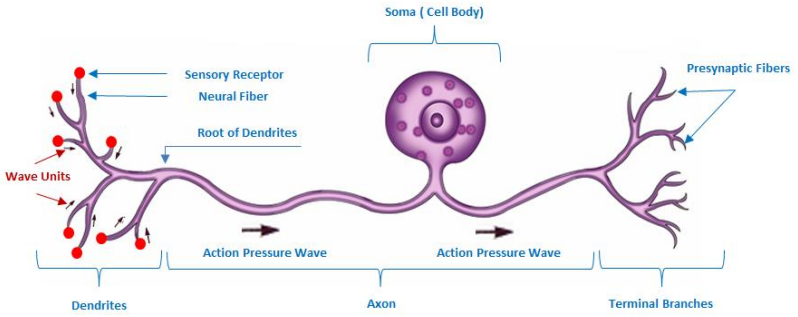
التَّشريحُ الوظيفيُّ *Functional Anatomy*

تختلفُ المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ الـ Sensory Receptors في الشَّكلِ وطبيعةِ الأثرِ المَرصودِ، لكنَّها تتَّفقُ جميعاً في آليَّةِ عملِها. عمادُ بنيانِها ليفٌ عصبيٌّ يرفدُ المُستقبلَ الحسّيَّ. اللّيفُ العصبيُّ الـ Neural Fiber هو واحدٌ مِنْ كثيرِ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةِ الانتهائيَّةِ الـ Dendrites للعصبونِ الحسّيِّ الـ Sensory Neuron.

يرصدُ كلُّ مُستقبلٍ حسّيٍّ أثراً واحداً مِنْ أفعالِ العاملِ المُحرّضِ (لونُه، ملمسُه، حرارتُه، الخ). ثمَّ يُحوّلُ هذا الأثرَ إلى موجةِ ضغطٍ جزئيَّةٍ تسري في اللِّيفِ العصبيّ؛ أُسمّيها الوحدةَ الموجيَّةَ الـ Wave Unit. عندَ جذرِ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةِ الـ Root of Dendrites، حيثُ تجتمعُ أليافُها معلنةً بدايةَ المحورِ العصبيّ، تندمجُ الوحدةُ الموجيَّةُ مع أخرياتٍ مُشابهاتٍ لها في موجةِ ضغطٍ عاملةٍ وحيدةٍ الـ Active Pressure Wave. هذهِ الأخيرةُ ما هيَ إلَّا المجموعُ الحسابيُّ للوحداتِ الموجيَّةِ النَّاشئةِ في جميعِ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةِ لعصبونٍ وحيدٍ، أو في بعضٍ مِنْ أليافِهِ كما سنرى لاحقاً.

تسري موجةُ الضَّغطِ العاملةُ حاملةً معها الإشارةَ الحسّيَّةَ داخلَ المحورِ العصبيّ لتبلغَ المشابكَ العصبيَّةَ الـ Synapses. ومِنْ وسيطٍ عصبيٍّ إلى آخرَ، يصلُ التَّنبيهُ الحسّيُّ أخيراً إلى المراكزِ العليا المُتخصّصة. تقومُ هذهِ الأخيرةُ بقراءةِ الموجةِ العاملةِ وكثيراتٍ غيرِها واردِ المنطقةِ ذاتِها. فيكونُ إحساسُنا بالعاملِ المُحرّضِ، في جانبٍ مِنْ جوانبِ شخصيتِه، وفقَ ما يقتضيهِ تخصُّصُ هذا المستقبلِ أو ذاكَ؛ **انظرِ الشَّكل (١).**

تتكاملُ صورةُ المَحسوسِ بدمجِ جميعِ المعطياتِ الواردةِ مِنَ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ العاملةِ في منطقةِ التَّماس. هيَ مُستقبلاتٌ حسّيَّةٌ ذاتُ تخصُّصاتٍ وظيفيَّةٍ مختلفةٍ تغطّي بمجموعِها كاملَ طيفِ الفعلِ للمادَّةِ المَرصودة. **دمجُ المُعطياتِ الحسّيَّةِ الواردةِ، ومقاربتُها لما في مخزونِ العضويَّةِ مِنْ تجاربِ السّنينِ الغابرةِ، تُظهِرُ صورةً ذهنيَّةً متكاملةً للمَحسوسِ المَرصود.**



الشَّكل (١)
العصبونُ الحسّيُّ،
المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ والوحداتُ الموجيَّةُ
The Sensory Neuron,
The Sensory Receptors & The Wave Units

يختصُّ كلُّ عصبونٍ حسّيٍّ برصدِ طيفٍ واحدٍ مِنْ شُعاعِ القوَّةِ العاملةِ عندَ سطحِ التَّماس.
أدواتُه مُستقبلاتٌ حسّيَّةٌ مبثوثةٌ عندَ سطوحِ التَّماس.
زُرعَ في كلِّ مُستقبلٍ منها ليفٌ عصبيٌّ الـ Neural Fiber جُرّدَ مِنْ غمدِه النُّخاعيني.
اللِّيفُ العصبيُّ هو واحدٌ مِنَ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةِ الـ Dendrites.
عندَ التَّماسِ معَ المادَّةِ المحسوسةِ، تنشأُ في اللِّيفِ العصبيّ وحدةٌ موجيَّةٌ الـ Wave Unit.
وعندَ جذرِ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةِ الـ Root of Dendrites، تلتقي الوحدةُ الموجيَّةُ مع أخواتِها ولِيداتِ المستقبلاتِ الحسّيَّةِ الأخرى للعصبونِ ذاتِه.
المجموعُ الجبريُّ للوحداتِ الموجيَّةِ الأخواتِ ما هوَ إلَّا موجةُ الضَّغطِ العاملةُ حاملةُ التَّنبيهِ الحسّيّ.
تسري الموجةُ العاملةُ داخلَ المحورِ العصبيّ وصولاً إلى تفرُّعاتِه الانتهائيَّةِ الـ Terminal Branches.
تتقاسمُ الأليافُ ما قبلَ التَّشابكِ الـ Presynaptic Fibers موجةَ الضَّغطِ العاملةَ ومحمولَها مِنْ طاقةِ المُنبِّهِ.
ثمَّ عبرَ المشابكِ العصبيَّةِ الـ Synapses، تنتقلُ الإشارةُ إلى العصبوناتِ الوسيطة.
وعبرَ هذهِ الأخيرةِ، تصلُ الإشارةُ إلى المراكزِ الحسّيَّةِ العليا في نهايةِ الأمر.

قانونُ الكلِّ أو اللَّاشيء *All-or-None Law*

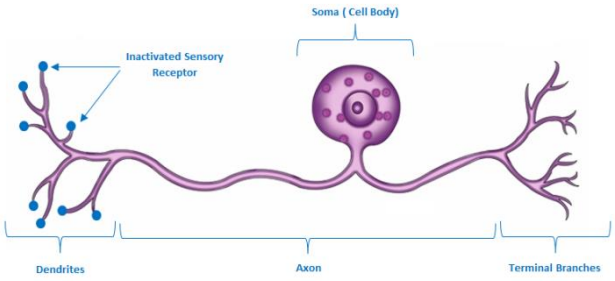
كنتُ قدْ تحدَّثتُ عنْ قانون الكلِّ أوِ اللَّاشيء في مقالةٍ بعنوان *النَّقلُ العصبيُّ، بينَ مَوروثٍ قاصرٍ وجديدٍ حاضرٍ*. يبقى هذا القانونُ صحيحاً واجبَ التَّطبيقِ في العصبوناتِ الحركيَّةِ الآمرة. بالمقابلِ، ليسَ على العصبوناتِ الحسّيَّةِ النَّاقلةِ واجبُ التَّنفيذِ. وهذا منطقيٌّ تحكمُه الوظيفةُ المنوطةُ بهذهِ الأخيرة.

وظيفيَّاً، تنقلُ العصبوناتُ الحسّيَّةُ التَّنبيهاتِ المختلفةَ طبيعةً وشدَّةً. وحسبَ طبيعةِ وشدَّةِ المُحرِّضِ، يتنبَّهُ هذا الكمُّ مِنَ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ أو ذاك. على كلِّ مُستقبلٍ واجبُ تشكيلِ الوحدةِ الموجيَّةِ خاصَّتِه. تجتمعُ الوحداتُ الموجيَّةُ الوليدةُ عندَ جذرِ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةِ الـ *Root of Dendrites* لتُشكِّلَ موجةً عاملةً وحيدةً، هيَ موجةُ الضَّغطِ العاملةُ الـ *Action Pressure Wave*. ثمَّ تسري هذهِ الأخيرةُ عبرَ المحورِ العصبيِّ لتبلغَ المِشبكَ الانتهائيَّ؛ **انظرِ الشَّكلَ (١).**

فيما يخصُّ الطَّبيعةَ، المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ الـ *Sensory Receptors* مُتخصِّصةٌ وظيفيَّاً. لكلٍّ منها عنصرُ تشغيلٍ مُحدَّدٌ أزلاً. هيَ حسَّاسةٌ لهُ، بهِ تعملُ ولا تهتمُّ بما سواهُ أبداً. ويكونُ عنصرُ التَّشغيلِ هذا حرارةً عندَ المُستقبلاتِ الحرورِيَّةِ، ضغطاً عندَ مُستقبلاتِ الضَّغطِ، وضوءاً في المُستقبلاتِ البصريَّةِ.. وتطولُ القائمة.

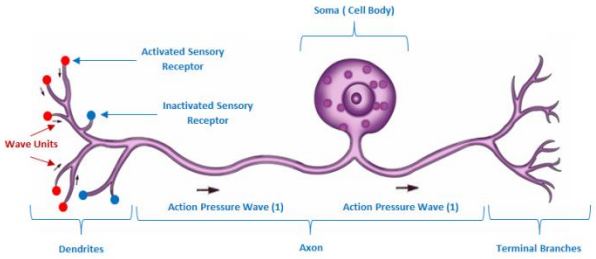
عَلِمتِ العضويَّةُ تخصُّصَ مُستقبلاتِها، وأدركتْ أنَّ واردَ الطَّاقةِ مِنْ هذهِ المُستقبلاتِ لهُ معنىً وحيد. هوَ رهنٌ بالوظيفةِ المُعطاةِ إليها تخصُّصاً. فصادرُ المُستقبلاتِ الحرورِيَّةِ لا يكونُ إلا حرارةً مَنطقاً، كما أنَّ صادرَ مُستقبلاتِ الضَّغطِ هوَ حسُّ ضغطٍ بداهةً.

أمَّا الشِّدَّةُ فرهنٌ بعددِ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ المُشاركةِ في تلقِّي المُحرِّضِ، مِنْ جهة. وتالياً بعددِ العصبوناتِ الحسّيَّةِ المتشابهةِ المُشاركةِ في عمليَّةِ الاستقبالِ والنَّقلِ، مِنْ جهةٍ أخرى. فشعاعُ الطَّاقةِ لكلِّ مُحرِّضٍ سيقومُ بتنبيهِ عددٍ (N1) مِنَ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ. عددٌ مماثلٌ (N1) مِنَ الوحداتِ الموجيَّةِ هوَ حاصلُ عمليَّةِ التَّنبيهِ هذه. وسيقومُ عددٌ مِنَ المحاورِ العصبيَّةِ (N2)، أقلُّ مِنْ عددِ المستقبلاتِ الحسّيَّةِ (N1)، بنقلِ واردِ الطَّاقةِ إلى المراكزِ العليا. واردُ الطَّاقةِ هذا يتناسبُ طرداً مع قيمةِ العددِ (N1)، ومنطقاً وقيمةً مع تابعِهِ العددِ (N2). يمكنُ لهذا العددِ (N1) أنْ يكونَ صفراً (٠) فأكثر.



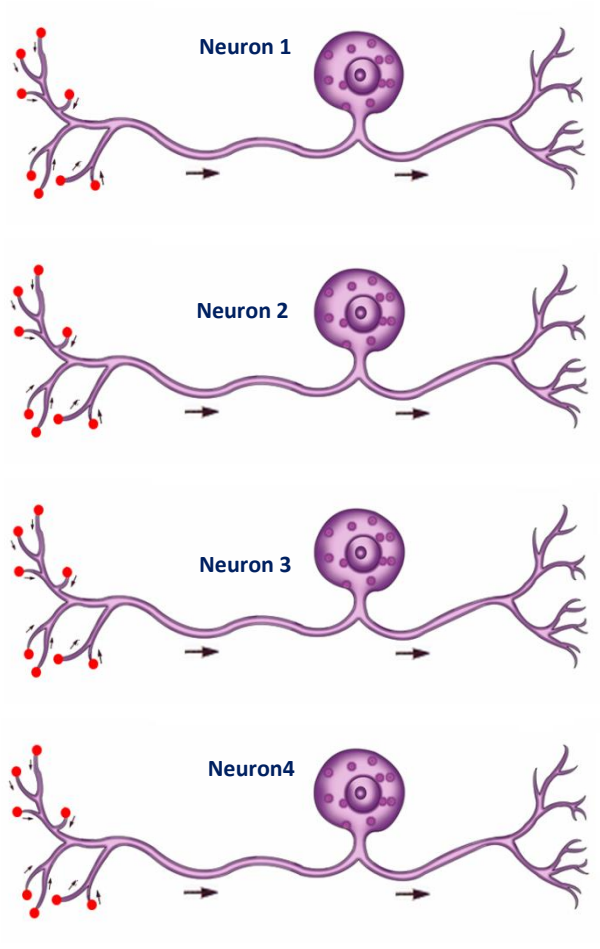
الشَّكل (٢)
المُستقبلاتُ في حالةِ الرَّاحةِ
Inactivated Sensory Receptors

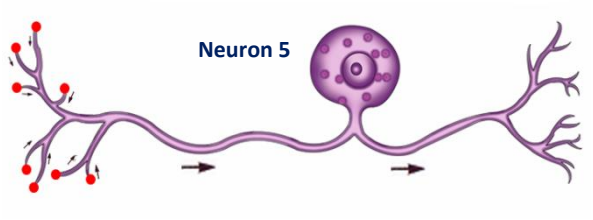
يحيطُ كلُّ مُستقبلٍ حسّيٍّ بليفٍ عصبيٍّ واحدٍ مِنَ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةِ الـ Dendrites.
المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ في حالةِ الرَّاحةِ، لذلكَ منحتُها اللَّونَ الأزرقَ للدَّلالةِ على سكونِها الوظيفيّ.



الشَّكل (2 -A)
المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ في حالةِ العملِ (بعضٌ مِنْ كلّ)
Partially Activated Sensory Receptors

لمْ تستطعِ المادَّةُ المَرصودةُ تفعيلَ سوى خمسةٍ (الكراتُ الحمراءُ) مِنْ أصلِ ثمانيةِ مُستقبلاتٍ خاصَّةِ العصبونِ الحسّيّ.
تتشكَّلُ خمسُ وحداتٍ موجيَّةٍ الـ Wave Units، واحدةٍ لكلّ مُستقبلٍ ناشطٍ.
تندمجُ الوحداتُ الموجيَّةُ الخمسُ في موجةِ ضغطٍ عاملةٍ وحيدةٍ تكافئُ في طاقتِها المجموعَ الجبريَّ لمُكوّناتِها الخمسة.
تصلُ الإشارةُ إلى المراكزِ الحسّيَّةِ العلويَّةِ بطاقةِ خمسِ وحداتٍ موجيَّةٍ فقط. بالمقابلِ، بقيتْ ثلاثةُ مُستقبلاتٍ خاملةً في حالةِ سكونٍ وظيفيّ (الكراتُ الزَّرقاءُ).





الشَّكل (٢ - B)
تفعيلُ جميعِ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ لخمسِ عصبوناتٍ حسّيَّةٍ
Totally Activated Sensory Receptors of a Group of 5 Sensory Neurons

استطاعَ شعاعُ الطَّاقةِ للمادَّةِ المَرصودةِ تفعيلَ أربعينَ مُستقبلاً حسّيّاً.
انتمى كلُّ ثمانيةٍ مِنْ هذهِ المُستقبلاتِ إلى عصبونٍ حسّيٍّ وحيدٍ (حسبَ فرضيَّتِنا السَّابقة).
كلُّ ثماني وحداتٍ موجيَّةٍ شكَّلتْ موجةَ ضغطٍ عاملةً وحيدة. انتشرتْ موجاتُ الضَّغطِ العاملاتُ الخمسُ داخلَ المحاور العصبيَّةِ لخمسةِ عصبوناتٍ حسّيَّةٍ. هنا، قوَّةُ الإشارةِ الحسّيَّةِ الواردةِ إلى المراكزِ الحسّيَّةِ العليا تكافئُ طاقةَ خمسِ موجاتِ ضغطٍ عاملاتٍ، أو طاقةَ أربعينَ وحدةً موجيَّةً.

لمزيدٍ مِنَ الوضوحِ، هَبْ لدينا عدداً مِنَ العصبوناتِ الحسّيَّةِ المُتخصّصةِ في نقلِ حسِّ الضَّغطِ مِنْ منطقةٍ ما مِنَ الجلد. وأنَّ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةَ الـ Dendrites لكلٍّ منها انتهتْ بثمانيةِ مُستقبلاتٍ حسّيَّةٍ. ثمَّ طبَّقنا ضغطاً خفيفاً على جلدِ النَّاحية. واستطاعتْ خمسةٌ مِنْ هذهِ المُستقبلاتِ (N1=5) أنْ تتلقَّفَ ثقلَ المُحرّضِ الخارجيّ. عندَها، سيقومُ كلُّ مُستقبلٍ بخلقِ وحدةٍ موجيَّةٍ خاصَّةٍ به. الوحداتُ الموجيَّةُ الخمسُ ستلتقي عندَ جذرِ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةِ مُشكِّلةً موجةَ ضغطٍ عاملةً وحيدة. ثمَّ عبرَ محورٍ عصبيٍّ وحيدٍ (N2=1)، تنتقلُ موجةُ الضَّغطِ العاملةُ إلى المراكزِ العليا. تقرأُ المراكزُ المُتخصّصةُ العلويَّةُ واردَ الطَّاقةِ، وتحدِّدُ طبيعتَها وشدَّتَها. هنا، خمسةُ مُستقبلاتٍ فقطْ مِنْ أصلِ ثمانيةٍ خاصَّةِ العصبونِ اللَّائي ابتدأْنَ عمليَّةَ النَّقلِ العصبيّ؛ ***انظرِ الشَّكلَ (٢ - A).***

بعدَها، لنطبّقْ ضغطاً أعلى قيمةً. فيتنبَّهُ أربعونَ مُستقبلاً (N1=40) للمُحرّضِ الجديدِ، على سبيلِ المثال. عندَها ستقومُ خمسةُ عصبوناتٍ (N2=5) مُتشابهةٍ في الوظيفةِ في نقلِ قيمةِ الضَّغطِ الجديدِ هذا. هنا، استنفرتْ خمسةُ عصبوناتٍ حسّيَّةٍ (N2)، بكاملِ مُستقبلاتِها الأربعينَ (N1)، في نقلِ التَّنبيهِ إلى المراكزِ العلويَّةِ. لذلكَ كانَ شعورُنا بشدَّةِ الضَّغطِ في الحالةِ الثَّانيةِ أكبرَ مِنْ ذاكَ الذي في الحالةِ الأولى بثماني مرَّاتٍ (أربعونَ مُستقبلاً حسّيّاً في الثَّانيةِ مقابلَ خمسةٍ فقط في الأولى)؛ ***انظرِ الشَّكلَ (٢ - B).***

إذاً، لا يمكنُ للعصبوناتِ الحسّيَّةِ الـ Sensory Neurons أنْ تحترمَ قانونَ الكلِّ أوِ اللَّاشيء. فبهِ، تختفي الكثيرُ مِنْ مادَّةِ الوجودِ عنْ شاشاتِ رصدِ العضويَّةِ الحيَّةِ. وبهِ أيضاً، تفشلُ العضويَّةُ في قياساتِها للفروقِ البينيَّةِ الدَّقيقةِ بينَ عناصرِ الوجودِ المادّي.

تنسيقُ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ *Arrangement of Sensory Receptors*

تنتشرُ المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ على كاملِ سطوحِ التَّماسِ بينَ العضويَّةِ الحيَّةِ ومحيطِها المادّي. يتعاظمُ وجودُها حيثُ يرتفعُ تواترُ الاتِّصالِ بينَ العضويَّةِ ومحيطِها، ويقلُّ حيثُ يندرُ أنْ يكون. فالإنسانُ مثلاً، يستقبلُ الوجودَ بوجههِ ويداورُهُ بيديه. يتَّقيهِ حيناً ويداعبُه حيناً آخر. لذلكَ، فوجودُ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ عظيمٌ هناك.

أفترضُ أنَّ المستقبلاتِ الحسّيَّةَ المُتشابهةَ وظيفيَّاً تنتظمُ على نسقينِ؛ شاقوليّ وأفقيّ. فأمَّا النَّسقُ الأفقيُّ فتشكيلُ معظمِ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ عندَ الإنسان. نجدُه في كلِّ مكانٍ تغلبُ فيهِ المساحةُ عمقَ شُعاعِ التَّأثيرِ أهميَّةً. هو نسقُ ترتيبِ مُستقبلاتِ الضَّوءِ واللَّونِ في شبكيَّةِ العين. كذلكَ، مُستقبلاتُ الرَّائحةِ، مُستقبلاتُ الذَّوقِ، المُستقبلاتُ اللَّمسيَّةُ، وكثيرٌ غيرُها، جميعاً تنتشرُ بصورةٍ أفقيَّةٍ. إذْ تصطفُّ المُتشابهاتُ وظيفيَّاً بعضُها بجانبِ بعضٍ، تغطّي كاملَ سطحِ التَّماسِ حيثُ توجد. هيَ مُستقبلاتٌ تنشغلُ بشكلِ المادَّةِ، بمساحةِ سطحِ التَّماسِ بينَها وبينَ العضويَّةِ، أكثرَ مِن انشغالِها بقوَّةِ تأثيرِها. في المراكزِ العليا، يُؤخذُ واردُ الطَّاقةِ مِنْ هذهِ المُستقبلاتِ على نحوٍ عادلٍ، فجميعُها متساويَ القيمةِ عندَ المعالجةِ والتَّصنيف.

وأمَّا النَّسقُ الشَّاقوليُّ فتشكيلُ مُستقبلاتِ الضَّغطِ على سبيلِ المثالِ لا الحصر. حيثُ يعلو بعضُها فوقَ بعضٍ في بناءٍ طابقيّ. تكونُ فيهِ مُستقبلاتُ الضَّغطِ الأبعدُ عنْ سطحِ التَّماسِ هيَ الأكثرُ تقديراً في المراكزِ المُختصَّةِ العليا. حيثُ يُضربُ واردُها بأكثرَ مِنْ مثلٍ. هيَ في منزلةِ المئاتِ أوِ الآلافِ ربَّما. بينَما يسقطُ الأكثرُ قرباً مِنَ السَّطحِ في منزلةِ الآحادِ أمِ العشراتِ في عالمِ الأرقام.

*سأتابعُ فيما يلي دراسةَ مُستقبلاتِ حسِّ الضَّغطِ بشكلٍ عامٍ، والجلديَّةِ منها بشكلٍ خاصّ. سأقفُ عندَها مطوَّلاً باحثاً ومُدقّقاً لخصوصيّتِها الشَّديدة. فهيَ بديعةٌ مِنْ بدائعِ الخلق. تنشغلُ، كما يوحي بهِ اسمُها، بالتقاطِ ضغطِ المادَّةِ المَرصودةِ عندَ احتكاكِ هذه الأخيرةِ مع العضويَّةِ الحيَّةِ. **والأهمُّ مِنْ ذلكَ، هيَ تستمرُّ بتنبيهِ العضويَّةِ بوجودِ المادَّةِ مادامَ فعلُ الاحتكاكِ معها واقعاً.** وهذهِ ميزةٌ أجدُها واضحةً في غيرِها مِنَ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ وإنِ اختلفتْ معها في كثيرٍ أمْ قليلٍ مِنْ آليَّاتِ الحدوث.*

المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ *Sensory Receptors*

لنأخذْ مثالاً مُستقبلاتِ الألمِ، مُستقبلاتِ الحرارةِ، مُستقبلاتِ الشَّمِّ، الخ. ولندعْ جانباً مُستقبلاتِ الضَّوءِ ولو لبرهةٍ فأمرُها مختلفٌ لاختلافِ طبيعةِ المادَّةِ المَرصودةِ، وليسَ لاختلافِ آليَّةِ عملِ المُستقبلِ نفسِه.

يبدأُ المُستقبلُ الحسّيُّ عملَه مِنْ لحظةِ التَّماسِ الأولى معَ المادَّةِ المَرصودةِ. يتأثَّرُ بشُعاعٍ مِنْ طاقتِها فيشكّلُ وحدةً موجيَّةً مفردةً. تتشاركُ هذهِ الأخيرةُ مع أخواتٍ لها، ولياداتِ المُستقبلاتِ الأخرى، في تشكيلِ موجةِ ضغطٍ عاملةٍ. تسري موجةُ الضَّغطِ العاملةُ داخلَ المحورِ العصبيّ لتصلَ في نهايةِ المطافِ إلى المراكزِ العليا مباشرةً أو عبرَ عددٍ مِنَ العصبوناتِ الوسيطةِ. عندَها، تشعرُ العضويَّةُ باحتكاكِها معَ المادَّةِ فيكونُ لها القرارُ في ردَّةِ الفعلِ المناسبة.

هَبِ التَّماسَ بينَ العضويَّةِ الحيَّةِ والمادَّةِ المَرصودةِ قائماً ما يزالُ. عندَها، ستفشلُ المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ في تشكيلِ وحداتٍ موجيَّةٍ جديدة. هيَ في حالةِ عطالةٍ وظيفيَّةٍ مؤقَّتة. هنا، إذا لمْ تستنفرْ مُستقبلاتٌ حسّيَّةٌ أخرى مُشابهةٌ للسَّابقةِ وظيفيَّاً في المنطقةِ نفسِها أو أبعدَ مِنْ ذلكَ بقليلٍ في التَّنبُّهِ لاستمرارِ التَّماسِ معَ المادَّةِ، عندَها ستبقى العضويَّةُ غافلةً عمَّا يجري في محيطِها.

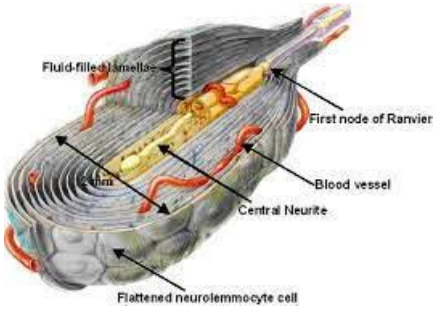
لذلكَ يغيبُ شعورُنا بوجودِ إبرةٍ اخترقتْ جلدَ يدِنا بعدَ أوَّلِ ومضةِ ألم. بينما يستمرُّ شعورُنا بحرارةِ الجمرةِ إذا ما سقطتْ علينا لأنَّ شعاعَ حرارتِها بلغَ مستوياتٍ أعمقَ وأبعدَ عنْ سطحِ التَّماسِ، ونالَ مُستقبلاتٍ حروريَّةً جديدةً لمْ يسبقْ لها أنِ احترقتْ.

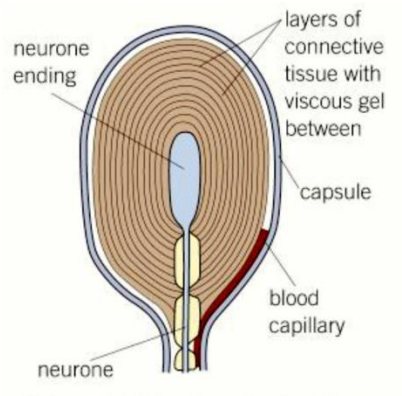
أمَّا مُستقبلاتُ الضَّوءِ فإحساسُها بهِ لا ينقطعُ أبداً. فالضَّوءُ يأتيها على شكلِ نبضاتٍ مِنَ الطَّاقةِ، هيَ الفوتوناتُ الـ Photons. يستطيعُ كلُّ فوتونٍ أنْ يُفعِّلَ لمرَّةٍ واحدةٍ مستقبلَه الضَّوئيَّ. تتلاحقُ الفوتوناتُ تباعاً، وتستلحقُ مُستقبلاتُه العينيَّةُ تجديدَ قدرتِها على العملِ بينَ فوتونٍ مضى وآخرَ قادم.

جُسيماتُ باسيني (مُستقبلاتُ الضَّغطِ) Pacinian Corpuscles

تكيَّفتْ مُستقبلاتُ الضَّغطِ الـ Pacinian Corpuscles، كما غيرُها، مع بيئتِها الدَّاخليَّة. واعتادتْ ضجيجَ الحركةِ لجيرانِها شركاءِ المكان. فنبضُ القلبِ هيَ تسمعُه منذُ نشأتِها. وحفيفُ الدَّمِ يضربُ جدرانَ قنواتِه هيَ تعرفُه منذُ أنْ كانَ وكانتْ. نظَّمتْ أمرَها على واقعِ وجودِهما الصَّاخبِ والدَّائمِ بقربِها. فهيَ تبدأُ عملَها مِنْ حيثُ ينتهيان. صفرُها ما اعتادتْ عليهِ مِنْ جورِ جيرانِها. ما رابَ عنْ ذلك هيَ ترصدُه. تُبلغُه إلى مَنْ يهمُّه الأمرُ لإجراءِ ما يلزمُ مِنْ جوابِ الأمر.

هَبْ ثقلاً (Pm) جثمَ على راحةِ يدِك. مِنْ لحظِها، تتنبَّهُ مُستقبلاتُ الضَّغطِ بثقلِ هذا الوافد. وسريعاً، تُرسِلُ واردَها بهذا الخصوصِ إلى المراكزِ العليا. تقرأُ العضويَّةُ الواردَ حقَّ قراءتِه فيُبنى على الشَّيءِ مُقتضاه؛ **انظرِ الشَّكلين (٣) & (٤).**





الشَّكل (٣)
مُستقبلاتُ الضَّغطِ (جُسيماتُ باسيني)
Pressure Receptors (Pacinian Corpuscle)

هيَ مُستقبلاتٌ للضَّغطِ، نجدُها بكثرةٍ في اليدِ والأصابع.
تتألَّفُ مِنْ ليفٍ عصبيٍّ مركزيٍّ الـ Central Neurite عارٍ مِنْ غمدِ النُّخاعينِ الـ Myelin Sheath.
تحيطُ بهِ طبقاتٌ مِنْ خلايا شوان العصبيَّةِ الـ Neurolemmocyt Cells.
يملأُ المسافاتِ البينيَّةَ للخلايا سائلٌ خارجُ خلويٍّ لزجٌ نسبيّاً الـ Fluid-filled Lamellae.
ويغلِّفُ المجموعَ محفظةٌ ليفيَّةٌ مرنةٌ الـ Capsule، تعطيَ المُستقبلَ شكلَه البيضويَّ المتماسك.
يستبطنُ المحفظةَ الليفيَّةَ أوعيةٌ دمويَّةٌ مغذيَّة.
كما نجدُ بعضَ هذهِ الأوعيةِ ترافقُ اللِّيفَ العصبيَّ المركزيّ.

ينتقلُ ضغطُ المادَّةِ المَحسوسةِ عبرَ المحفظةِ والسَّائلِ البينيِّ إلى اللِّيفِ العصبيِّ المركزيّ.
يشكِّلُ هذا الأخيرُ وحدةً موجيَّةً خاصَّةً به.
تنتقلُ الوحدةُ الموجيَّةُ الـ Wave Unit عبرَ اللِّيفِ العصبيِّ إلى أنْ تصادفَ أوَّلَ عقدةِ رانفيه الـ Ranvier Node.
يعملُ الضَّغطُ السَّالبُ الـ Rarefaction المُتنزِّلُ للوحدةِ الموجيَّةِ على استدعاءِ شاردةِ الصُّوديومِ موجبةِ القطبيَّةِ Na^+.
تتدفَّقُ شواردُ الصُّوديوم Na^+ إلى داخلِ اللِّيفِ العصبيِّ عبرَ أقنيةٍ جداريَّةٍ خاصَّةٍ بها.
بدخولها، يصبحُ ذيلُ الوحدةِ الموجيَّةِ موجبَ القطبيَّةِ، بينما يبقى الوسطُ أمامَها على أصلِه سالبَ القطبيَّة.
ما بينَ مصعدٍ موجبِ القطبيَّةِ اكتساباً، ومهبطٍ سالبِ القطبيَّةِ أساساً، يتولَّدُ تيَّارُ العملِ الكهربائيِّ الخاصِّ بهذا المُستقبل.

عندَ جذرِ التَّفرُّعاتِ العصبيَّةِ الـ Dendrites،
تلتقي الوحدةُ الموجيَّةُ مع أخواتِها مِنَ المُستقبلاتِ الأخرى لتشكِّلَ جميعاً موجةَ الضَّغطِ العاملةَ.
تنتشرُ هذهِ الأخيرةُ عبرَ المحورِ العصبيِّ حتَّى تبلغَ منتهاها في المشابكِ العصبيَّةِ الـ Synapses.

الآنَ، هَبِ الجاثمَ ركنَ زمناً ولمَّا يتزحزحْ. لنْ تشعرَ مُستقبلاتُ الضَّغطِ مجدَّداً بثقلِ ضيفِها. هيَ مفطورةٌ على رصدِ تغيُّراتِ قيمةِ الضَّغطِ لا على قيمتِهِ الثَّابتة. لكنَّ العضويَّةَ في حاجةٍ مستمرَّةٍ لتجديدِ معطياتِ واقعِ الحالِ في راحةِ يدِها. فقدْ تكونُ المادَّةُ المَحسوسةُ ممَّا ترغبُ العضويَّةُ فيهِ، وتحرصُ على استحواذِ مزاياه. فهيَ إذا لمْ تشعرْهُ راحتُها يسقطُ مِنْ يدِها وتخسرُ سجاياه.. ما العملُ والحالةُ هذهِ؟

هنا، تتجلَّى عبقريَّةُ الخلقِ وجمالُ المخلوق. فمادامتْ تبدُّلاتُ قيمةِ الضَّـــغطِ هيَ الحاجةُ، ومادامَ الثِّقلُ النَّوعيُّ للمادَّةِ المدروسةِ هوَ الثَّابتُ الذي لا يتغيَّرُ، فلتخلقِ العضـويَّةُ إذاً بذاتِها ذاكَ المُتحوِّلَ لزومَ العمل. فكانَ لها أنْ وجدتْ ضالَّتَها في **ضغطِ النَّبضةِ** الـ Pulse Pressure.

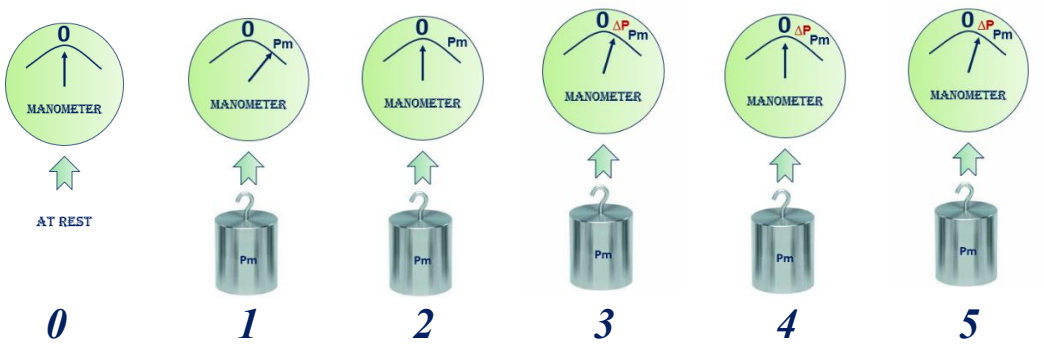
فمع كلِّ دورةٍ قلبيَّةٍ، تجتاحُ الأنسجةَ في بيئةِ المُستقبلاتِ (راحةُ اليدِ في مثالنا) موجةٌ مِنَ الضَّغطِ مصـدرُها حركيَّةُ الدَّمِ في شـرايينِ النَّاحية. تترنَّحُ قيمةُ الضَّـغطِ بينَ أعظميَّةٍ وأخرى أصـغريَّة. توافقُ الأولى تقلُّصَ عضلةِ القلبِ الـ Systole، وتوافقُ الثَّانيةُ استراحتَها الـ Diastole. لنفرضْ أنَّ (ΔP) هوَ فارقُ القيمةِ بينَ الاثنتينِ؛ وهذا بالضَّـبطِ ما نُسـمِّيهِ بضـغطِ النَّبضـةِ الـــــ Pulse Pressure.

(ΔP = القيمةُ الأعظميَّةُ للضَّغطِ الشَّريانيّ – القيمةِ الأصغريَّةِ للضَّغطِ الشَّريانيّ)

اعتادتْ مُستقبلاتُ الضَّـغطِ على قيمةِ الضَّـغطِ في بيئتِها النَّسيجيَّةِ الحاضـنة. وبنتْ مقياسَـها على هذا الأساس. فصـفرُ مقياسِـها هو قيمةُ الضَّـغطِ لهذهِ الحاضـنةِ النَّسـيجيَّة. تخيَّلْ معيَ الآنَ مُستقبلَ الضَّغطِ على هيئةِ مقياسٍ بمسطرةٍ قوسيَّةٍ مُدرَّجةٍ وبإبرةٍ حسَّاسةٍ لتغيُّراتِ الضَّغط. عندَها، ستشيرُ إبرةُ المقياس إلى الرَّقمِ **"صفر"** في أوقاتِ الرَّاحةِ الوظيفيَّةِ لهذهِ المُستقبلات.

تمارسُ المادَّةُ ضغطاً حقيقيَّاً قيمتُهُ (P_m). مِنْ فورِها، تشعرُ مُستقبلاتُ الضَّغطِ بثقلِ المادَّةِ ويعطي مقياسُها القيمةَ الحقيقيَّةَ (P_m). بعدَها، ومع طولِ إقامةِ المادَّةِ، سيعتادُ المُستقبلُ على قيمةِ الضَّـغطِ الجديدةِ، كما ويعيدُ دوزنةَ مقياســهِ إلى القيمة **"صـــفر"** مِنْ جديد. **فمتى غابتِ الفروقُ في قيمةِ الضَّغطِ الواقعِ عليهِ، لمْ يستطعْ حسَّاسُ المُستقبلِ رصداً للوجودِ ثانيةً. فبعدَ القراءةِ الأولى لهُ، يغيبُ إحساسُ العضويَّةِ بهذا الثِّقيلِ الجاثمِ عليها وكأنَّهُ لمْ يكنْ.**

لكنْ لحسـنِ التَّدبير، يختلفُ واقعُ الحالِ عمَّا وصـفتُ أعلاه. فما زالتْ مُسـتقبلاتُ الضَّـغطِ قادرةً على رصـــدِ تذبذباً ما في قيمةِ الضَّـــغطِ الواقعِ عليها. وما زالتْ إبرةُ المقياسِ تترنَّحُ بينَ قيمتينِ أحدُها صفرُ المقياس، وأمَّا الثَّانيةُ فجديدةٌ لا توافقُ القراءةَ الأوليَّةَ في حالٍ مِنَ الأحوال. فكيفَ كانَ ذلكَ؟ **انظرِ الشَّكلَ (٤).**

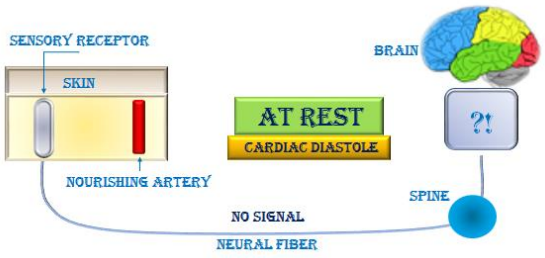


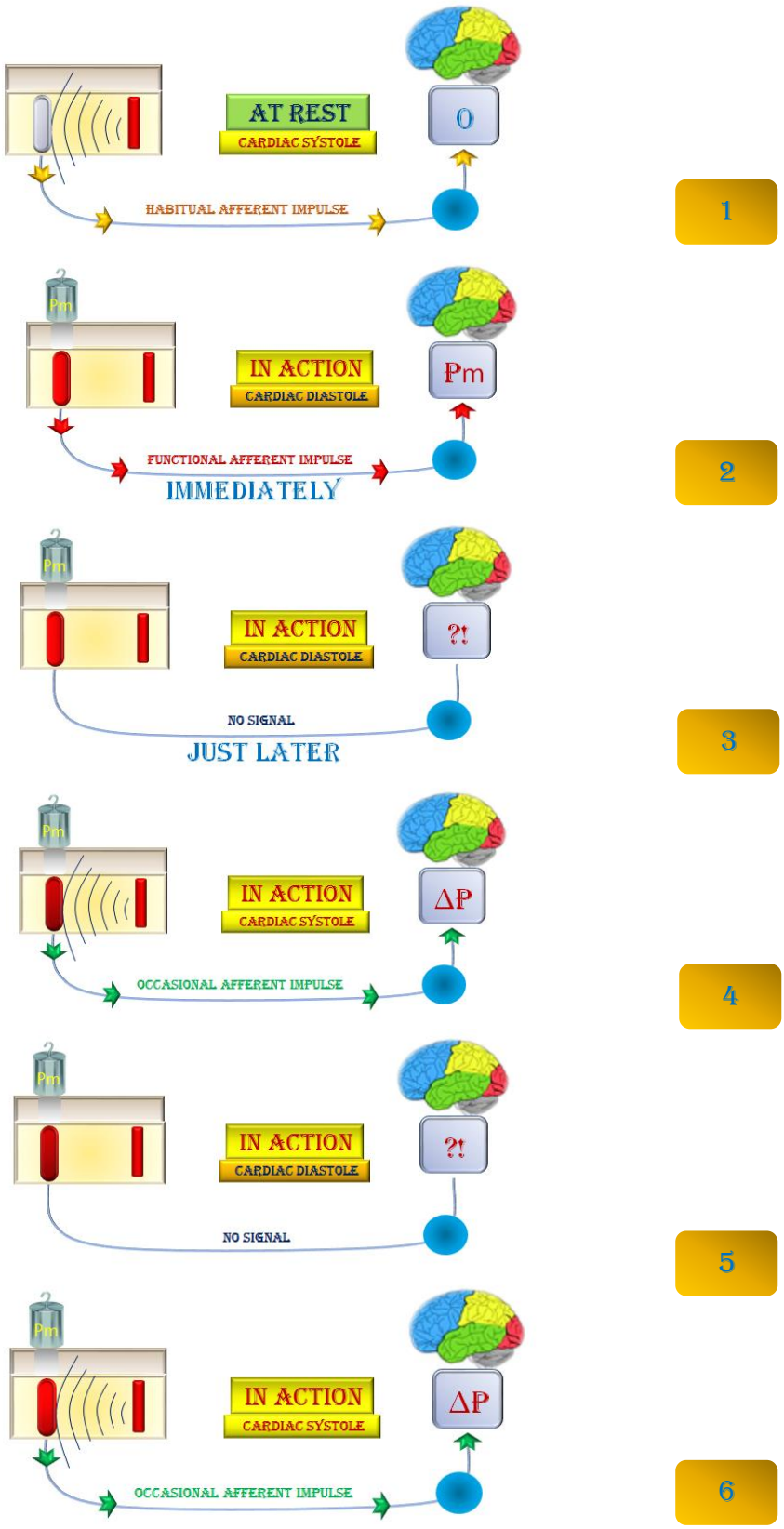
الشَّكل (٤) القيمةُ المُضافةُ
Differential Value

(١) بعدَ القراءةِ الأولى لضغطِ المادَّةِ المَرصودةِ،
(٢) تغيبُ المادَّةُ كلّيًّا عنْ ساحةِ الشُّعورِ والإدراكِ.
(٣) ثمَّ تعودُ للظُّهورِ ثانيةً لكنْ بقيمةٍ جديدةٍ للضَّغطِ تختلفُ عنِ القراءةِ الأولى الحقيقيَّةِ.
(٤) & (٥) بعدَها، تعودُ القراءةُ لتختفيَ ثمَّ لتظهرَ تباعاً، كلُّ ذلكَ بفعلِ ضغطِ النَّبضةِ الـ Pulse Pressure والتي تكافئُ القيمةَ المُضافةَ (ΔP)، أو تكاد.
Pm هوَ القيمةُ الحقيقيَّةُ للضَّغطِ (بالملمتر زئبقي) الذي تمارسهُ المادَّةُ المَرصودةُ.
ΔP هو ضغطُ النَّبضةِ وهو يكافئُ تقريباً قيمةَ القراءاتِ التَّاليةِ لقيمةِ الضَّغطِ للمادَّةِ ذاتِها.

إنَّهُ ضغطُ النَّبضةِ ما يُسألُ عنْ هذهِ الحدثيَّةِ. فمع كلِّ نبضةِ قلبٍ، تُخلقُ قيمةٌ إضافيَّةٌ مِنَ الضَّغطِ تجتاحُ بيئةَ المُستقبلاتِ. وبسببِها، سنجدُ إبرةَ المقياسِ تترنَّحُ على ذاتِ الإيقاعِ بينَ القيمتينِ (0) و (ΔP). حيثُ القيمةُ (ΔP) هيَ ضغطُ النَّبضةِ كما أشرنا سابقاً. وكأنَّ بثقلِ المادَّةِ يمارسُ على المُستقبلاتِ ضغطاً قيمتُه (Pm+ΔP) حينَ تقلّصِ عضلةِ القلبِ، وآخرَ قيمتُه (Pm) حينَ استراحةِ القلبِ. علماً أنَّ المادَّةَ هيَ ذاتُها لمْ تتبدَّل. في الواقعِ، فارقُ القيمةِ بينَ القراءتينِ (ΔP) هو ما تشعرُ بهِ المُستقبلات.

إذاً بعدَ أوَّلِ قراءةٍ، لا يبقى مِنْ ضغطِ المادَّةِ المَرصودةِ سوى القيمةُ (ΔP). هيَ قيمةٌ مُختلَقةٌ لا تعكسُ في حالٍ قيمةَ الضَّغطِ الحقيقيَّةَ. هيَ وليدةُ حركيَّةِ القلبِ، تظهرُ وتختفي مع كلِّ رعشةِ قلب. تُضافُ القيمةُ المضافةُ (ΔP) على قيمةِ الضَّغطِ الحقيقيِّ للمادَّةِ (P_m) حينَ تقلُّصِ القلبِ، وتعودُ لتُطرحَ منها عندَ انبساطِه. فتشعرُ يدُنا بثقلِ المادَّةِ المُحدَثِ الجديدِ حينَ عمليتيِّ الجمعِ والطَّرحِ على حدٍّ سواء؛ ***انظرِ الشَّكلَ (٥).***





الشَّكل (٥)

ضغطُ النَّبضةِ أساسُ العملِ المُستمرّ للمُستقبلاتِ الحسيَّةِ

Pulse Pressure is Essential

for Continuous Function of Sensory Receptors

https://youtu.be/KS0199cirN8

لا تنقطعُ الرَّسائلُ العصبيَّةُ بينَ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ وبينَ المركزِ الحاكمِ، في حالةِ الرَّاحةِ كما العملِ.
فالدِّماغُ لا يحتملُ الفراغَ. هوَ في شُغلٍ دائمٍ، يرصدُ المحيطَ. كما ويتأكَّدُ مِنْ جاهزيَّةِ عناصرِه المَبثوثةِ في كلِّ مكانٍ.
ووسيلتُه بسيطةٌ وعبقريَّةٌ.
*هوَ يُجنِّدُ لذلكَ أكثرَ عناصرِه نشاطاً ووجوداً موجةَ **ضغطِ النَّبضةِ** الـ Pulse Pressure.*
فمع كلِّ نبضةِ قلبٍ، تمسحُ موجةٌ مِنَ الضَّغطِ الأنسجةَ حيثُ تقيمُ المُستقبلاتُ تماماً كما تمسحُ موجاتُ أجهزةِ الرَّصدِ الالكترونيَّةِ الـ Radar الأجواءَ كشفاً واستقصاءً.
تتلقى المُستقبلاتُ الموجةَ كأمرِ عملٍ. فترسلُ إلى الدِّماغِ رسالةً جواباً مناسباً لشدَّةِ الموجةِ.
يستقبلُ الدِّماغُ بدورِه الواردَ الحسّيَّ ويبني على الشَّيءِ مقتضاه.
هوَ أعلمُ بشدَّةِ ضغطِ النَّبضةِ، وهو أدرى بطاقةِ النَّبضةِ الواردةِ الجواب.

في الزَّمن (0)
حينَ الرَّاحةِ والاسترخاءِ القلبيِّ الـ Cardiac Diastole،
ينقطعُ تماماً الواردُ الحسّيُّ مِنَ المُستقبلِ الحسّيِّ، فيكونُ القلقُ والإرتيابُ حالَ المراكزِ الدِّماغيَّةِ المسؤولةِ.
فالدِّماغُ لا يقبلُ الفراغَ أو صمتَ الأنسجةِ في حدودِ ملكيَّتِهِ وسيطرتِه.

في الزَّمن (1)
وحيثُ لا واردَ مِنَ المُستقبلِ الحسّيِّ،
يستدعيَ الدِّماغُ ضغطَ النَّبضةِ الـ Pulse Pressure أمواجاً تمسحُ المكانَ موضوعَ القلقِ.
يتلقَّى المُستقبلُ الحسّيُّ الرِّسالةَ الموجيَّةَ. فيرسلُ إلى المركزِ جواباً على أنْ لا تبديلَ في واقعِ الحالِ.
حينَها يطمئنُّ الدِّماغُ ويعلمُ أنْ لا عيبَ في عملِ المُستقبلاتِ الحسّيَّةِ عيونِهِ المَبثوثةِ في المكانِ مِنْ جهةٍ،
ويعلمُ أنْ لا وجودَ لدخيلٍ طارئٍ مِنْ جهةٍ أخرى.
فقدْ جاءتُه الإشارةُ تماماً كما اعتادَ عليها سنينَ عمرِه الـ Habitual Afferent Impulse.

في الزَّمن (2)
يشعرُ المُستقبلُ بثقلِ الجسمِ المَرصودِ (Pm) ،
فيرسلُ مِنْ فورِه إنذاراً بلاغاً الـ Functional Afferent Impulse إلى المراكزِ الحسّيَّةِ. تقرأُ هذهِ الأخيرةُ الواردَ الحسّيَّ حقَّ قراءتِهِ. ويكونُ التَّقديرُ مُطابقاً لواقعِ الحالِ، أيْ (Pm).

في الزَّمن (3)
أحدثَ ثقلُ الجسمِ المَرصودِ فعلاً ومضى. هوَ فعلٌ يتيمٌ لحظيٌّ لا تكرارَ له.
تحسَّسَ المُستقبلُ هذا الفعلَ كما يجبُ وأبلغَ. الجسمُ على التَّماسِ ما يزالُ، لكنْ ما مِنْ قرينةٍ ووجودٍ لدى المُستقبلِ الحسّيِّ
فلا يشعرُ. هنا، يغيبُ ثانيةً الواردُ الحسّيُّ، ويعودُ معهُ القلقُ والإرتيابُ ليسيطرَ على المراكزِ الحسّيَّةِ.

في الزَّمن (٤)
*النُّجعةُ كما دائماً تأتي **وضغطُ النَّبضةِ** وأمواجَها الماسحةَ.*
تصدمُ موجةُ ضغطِ النَّبضةِ المُستقبلَ الحسّيَّ الرَّازحَ تحتَ ثقلِ الجسمِ الدَّخيلِ.
فيطلقُ المستقبلُ إشارةَ بيانٍ إلى المراكزِ العليا الـ Occasional Afferent Impulse.
هيَ إشارةٌ مختلفةٌ في شدَّتِها عنْ كلتا الإشارتينِ؛ الإعتياديَّةِ والوظيفيَّةِ.
هيَ بالتَّأكيدِ إشارةٌ أقوى مِنْ تلكَ الإعتياديَّةِ حينَ لا وجودَ لجسمٍ طارئٍ يُقلقُ.
وهيَ حتماً أقلُّ قوَّةً مِنْ تلكَ الوظيفيَّةِ حينَ التَّماسِ الأوَّلِ مع هذا الدَّخيلِ.
يستبينُ الدِّماغُ هذهِ الفروقَ في شدَّةِ النَّبضةِ الواردةِ فتكونُ لهُ القراءةُ المناسبةُ (ΔP).

في الزَّمن (٥)
*يعودُ الصَّمتُ واقعاً ثقيلاً بانسحابِ موجةِ ضغطِ النَّبضةِ حينَ **استرخاءِ** العضلةِ القلبيَّةِ الـ Cardiac Diastole.*

في الزَّمن (٦)
*يضجُّ المكانُ صَخباً بتدفُّقِ الدِّماءِ ثانيةً حينَ **تقلُّصِ** العضلةِ القلبيَّةِ الـ Cardiac Systole.*
وتعودُ الوظيفةُ إلى المُستقبلاتِ الحسيَّةِ كما إلى قنواتِ اتِّصالِها معَ الدِّماغِ.

إذاً، ضـغطُ النَّبضـةِ هوَ القيمةُ المُضـافةُ. هوَ المسـؤولُ عنْ شـعورنا المزمنِ بالأشـياءِ في يدنا. هوَ وقودُ عملِ حسَّاساتِ الضَّغطِ متى طالَ زمنُ إقامةِ المادَّةِ. ابتكرتهُ العضويَّةُ الحيَّةُ للتَّغلُّبِ على ركودِ المادَّةِ وسكونِ الإشارةِ الصَّادرةِ عنها. فمتى غابتِ الإشارةُ مِنَ المادَّةِ، تُباشرُها العضويَّةُ بأخرى مِنْ ذاتِها. تتلقَّى مُستقبلاتُ الضَّغطِ هذهِ الإشارة. هيَ تشعرُ بتناوبِ ظهورِها وغيابِها. فهيَ تتحسَّسُ الآنَ وجودَ المادَّةِ على سطحِها. إنَّهُ إحساسٌ جديدٌ بالمادَّةِ لا يتوافقُ والشُّعورَ الأوَّليَّ بها، لكنَّهُ مع ذلكَ هوَ شـعورٌ قابلٌ للرَّصـدِ والمُحاسـبة. هيَ تدركُ أنَّ شـعورَها الجديدَ هذا هوَ وليدُ المناسبةِ، مناسبةِ طولِ إقامةِ المادَّةِ على سطحها وإلّا لما كانَ.

النَّتيجةُ الرُّؤيا

لا تنفكُّ المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ الـ Sensory Receptors عاملةً في أوقاتِ الرَّاحةِ كما أثناءَ العملِ، وهذهِ ضـرورةُ بقاءٍ لا غنى عنها. كما لا تنقطعُ المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ تُرسلُ الرّسـالاتِ العصـبيَّةَ الـ Afferent Impulses إلى الدِّماغِ زمنَ الرَّاحةِ وحينَ العملِ، وهذا واجبٌ لا فكاكَ منه. وقودُها في ذلكَ كلِّه هوَ ضـغطُ النَّبضـةِ الـ Pulse Pressure. ضـغطُ النَّبضـةِ هذا هوَ القيمةُ المُضـافةُ الـ Differential Value التي تتجدَّدُ مع كلِّ ضـربةِ قلب. القيمةُ المُضـافةُ التي جادتْ بها العضويَّةُ الحيَّةُ في سعيها لرأبِ القصورِ الذَّاتي في عملِ هذهِ المُستقبلاتِ.

تماماً كموجاتِ أجهزةِ الرَّصدِ الـ Radar ماسحةً الأجواءَ كشفاً واستقصاءً، تمسحُ موجةُ ضغطِ النَّبضـةِ الأنسجةَ الحيَّةَ مع كلِّ رعشةِ قلب. تُزوِّدُ المُستقبلاتِ الحسّيَّةَ على اختلافِ أنواعِها بوقودِ عملِها المُستمرِّ في الرَّصدِ والاستقراء. تُحدثُ فرقاً في قيمةِ الطَّاقةِ تستشعرُه المُستقبلاتُ الحسّيَّةُ فتُطلقُ إعلاماً بذلك. يكونُ الإعلامُ كاذباً في حالةِ الرَّاحةِ حينَ تكونُ قيمةُ الضَّـغطِ داخلَ هذهِ المُسـتقبلاتِ تماماً كما قُدِّرَ لها عندَ النَّشـأةِ. ويكونُ الإعلامُ حقيقيَّاً أثناءَ العملِ حينَ تكونُ قيمةُ الضَّغطِ داخلَ المستقبلاتِ قدِ ارتفعتْ بسببِ وجودِ مادَّةٍ جاثمةٍ على السَّطحِ.

هوَ الدِّماغُ، لا أحدَ غيرُه، مَنْ يعطيَ **الإعلامَ** الـ Afferent Impulse صفتَه. فهوَ قدْ خبرَ الإنذاراتِ **الكاذبةَ** الـ Habitual Afferent Impulses وعلمَ طبيعتَها وظروفَ نشأتِها بمثلِ ما خبرَ **الحقيقيَّةَ** منها وأحاطَ بطبيعتِها وظروفِ نشأتِها. كما وَمايزَ في **الإنذاراتِ الحقيقيَّةِ** بينَ تلكمُ **الأساسِ** الـ Functional Afferent Impulses ممَّا تنتجهُ المادَّةُ لحظةَ تماسِّها معَ المُستقبلاتِ، وَتلكمُ **الرَّوافدِ** الـ Occasional Afferent Impulses ممَّا تنتجهُ موجةُ ضغطِ النَّبضـةِ حينَ استمرارِ تماسِّ المادَّةِ معَ المُستقبلاتِ.

لمشاهدةِ فيلمٍ قصيرٍ يشرحُ تفصيلاً آليَّةَ عملِ المستقبلاتِ الحسّيَّةِ لتشعرَ بالأشياءِ بشكلٍ مستمرّ، انقر على هذا الرَّابط:

.....

في سياقاتٍ أخرى، أنصحُ بقراءةِ المقالاتِ التَّاليةِ:

DOI تصنيعُ إبهامِ اليدِ باستخدامِ الإصبعِ الثَّانيةِ للقدمِ Thumb Reconstruction Using Microvascular Second Toe to Thumb Transfer

- DOI نقلُ قِطعةٍ منَ العضلةِ الرَّشيقةِ لاستعادةِ الابتسامةِ بعدَ شلل الوجهِ Segmental Gracilis Muscle Transfer for Smile
- DOI تصنيعُ الفكِّ السُّفليّ باستخدامِ الشَّريحةِ الشَّظويَّةِ الحُرَّة Mandible Reconstruction Using Free Fibula Flap
- DOI الشَّريحةُ الشَّظويَّةُ المُوعَّاةُ في تعويضِ الضَّياعاتِ العظميَّةِ المُختلطةِ بذاتِ العظمِ والنَّقيّ Free Fibula Flap for Bone Lost Complicated with Recalcitrant Osteomyelitis
- DOI الشَّريحةُ الحُرَّةُ جانبُ الكتفِ في تعويضِ ضَياعٍ جلديّ هامٍّ في السَّاعدِ

- **DOI رسالةٌ مفتوحةٌ إلى المُهتمّينَ في علم الأعصاب**

- المنعكساتُ الشوكيَّةُ، المفاهيمُ القديمة Spinal Reflexes, Ancient Conceptions
- DOI المنعكساتُ الشَّوكيَّةُ، تحديثُ المفاهيم Spinal Reflexes, Innovated Conception
- DOI الصَّدمةُ النُّخاعيَّةُ: الفيزيولوجيا المرضيَّةُ Spinal Shock: The Pathophysiology
- DOI المُنعكسُ الشَّوكيُّ الاشتداديُّ: الفيزيولوجيا المرضيَّةُ لفرطِ قوَّةِ المُنعكس
- DOI المُنعكسُ الشَّوكيُّ الاشتداديُّ: الفيزيولوجيا المرضيَّةُ للمنعكسِ الشَّوكيّ واسعِ ساحةِ العمل
- DOI المُنعكسُ الشَّوكيُّ الاشتداديُّ: الفيزيولوجيا المرضيَّةُ للمنعكسِ الشَّوكيّ ثُنائي جهةِ الاستجابة
- DOI المُنعكسُ الشَّوكيُّ الاشتداديُّ: الفيزيولوجيا المرضيَّةُ للمنعكسِ الشَّوكيّ الاشتداديّ عديدِ الاستجابةِ الحركيَّة
- DOI الرّمع Clonus: فرضيَّتان في الفيزيولوجيا المرضيَّة
- DOI الرّمع Clonus: الفرضيَّةُ الأولى في الفيزيولوجيا المرضيَّةِ للرَّمع
- DOI الرّمع Clonus: الفرضيَّةُ الثّانيةُ في الفيزيولوجيا المرضيَّةِ للرَّمع
- DOI الفيزيولوجيا المرضيَّةُ لمُنعكسِ الثَّني الثُّلاثي

- DOI أذيّات النخاع الشوكيّ، الأعراض والعلامات السريريّة، بحثٌ في آليات الحدوث The Spinal Injury, The Symptomatology
- DOI أذيَّاتُ العصبون المُحرّكِ العلويّ، الفيزيولوجيا المرضيَّةُ للأعراضِ والعلاماتِ السَّريريَّة Upper Motor Neuron Injuries, Pathophysiology of Symptomatology
- في الأذيَّاتِ الرَّضيَّةِ للنُّخاعِ الشَّوكيّ، خبايا الكيسِ السَّحائيّ.. كثيرُها طيّعٌ وقليلُها عصيٌّ على الإصلاحِ الجراحيّ Surgical Treatments of Traumatic Injuries of the Spine
- DOI أذيَّاتُ ذيلِ الفرسِ الرَّضيَّةُ: مقاربةٌ جراحيَّةٌ جديدةٌ Traumatic Injuries of Cauda Equina: New Surgical Approach
- الشَّللُ الرُّباعيُّ.. موجباتٌ وأهدافُ العلاجِ الجراحيّ.. التَّطوُّراتُ التَّاليةُ للجراحة- مقارنةٌ سريريَّةٌ وشعاعيَّة

- DOI التَّصلّبُ اللّويحيُّ المُتعدِّدُ: العلاقةُ السَّببيَّةُ، بين التَّيّار الغلفانيّ والتَّصلّبِ اللّويحيّ المُتعدِّد؟

- DOI التَّنكّسُ الفاليريُّ والتَّجدُّدُ العصبيُّ: رؤيةٌ جديدةٌ في آليَّةِ الحدوث
- التَّنكّسُ الفاليري، رؤيةٌ جديدةٌ Wallerian Degeneration (Innovated View)
- التَّجدُّدُ العصبيُّ، رؤيةٌ جديدةٌ Neural Regeneration (Innovated View)
- DOI التنكّس الفاليري، يهاجم المحاور العصبيّة الحركيّة للعصب المحيطي.. ويعفّ عن محاوره الحسّيّة
- التَّنكّسُ الفاليري التَّالي للأذيَّةِ العصبيَّةِ، وعمليَّةُ التَّجدُّدِ العصبيّ

- المُنعكس الشَّوكيُّ، فيزيولوجيا جديدةٌ Spinal Reflex, Innovated Physiology
- المُنعكس الشَّوكيُّ الاشتداديُّ، في الفيزيولوجيا المرضيَّة Hyperreflex, Innovated Pathophysiology
- المُنعكس الشَّوكيُّ الاشتداديُّ (١)، الفيزيولوجيا المرضيَّة لقوَّة المنعكس Hyperreflexia, Pathophysiology of Hyperactive Hyperreflex
- المُنعكس الشَّوكيُّ الاشتداديُّ (٢)، الفيزيولوجيا المرضيَّة للاستجابة ثنائيَّة الجانب للمنعكس Hyperreflexia, Pathophysiology of Bilateral- Response Hyperreflex
- المُنعكسُ الشَّوكيُّ الاشتداديُّ (٣)، الفيزيولوجيا المرضيَّة لاتِّساع ساحة العمل Extended Hyperreflex, Pathophysiology
- المُنعكسُ الشَّوكيُّ الاشتداديُّ (٤)، الفيزيولوجيا المرضيَّة للمنعكس عديد الإستجابة الحركيَّة Hyperreflexia, Pathophysiology of Multi-Response hyperreflex
- الرَّمع (١)، الفرضيَّة الأولى في الفيزيولوجيا المرضيَّة
- الرَّمع (٢)، الفرضيَّة الثَّانية في الفيزيولوجيا المرضيَّة

- **DOI** **النّموذجُ الميكانيكيُّ الموحَّدُ للنّقل العصبيّ: إطارٌ نظريٌّ ومخطّطٌ تجريبيٌّ للتَّحقّق**

DOI النقل العصبيّ، بين مفهوم قاصر وجديد حاضر The Neural Conduction.. Personal View vs. International View
- في النقل العصبي، موجاتُ الضَّغطِ العاملة Action Pressure Waves
- في النقل العصبي، كموناتُ العمل Action Potentials
- وظيفةُ كموناتِ العمل والتيَّاراتِ الكهربائيَّةِ العاملة
- في النقل العصبي، التيَّاراتُ الكهربائية العاملة Action Electrical Currents
- الأطوارُ الثَّلاثةُ للنَّقل العصبيّ.. رؤيةٌ جديدةٌ
- الأطوارُ الثَّلاثةُ للنقل العصبيّ

DOI النقل في المشابك العصبيّة The Neural Conduction in the Synapses

DOI عقدة رانفييه، ضابطة الإيقاع The Node of Ranvier, The Equalizer
- وظائفُ عقدةِ رانفيه The Functions of Node of Ranvier

DOI عقدةُ رانفييه ضابطةُ الإيقاع: بحثٌ في التَّشريح الوظيفيّ
DOI عقدةُ رانفيه ضابطةُ الإيقاع: الوظيفةُ الأولى في ضبطِ معايير الموجةِ العاملةِ
DOI عقدةُ رانفيه ضابطةُ الإيقاع: الوظيفةُ الثَّانية في ضبطِ مسار الموجةِ العاملةِ
DOI عقدةُ رانفيه ضابطةُ الإيقاع: الوظيفةُ الثَّالثةُ في رفعُ كفاءةِ مسار موجةِ الضَّغطِ العاملةِ

DOI تخطيطُ الأعصاب الكهربائيُّ، بينَ الحقيقيّ والمَوهوم

DOI المستقبلات الحسيّة، عبقريّة الخلق وجمال المخلوق

- أذيَّةُ الأعصابِ المحيطيَّةِ: معلوماتٌ لا غنى عنها لكلِّ العاملينَ عليها peripheral nerves injurie

- الأذيَّاتُ الرَّضَّيَّةُ للأعصابِ المحيطيَّةِ (١) التَّشريحُ الوصفيُّ والوظيفيُّ
- الأذيَّاتُ الرَّضَّيَّةُ للأعصابِ المحيطيَّةِ (٢) تقييمُ الأذيَّةِ العصبيَّةِ
- الأذيَّاتُ الرَّضَّيَّةُ للأعصابِ المحيطيَّةِ (٣) التَّدبيرُ والإصلاحُ الجراحيُّ
- الأذيَّاتُ الرَّضَّيَّةُ للأعصابِ المحيطيَّةِ (٤) تصنيفُ الأذيَّةِ العصبيَّةِ

- الأذيَّاتُ الرَّضيَّةُ للضَّفيرةِ العضديَّةِ Injuries of Brachial Plexus
- شللُ الضَّفيرةِ العضديَّةِ الولاديُّ Obstetrical Brachial Plexus Palsy

- مقاربةُ العصبِ الوركيِّ جراحيًّا في النَّاحيةِ الإليويَّةِ.. المدخلُ عبرَ ألياف العضلةِ الإليويَّةِ العظمى مقابلَ المدخلِ التَّقليديِّ Trans- Gluteal Approach of Sciatic Nerve vs. The Traditional Approaches

DOI مُعالجةُ تناذرِ العضلةِ الكمثريَّةِ بحقنِ الكورتيزون (مقاربةٌ شخصيَّةٌ) Piriformis Muscle Injection (Personal Approach)

DOI مُعالجةُ تناذرِ العضلةِ الكمثريَّةِ بحقنِ الكورتيزون (مقاربةٌ شخصيَّةٌ) (عرضٌ موسَّعٌ) Piriformis Muscle Injection (Personal Approach)

DOI مُتلازمةُ الرَّأسِ الطَّويلِ للعضلةِ ذاتِ الرَّأسين الفخذيَّةِ The Syndrome of the Long Head of Biceps Femoris

- مُتلازمةُ العضلةِ الكابَّةِ المدوَّرة Pronator Teres Muscle Syndrome
- التَّشريحُ الجراحيُّ للعصبِ المُتوسّطِ في السَّاعدِ Median Nerve Surgical Anatomy
- قوسُ العضلةِ الكابَّةِ المُدوَّرةِ Pronator Teres Muscle Arcade
- قوسُ العضلةِ قابضة الأصابع السّطحيّة (FDS Arc)

DOI شبيهُ رباطِ Struthers ...Struthers- like Ligament

- متلازمة العصب بين العظام الخلفي Posterior Interosseous Nerve Syndrome

DOI في فقهِ الأعصابِ، الألم أولاً In Philosophy of Nerves: Pain First

DOI فِيْ فِقْهِ الأعصَابِ.. الشَّكلُ الضَّرورةُ! In Neurodoctrines: Form is Necessity!

- **DOI رسالة مفتوحة إلى المُهتمّين في علوم الخليَّةِ والجنين**

DOI جسيمُ بارَ: ليسَ نفايةً جينيَّة، بلْ كنزٌ مكنونٌ- عيوبٌ برمجيَّةٌ أخفتْ حقيقةَ جسيمِ بارَ وتمايزَ الصّبغيَّين X عندَ المرأة

- **DOI قصَّةُ خلقِ الإنسان: مِنْ مَخلوقٍ سَلَفٍ إلى الإنسانِ الخَلَفِ رَبطاً بينَ المَجازِ اللّاهوتي والبَيانِ العلميّ**

DOI خُلقتْ حوَّاءُ منْ ضلعِ آدمَ: رائعةُ الإيحاءِ الفلسفيّ والمجازِ العلميّ

- **DOI مراجعةٌ نقديَّةٌ لفرضيَّةِ ماري ليون**

DOI تُفّاحةُ آدمَ وضِلعُ آدمَ.. وَجهانِ لخطيئةٍ واحدةٍ

- DOI تُفَّاحةُ آدمَ وضِلعُ آدمَ.. وَجهان لصورةِ الإنسان
- جُسيمُ بار، مفتاحُ أحجيَّةِ الخلق
- DOI خلقُ آدمَ وخلقُ حوَّاءَ، ومن ضلعِه كانت حوَّاءُ Adam & Eve, Adam's Rib
- جسيمُ بار، الشَّاهدُ والبصيرةُ Barr Body, The Witness
- خلقُ حوَّاءَ من ضلعِ آدمَ، حقيقةٌ أم أسطورةٌ؟
- DOI لآدمَ فعلُ التَّمكين، ولحوَّاءَ حفظُ التَّكوين!
- DOI فيروسُ كورُونَا المُستَجِدُّ (كوفيد -١٩): منْ بَعدِ السُّلوكِ، عَينُهُ عَلى الصِّفاتِ
- تُفَّاحة آدم وضِلعُ آدمَ، وجهان لصورةِ الإنسان.

- DOI المرأةُ تُحدِّدُ جنسَ وليدِها، والرَّجل يدَّعي!
- صبيٌّ أم بنتٌ، الأمُّ تُقرِّرُ!
- إنتاجُ البُويضاتِ غيرِ المُلقَّحات الـ Oocytogenesis
- إنتاجُ النِّطافِ الـ Spermatogenesis
- أمُّ البنات، حقيقةٌ هيَ أمْ هيَ محضُ تُرَّهات؟!
- أمُّ البنين! حقيقةٌ لطالما ظَننتُها من هفواتِ الأوَّلين
- غَلَبَةُ البنات، حوَّاءُ هذهِ تلِدُ كثيرَ بناتٍ وقليلَ بنين
- غَلَبَةُ البنين، حوَّاءُ هذهِ تلِدُ كثيرَ بنينَ وقليلَ بنات
- ولا أنفي عنها العدلَ أحياناً! حوَّاءُ هذه يكافئُ عديدُ بنيها عديدَ بُنيَّاتِها

- DOI المبيضان في ركنٍ مَكينٍ.. والخِصيتان في كِيسٍ مَهينٍ: بحثٌ في الأسبابِ.. بحثٌ في وظيفةِ الشَّكلِ
- DOI طفلُ الأنبوبِ، ليسَ أفضلَ المُمكن

- DOI الرُّوحُ والنَّفسُ.. الأولى عَطيَّةُ خالقٍ والثَّانيةُ صَنيعةُ مخلوقٍ
- DOI خلقُ السَّماواتِ والأرضِ أكبرُ من خلقِ النَّاس.. في المرامي والدَلالات
- DOI سفينةُ نوح: طوقُ نجاةٍ لا .. معراجُ خلاص
- DOI الطَّوفَانُ الأخيرُ: طوفَانٌ عَظِيمٌ.. وَلا سَفِينَة
- DOI المصباح الكهربائي، بين التَّجريدِ والتَّنفيذ رحلة ألفِ عام
- DOI هَكذَا تَكلَّمَ إبرَاهِيْمُ الخَلِيْلُ: الثَّابِتُ.. وَالمُتَحَوّلُ
- DOI العِدَّةُ وعِلَّةُ الاختلاف بين مُطلّقةٍ وأرملةٍ ذواتَي عفاف
- DOI تعدُّدُ الزَّوجاتِ وملكُ اليمين.. المنسوخُ الآجلُ
- DOI الثَّقبُ الأسودُ، وفرضيَّةُ النَّجمِ السَّاقطِ
- DOI الثَّقبُ الأسودُ والنَّجمُ الَّذي هوى
- DOI خلقُ السَّماواتِ والأرضِ: فرضيَّةُ الكونِ السَّديميّ المُتَّصلِ
- DOI الجواري الكُنَّسُ الـ Circulating Sweepers
- DOI مجمعُ البحرين.. برزخٌ ما بينَ حَياتين

- DOI ما بعدَ الموتِ وما قبلَ المَساق.. فإمَّا مَسخٌ وإمَّا انعتاقٌ!
- DOI ربُّ المَشرقَين وَربُّ المَغربَين: المُكاشَفاتُ المُؤجَّلةُ

- DOI الضَّوءُ مَوجةٌ والمَسارُ مادِّيٌّ: رؤيةٌ جديدةٌ لطبيعةِ الضَّوءِ وانتشارِهِ
- DOI في فِقْهِ الذَّرَّةِ: مَنْ أعطى الإلكترونَ شِحنتَهُ السَّالبةَ؟

- DOI حـــــــوَّاءُ.. هذه
- DOI فقهُ الحضاراتِ، بين قوَّةِ الفكرِ وفكرِ القوَّةِ
- DOI ثالوثُ الذّكاءِ.. زادُ مسافرٍ! الذّكاءُ الفطريُّ، الإنسانيُّ، والاصطناعيُّ.. بحثٌ في الصِّفاتِ والمآلاتِ
- DOI المعادلاتُ الصِّفريَّةُ.. الحداثةُ، مالها وما عليها
- DOI جدليَّةُ المعنى واللّامعنى
- DOI وَالمِهنَةُ.. شَهِيْدٌ! الشَّهَادَةُ فَلسَفَةُ حَيَاةٍ
- DOI عندما ينفصِمُ المجتمعُ.. لمن تتجمَّلين هيفاءُ؟
- DOI كَشْفُ المَستُور.. مَعَ الاسمِ تَكونُ البدَايةُ، فتَكونُ الهَويَّةُ خَاتِمةَ الحِكايةِ
- DOI مُجتمعُ الإنسان! اجتماعُ فطرة، أمِ اجتماعُ ضرورة، أم اِجتماعُ مصلحةٍ؟
- DOI حقيقتان لا تقبلُ بهُنَّ حوَّاءُ
- DOI هَذَيانُ المفاهيم (١): هَذَيانُ الاقتصاد
- DOI هَذَيانُ المفاهيم (٢): هَذَيانُ اللّيلِ والنَّهار
- DOI وحشُ فرانكنشتاين الجديدُ.. القديمُ نكبَ الأرضَ وما يزالُ، وأمَّا الجديدُ فمنكوبُهُ أنتَ أساساً أيُّها الإنسان!
- DOI فيروسُ كورونا المُستجدُّ.. من بعدِ السُّلوكِ، عيبُهُ على الصِّفاتِ
- DOI كادَتِ المَرأةُ أنْ تَلِدَ أخاهَا، قولٌ صَحيحٌ لكنْ بنكهَةٍ عَربيَّة
- DOI الحُروبُ العَبثيَّةُ.. مُغْضَبٌ لا مَحْظِيٌّ، أيُّهَا الإنسَانُ! ثُنائيَّاتُ القلقِ الوجوديَّةُ، عذَابٌ دائمٌ أمِ امتحانٌ مُستدامٌ؟
- DOI العَقلُ القيَّاسُ وَالعَقلُ المُجرّدُ: في القِياسِ قصُورٌ.. وَفي التَّجريدِ وصُولٌ
- DOI الذِّئبُ المُنفردُ، حينَ يُصبحُ التَّوحُّدُ مَفازةً لا محضَ قَرارٍ!
- DOI الأُسْطورَةُ الحَقِيقَةُ الهَرِمَةُ.. شمشونُ الحكايةِ، وسيزيفُ الإنسانُ
- DOI فيروسُ كورُونَا المُستَجِدُّ (كوفيد -١٩): منْ بَعدِ السُّلوكِ، عَيبُهُ عَلى الصِّفاتِ
- DOI سعاةُ بريدٍ حقيقيُّون.. لا هواةُ ترحالٍ وهجرةٍ
- DOI ما قولُ العلمِ في اختلافِ العدَّةِ ما بينَ المُطلّقةِ والأرملة؟
- بفضلكِ آدمُ! استمرَّ هذا الإنسانُ.. تمكَّنَ.. تكيَّفَ.. وكانَ عروقاً متباينةً
- DOI أرجوزةُ الأزَلِ
- DOI قالَ الإمامُ.. كمْ هوَ جميلٌ فيكمُ الصَّمتُ يا بشرُ
- DOI صِناعةُ اللّاوَعي
- DOI أزمةٌ مُثقَّفٍ.. أضاعَ الهويَّةَ تحتَ مَركومٍ من مَقروءٍ ومَسموعٍ

- القدمُ الهابطة، حالةٌ سريريَّةٌ
- عمليَّاتُ النَّقلِ الوتريّ في تدبيرِ شللِ العصبِ الكعبريّ Tendon Transfers for Radial Palsy
- عمليَّةُ النَّقلِ الوتريّ لاستعادةِ حركةِ الكتفِ Tendon Transfer to Restore Shoulder Movement
- التَّدبيرُ الجراحيُّ لليدِ المخلبيَّة Surgical Treatment of Claw Hand (Brand Operation)
DOI اليدُ المخلبيَّةُ، الإصلاحُ الجراحيُّ (عمليَّةُ براند) Claw Hand (Brand Operation)
- التَّصنيعُ الذّاتي لمفصلِ المرفق Elbow Auto- Arthroplasty
DOI الورمُ الوعائيُّ في الكبدِ: الاستئصالُ الجراحيُّ الإسعافيُّ لورمٍ وعائيٍّ كبديٍّ عرطلٍ بسببِ نزفٍ داخلَ كتلةِ الورم
DOI مُتلازمةُ نفقِ الرّسغِ تنهي التزامَها بقطعٍ تامٍّ للعصبِ المتوسّط
- ورمُ شوان في العصبِ الظّنبوبيّ الـ Tibial Nerve Schwannoma
DOI ورمُ شوان أمامَ العجز Presacral Schwannoma
- ميلانوما جلديَّةٌ خبيثةٌ Malignant Melanoma
DOI انسدادُ الشَّريانِ الكعبريّ الحادِّ غيرِ الرَّضّيّ (داءُ بيرغر)
- استئصالُ الكيسةِ المعصميَّةِ، السَّهلُ المُمتَنِعِ Ganglion Cyst Removal (Ganglionectomy)
- الورمُ العظميُّ العظمانيُّ (العظمومُ العظمانيُّ) Osteoid Osteoma
- كيسةُ القناةِ الجامعةِ Choledochal Cyst
DOI إصابةٌ سِلِّيَّةٌ معزولةٌ في العقدِ اللّمفيَّةِ الإبطيَّةِ Isolated Axillary Tuberculous Lymphadenitis
DOI - التهابُ المهادِ المناعيُّ ثنائيُّ الجانبِ Bilateral Autoimmune Thalamitis

- الانقسامُ الخلويُّ المُتساوي الـ Mitosis
- الانقسام الخلويُّ المُنصّف الـ Meiosis
- المادَّةُ الصِّبغيَّة، الصِّبغيُّ، الجسمُ الصِّبغيُّ الـ Chromatin, Chromatid, Chromosome

- المُتمِّماتُ الغذائيَّةُ الـ Nutritional Supplements، هل هي حقًّا مفيدةٌ لأجسامنا؟
DOI فيتامين د Vitamin D، ضمانةُ الشَّبابِ الدَّائم
- فيتامين ب٦ Vitamin B6، قليلُهُ مفيدٌ.. وكثيرُهُ ضارٌّ جدًّا
- المغنيزيوم بانٍ للعظام! يدعمُ وظيفةَ الكالسيوم، ولا يطيقُ مشاركتَه
- المغنيزيوم (٢)، معلوماتٌ لا غنى عنها
- فيتامين ب ١٢ .. مُختصرٌ مُفيدٌ Vitamin B12

- عظمُ الصَّخرةِ الهوائيُّ Pneumatic Petrous
DOI تضاعفُ اليدِ والزّندِ Ulnar Dimelia or Mirror Hand
DOI خلعٌ ولاديٌّ ثُنائيُّ الجانبِ للعصبِ الزَّنديّ Congenital Bilateral Ulnar Nerve Dislocation
DOI ضمورُ إليةِ اليدِ بالجهتين، غيابٌ خلقيٌّ معزولٌ ثنائيُّ الجانب Congenital Thenar Hypoplasia

DOI (١) قصرُ أمشاطِ اليدِ Brachymetacarpia :قصرٌ ثنائيُّ الجانبِ ومتناظرٌ للأصابعِ الثلاثةِ الزّنديَّةِ

DOI (٢) قصرُ أمشاطِ اليدِ Brachymetacarpia :قصرٌ ثنائيُّ الجانبِ ومتناظرٌ للأصابعِ الثلاثةِ الزّنديَّةِ

DOI متلازمةُ التَّعبِ المزمن Fibromyalgia

DOI آفاتُ الثّديِ ما حولَ سنّ اليأسِ.. نحوَ مُقاربةٍ أكثرَ حزماً Peri- Menopause Breast Problems: Towards a More Decisive Approach

DOI آفاتُ الثّديِ ما حولَ سنّ اليأسِ.. نحوَ مُقاربةٍ أكثرَ حسماً Peri- Menopause Breast Problems: Towards a More Decisive Approach

- تقييمُ آفاتِ الثّديِ الشّائعةِ Evaluation of Breast Problems

DOI التهابُ وترِ العضلةِ السَّواسِ الحرقفيَّةِ Iliopsoas Tendonitis- The Snapping Hip

- تدرُّنُ الفقراتِ.. خراجُ بوت Spine TB.. Pott's Disease

- مرضيَّاتُ الوترِ البعيدِ للعضلةِ ثنائيَّةِ الرُّؤوسِ العضديَّةِ Pathologies of Distal Tendon of Biceps Brachii Muscle

DOI حثلٌ وذّيٌّ انعكاسيٌّ Algodystrophy Syndrome تميَّزَ بظهورِ حلقةٍ جلديَّةٍ خانقةٍ عندَ الحدودِ القريبةِ للوذمةِ الجلديَّةِ

- أذيَّةُ أوتارِ الكفَّةِ المُدوّرةِ Rotator Cuff Injury

- تدبيرُ آلامِ الرَّقبةِ (١) استعادةُ الانحناءِ الرَّقبيِّ الطّبيعيِّ (القعسُ الرَّقبيُّ) Neck Pain: Treatment Restoring Cervical Lordosis

- مُعالجةُ تناذرِ العضلةِ الكمثريَّةِ بحقنِ الكورتيزون (مقاربةٌ شخصيَّةٌ) Piriformis Muscle Injection (Personal Approach)

- تدبيرُ آلامِ الكتفِ: الحقنُ تحتَ الأخرمِ Subacromial Injection

- تدبيرُ التهابِ اللّفافةِ الأخمصيَّةِ المُزمنِ بحقنُ الكورتيزون Plantar Fasciitis, Cortisone Injection

- حقنِ الكيسةِ المصليَّةِ الصَّدريَّةِ- لوحِ الكتفِ بالكورتيزون Scapulo-Thoracic Bursitis, Cortisone Injection

- الكتفُ المُتجمِّدة، حقنُ الكورتيزون داخلَ مفصلِ الكتف Frozen Shoulder, Intraarticular Cortisone Injection

- ألمُ المفصلِ العجزيِّ الحرقفيِّ: حقنُ الكورتيزون Sacro-Iliac Joint Pain, Cortisone Injection

- حقن كورتيزون في نفق الرسغ Cortisone Injection in Carpal Tunnel

- علامةُ فرومِنت Froment's Sign

- علامةُ هوفمان Hoffman's Sign

- علامةُ بابنسكي Babinski's Sign

- علامة هوفمان Hoffman's Sign