

# المستقبلات الحسيّة

## SENSORY RECEPTORS

### الشّعورُ المستمرُّ بالأشياء

#### "عبقريّة خلقٍ وجمالٍ مخلوقٍ"

لمشاهدة فيلمٍ قصيرٍ يشرحُ تفصيلاً آليّةَ عملِ المستقبلاتِ الحسيّةِ لتشعرَ بالأشياء بشكلٍ مستمرٍ،  
انقر على هذا الرّابط

أيّاً يكُ الفكرُ الذي تعتدُّ به، وأياً تكُ المدرسهُ التي تنتمي إليها، فالجميعُ يقولُ بيئِمٌ ولحظيّةُ الفعلِ الذي تمارسهُ المادّةُ على المستقبلاتِ الحسيّةِ. فالمادّةُ إذا ما وقّعت على سطحِ الجلدِ، طال زمنٌ وصاليها أم قصرُ، أحدثت من فورها أثراً يتيماً على هذه المستقبلات. بعده، تفقدُ المادّةُ قدرتها على إطلاقِ عملِ المستقبلاتِ من جديد. رغم ذلك تبقى العضويّةُ الحيّةُ تشعُرُ بوجودِ المادّةِ مادامت المادّةُ على تماسٍ معها. هو شعورٌ يختلفُ عن الشّعورِ الأوّلِ لأنّ مفرداته تختلفُ عن مفرداتِ الأوّل. في هذه المفرداتِ سأبحثُ، وفي عبقريّةِ وجمالِ التّفصيلِ سأخوض.

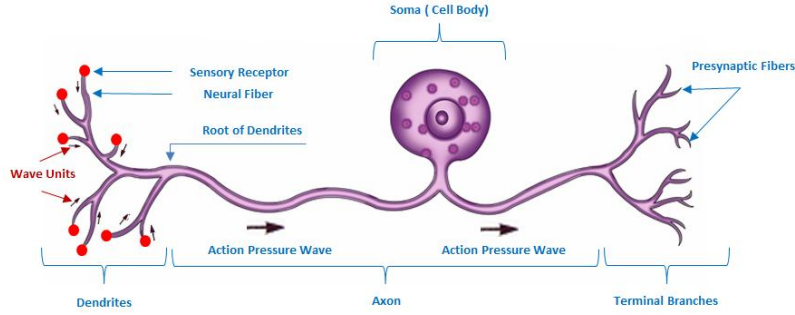
### التّشريحُ الوظيفيُّ الـ Functional Anatomy

تختلف المستقبلاتُ الحسيّةُ الـ Sensory Receptors في الشّكلِ وطبيعةِ الأثرِ المرصودِ، لكنّها تتفقُ جميعاً في آليّةِ عملها. عمادُ بنيتها ليفٌ عصبيٌّ يرفدُ المستقبلَ الحسيّ. اللّيفُ العصبيُّ الـ Neural Fiber هو واحدٌ من كثيرِ التّفُرّعاتِ العصبيّةِ الانتهائيّةِ الـ Dendrites للعصبونِ الحسيّ الـ Sensory Neuron.

يرصدُ كلُّ مستقبلٍ حسيّ أثراً واحداً من أفعالِ العاملِ المُحرّضِ (مثل لونهِ، ملمسهِ، حراريته، الخ). ثمّ يُحوّلُ هذا الأثرَ إلى موجةٍ ضغطيّةٍ جزئيّةٍ تسري في اللّيفِ العصبيّ؛ أسميها الوحدةُ الموجيّةُ الـ Wave Unit. عند جذرِ التّفُرّعاتِ العصبيّةِ الـ Root of Dendrites، حيثُ تجتمعُ أليافها معلنةً بدايةَ المحورِ العصبيّ، تندمجُ الوحدةُ الموجيّةُ مع أخرياتٍ مشابهاتٍ لها في موجةٍ ضغطيّةٍ عاملةٍ وحيدةٍ الـ Active Pressure Wave. هذه الأخيرة ما هي إلّا المجموعُ الجبريُّ للوحداتِ الموجيّةِ النَّاشئةِ في جميعِ التّفُرّعاتِ العصبيّةِ لعصبونٍ وحيدٍ، أو في بعضٍ من أليافهِ كما سنرى لاحقاً.

تسري موجةُ الضّغطِ العاملةِ، حاملةً معها الإشارةَ الحسيّةَ، داخلَ المحورِ العصبيّ لتبلّغَ المشابكِ العصبيّةِ الـ Synapses. ومن وسيطٍ عصبيّ إلى آخر، يصلُ التّنبيهُ الحسيّ أخيراً إلى المراكزِ العليا المتخصّصة. تقومُ هذه الأخيرةُ بقراءةِ الموجةِ العاملةِ مع كثيراتٍ غيرها وارِدِ المنطقةَ ذاتها. فيكون إحساسنا بالعاملِ المُحرّضِ، في جانبٍ من جوانبِ شخصيته، وفق ما يقتضيه تخصُّصُ هذا المستقبلِ أو ذاك؛ انظر الشّكل (1).

تتكاملُ صورةُ المحسوسِ بدمجِ جميعِ المعطياتِ الواردةِ من المستقبلاتِ الحسيّةِ العاملةِ في منطقةِ التّماسِ. هي مستقبلاتٌ حسيّةٌ ذاتُ تخصّصاتٍ وظيفيّةٍ مختلفةٍ تغطّيُ بمجموعها كاملَ طيفِ الفعلِ للمادّةِ المرصودة. دمجُ المعطياتِ الحسيّةِ الواردةِ، ومقاربتها لما في مخزونِ العضويّةِ من تجاربِ السّنينِ الغابرةِ، تُظهرُ صورةً ذهنيّةً متكاملةً للمحسوسِ المرصودِ.



الشكل (١)  
العصبون الحسي،  
المستقبلات الحسية والوحدات الموجية

### The Sensory Neuron, The Sensory Receptors & The Wave Units

يختص كل عصبون حسيّ برصد طيفٍ واحدٍ من شعاعِ القوّة العاملة عند سطح التماس. أدواته مستقبلاتٌ حسّيّةٌ مبنوثةٌ عند سطوح التماس. زُرْع في كلِّ مستقبلٍ منها ليفٌ عصبيٌّ جُرِد من غمده النخاعينيّ الـ Neural Fiber. الليفُ العصبيُّ هو واحدٌ من التفرّعات العصبية الـ Dendrites. عند التماس مع المادّة المحسوسة، تنشأ في الليف العصبيّ وحدةٌ موجيّةٌ الـ Wave Unit. عند جذر التفرّعات العصبية الـ Root of Dendrites، تلتقي الوحدة الموجيّة مع أخوايتها، وليدات المستقبلات الحسيّة الأخرى للعصبون ذاته. المجموع الجبريُّ للوحدات الموجيّة الأخوات ما هو إلا موجة الصّغط العاملة حاملةً التنبية الحسيّ. تسري الموجة العاملة داخل المحور العصبيّ وصولاً إلى تفرّعاته الانتهائيّة الـ Terminal Branches. تتقاسم الألياف ما قبل التشابك الـ Presynaptic Fibers موجة الصّغط العاملة ومحمولها من طاقة المُنبّه. تمّ عبر المشابك العصبية الـ Synapses، تنتقل الإشارة إلى العصبونات الوسيطة. وعبر هذه الأخيرة، تصل الإشارة إلى المراكز الحسيّة العليا في نهاية الأمر.

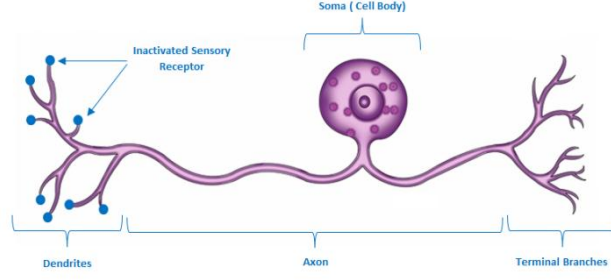
### قانون الكلّ أو اللّاشيء All-or-none Law

كنت قد تحدّثت عن قانون الكلّ أو اللّاشيء في مقالة بعنوان "النقل العصبيّ، بين موروث قاصر وجديد حاضر". يبقى هذا القانون صحيحاً واجب التّطبيق في العصبونات الحركيّة الأمرّة. بالمقابل، ليس على العصبونات الحسيّة النّاقلة واجب التّنفيد. وهذا منطقيّ تحكّمه الوظيفة المنوطة بهذه الأخيرة.

وظيفياً، تنقل العصبونات الحسيّة التّنبهات المختلفة طبيعيّةً وشدّةً. حسب طبيعة وشدّة المحرّض، يتنبّه هذا الكمّ من المستقبلات الحسيّة أو ذلك. على كلّ مستقبلٍ واجب تشكيل الوحدة الموجيّة خاصّته. تجتمع الوحدات الموجيّة الوليدة عند جذر التفرّعات العصبية الـ Root of Dendrites لتشكّل موجةً عاملةً وحيدةً، هي موجة الصّغط العاملة الـ Action Pressure Wave. تمّ تسري هذه الأخيرة عبر المحور العصبيّ لتبلّغ المشبك الانتهائيّ؛ انظر الشكل (١).

فيما يخصّ الطبيعيّة، المستقبلات الحسيّة الـ Sensory Receptors متخصصةٌ وظيفياً. لكلّ منها عنصرٌ تشغيليّ؛ هو الحرارة للمستقبلات الحروريّة، الصّغط لمستقبلات الصّغط، الضوؤ لمستقبلات البصريّة في العين... وتطول القائمة. فوارد الطّاقة منها له معنى وحيد، هو رهنٌ بالوظيفة المعطاة إليها. فصادر المستقبلات الحروريّة هو حرارة بالنّتيجة، كما صادر مستقبلات الصّغط هو حسّ صغط شعوراً.

أمّا الشدّة فهنّ بعدد المستقبلات الحسيّة المشاركة في تلقّي المحرّض، من جهة. وتالياً بعدد العصبونات الحسيّة المتشابهة المشاركة في عمليّة الاستقبال والتّقل، من جهة أخرى. فشعاع الطّاقة لكلّ محرّض سيقومُ بتنبية عدد (N1) من المستقبلات الحسيّة. عددٌ مماثلٌ (N1) من الوحدات الموجيّة هو حاصلٌ عمليّة التّنبية هذه. وسيقوم عددٌ من المحاور العصبية (N2)، أقلُّ من عدد المستقبلات الحسيّة (N1)، بنقل واردة الطّاقة إلى المراكز العليا. واردة الطّاقة هذا يتناسب طردياً بقيمة العدد (N1)، ومنظافاً بقيمة تابعه العدد (N2). يمكن لهذا العدد (N1) أن يكون صفراً (٠) فصاعداً.

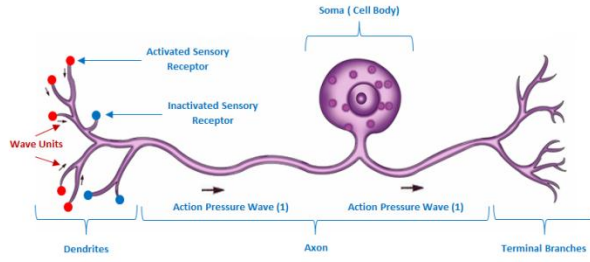


الشكل (٢)

المستقبلات في حالة الراحة

### Inactivated Sensory Receptors

يحيط كل مستقبل حسّي بليف عصبيّ واحد من التفرعات العصبية الـ Dendrites. المستقبلات الحسّية في حالة الراحة. لذلك منحنتها اللون الأزرق للدلالة على سكونها الوظيفي.

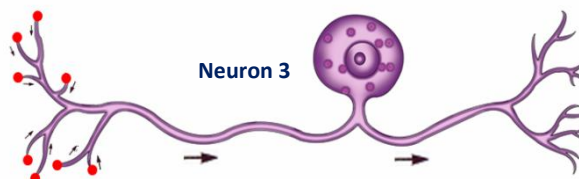
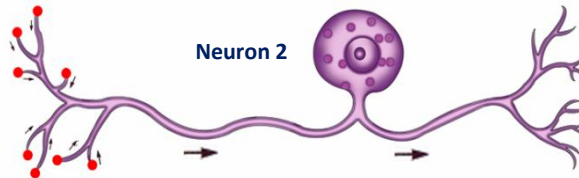
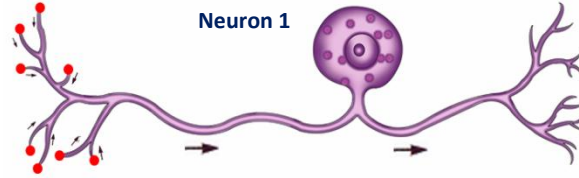


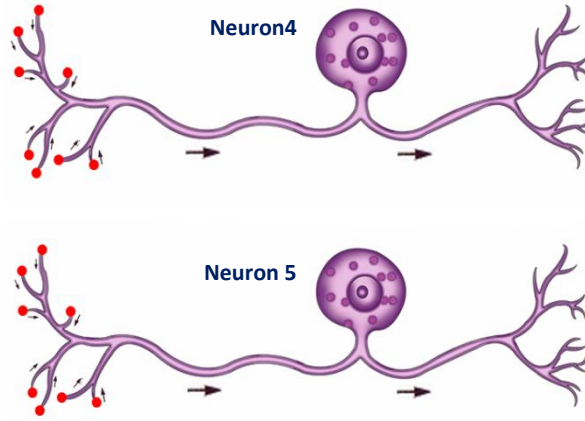
الشكل (A- 2)

المستقبلات الحسّية في حالة العمل (بعض من كل)

### Partially Activated Sensory Receptors

لم تستطع المادة المرصودة تفعيل سوى خمسة (الكراث الحمراء) من أصل ثمانية مستقبلات خاصة العصبون الحسّي. تتشكل خمس وحدات موجية الـ Wave Units، واحدة لكل مستقبل ناشط. تندمج الوحدات الموجية الخمس في موجة ضغط عاملّة وحيدة تكافئ في طاقتها المجموع الجبري لمكوناتها الخمسة. تصل الإشارة إلى المراكز الحسّية العلوية بطاقة خمس وحدات موجية فقط. بالمقابل، بقيت ثلاثة مستقبلات خاملة في حالة سكون وظيفي (الكراث الزرقاء).





الشكل (٢- B)

تفعيل جميع المستقبلات الحسية لخمسة عصبونات حسية

### Totally Activated Sensory Receptors of a Group of 5 Sensory Neurons

استطاع شعاع الطاقة المرصودة تفعيل أربعين مستقبلاً حسياً. انمى كلٌ ثمانية من هذه المستقبلات إلى عصبون حسّي واحد (حسب فرضيتنا السابقة). كلٌ ثنائي وحدات موجية شكّلت موجة ضغط عاملة وحيدة. انتشرت موجات الضغط العاملة الخمس داخل المحاور العصبية لخمسة عصبونات حسية. هنا، قوة الإشارة الحسية الواردة إلى المراكز الحسية العليا تكافئ طاقة خمس موجات ضغط عاملة، أو طاقة أربعين وحدة موجية.

لمزيد من الوضوح، هبّ لدينا عدداً من العصبونات الحسية المتخصصة في نقل حسّ الضغط من منطقة معينة من الجلد. وأنّ التفرعات العصبية الـ Dendrites لكل منها انتهت بثمانية مستقبلات حسية. ثمّ طبّقنا ضغطاً خفيفاً على جلد الناحية. واستطاعت خمسة من هذه المستقبلات ( $N1=5$ ) أن تتلقّف ثقل المحرّض الخارجي. عندها، سيقوم كلٌ مستقبل بخلق وحدة موجية خاصة به. الوحدات الموجية الخمس ستلتقي عند جذر التفرعات العصبية مشكلةً موجة ضغط عاملة وحيدة. ثمّ عبر محور عصبيّ وحيد ( $N2=1$ )، تنتقل موجة الضغط العاملة إلى المراكز العليا. تقرأ المراكز المتخصصة العلوئية وارد الطاقة، وتحدّد طبيعتها وشدّتها. هنا، خمسة مستقبلات من أصل ثمانية تابعة لعصبون وحيد قامت بكامل عملية النقل العصبي؛ انظر الشكل (٢- A).

بعدها، لنطبّق ضغطاً أعلى قيمةً. تنتبّه أربعون مستقبلاً ( $N1=40$ ) للمحرّض الجديد. عندها ستقوم خمس عصبونات ( $N2=5$ ) متشابهة في الوظيفة في نقل قيمة الضغط الجديد هذا. هنا، استنفرت خمس عصبونات حسية ( $N2$ )، بكامل مستقبلاتها الأربعين ( $N1$ )، في نقل التنبية إلى المراكز العلوئية. لذلك كان شعورنا بشدّة الضغط في الحالة الثانية أكبر من شعورنا به في الحالة الأولى بثماني مرّات (أربعون مستقبلاً حسياً في الثانية مقابل خمسة فقط في الأولى)؛ انظر الشكل (٢- B).

إذاً، لا يمكن للعصبونات الحسية الـ Sensory Neurons أن تحترم قانون الكلّ أو اللّاشيء. فيه، تختفي الكثير من مادّة الوجود عن شاشات رصد العضوية الحية. وبه أيضاً، تفشل العضوية في قياساتها للفروق البينية الدقيقة بين عناصر الوجود المادي.

### تنسيق المستقبلات الحسية الـ Arrangement of Sensory Receptors

تنتشر المستقبلات الحسية على كامل سطوح النّماس بين العضوية الحية ومحيطها المادي. يتعاطم وجودها حيث يرتفع تواتر الأتصال بين العضوية ومحيطها، ويقلّ حيث يندر أن يكون. فالإنسان مثلاً، يستقبل الوجود بوجه ويداوره بيديه. يتّقيه حيناً ويداعبه حيناً آخر. لذلك، فوجود المستقبلات الحسية عظيم ها هناك.

تتنظّم المستقبلات الحسية المتشابهة في وظيفتها على نسقين؛ شاقوليّ وأفقيّ. فأما النسق الأفقيّ فتشكيل معظم المستقبلات الحسية عند الإنسان. نجدّه في كل مكان تغلب فيه المساحة عمق شعاع التأثير أهمية. هو نسق ترتيب مستقبلات الضوء واللون في شبكية العين. كذلك، مستقبلات الرائحة، مستقبلات الذوق، المستقبلات اللمسية،

وكثيرٌ غيرها، جميعاً تنتشرُ بصورةٍ أفقيّةٍ. إذ تصطفُ المتشابهاتُ وظيفياً بعضها بجانب بعض، تغطّي كاملَ سطحِ التَّماس حيثُ توجد. هي مستقبلاتٌ تنشغلُ بشكلِ المادّة، بمساحةِ سطحِ التَّماس بينها وبين العضويّة، أكثرَ من انشغالها بقوةٍ تأثيرها. في المراكز العليا، يُؤخذُ واردُ الطّاقة من هذه المستقبلات على نحوٍ عادلٍ، فجميعها متساوي القيمة عند المعالجة والتصنيف.

وأما النّسقُ الشّاقوليّ فتشكيلُ مستقبلاتِ الضّغطِ على سبيلِ المثالِ لا الحصر. حيث يعلو بعضها فوق بعضٍ في بناءٍ طبقيّ. تكون فيه مستقبلاتُ الضّغطِ الأبعدُ عن سطحِ التَّماس هي الأكثرُ تقديراً في المراكز المختصّة العليا. حيث يُضربُ واردُها بأكثرَ من مثلي. هي في منزلةِ المئاتِ أو الآلافِ ربّما. بينما يسقطُ الأكثرُ قرباً من السّطحِ في منزلةِ الأحادِ في عالمِ الأرقام.

سأتابعُ فيما يلي دراسةً مستقبلاتِ حسّ الضّغطِ بشكلٍ عام، والجلديّة منها بشكلٍ خاص. سأفُفُ عنها مطوّلاً باحثاً ومُدقّقاً لخصوصيّتها الشّديدة. فهي بديعةٌ من بدائع الخلق. تنشغلُ، كما يوحي به اسمها، بالتقاطِ ضغطِ المادّة المرصودة عند احتكاكِ هذه الأخيرة مع العضويّة الحيّة. والأهمُّ من ذلك، هي تستمرُّ بتثبيته العضويّة بوجود المادّة مادامَ فعلُ الاحتكاكِ معها واقعاً. وهذه ميزةٌ أجدّها واضحةً في غيرها من المستقبلات الحسيّة وإن اختلفت معها في كثيرٍ أم قليلٍ من آلياتِ الحدوث.

## المستقبلات الحسيّة الـ Sensory Receptors

لنأخذُ مثلاً مستقبلاتِ الألم، مستقبلاتِ الحرارة، مستقبلاتِ الشّم، الخ. ولنُدعُ جانباً مستقبلاتِ الضّوء ولو لبرهةٍ فأمرُها مختلفٌ لاختلافِ طبيعةِ المادّة المرصودة، وليس لاختلافِ آليّةِ عملِ المستقبلِ نفسه.

يبدأ المستقبلُ الحسيّ عمله من لحظةِ التَّماسِ الأولى مع المادّة المرصودة. يتأثّرُ بشعاعٍ من طاقتها فيشكّلُ وحدةً موجيّةً مفردةً. تتشاركُ هذه الأخيرة مع أخواتِ لها، وليداتِ المستقبلاتِ الأخرى، في تشكّلِ موجةٍ ضغطٍ عاملةٍ. تسري موجةُ الضّغطِ العاملةِ داخلَ المحورِ العصبيّ لتصلُ في نهايةِ المطافِ إلى المراكزِ العليا مباشرةً أو عبرَ عددٍ من العصبوناتِ الوسيطة، لا يهمُّ. عندها، تشعرُ العضويّةُ باحتكاكها مع المادّة فيكونُ لها القرارُ في ردّةِ الفعلِ المناسبة.

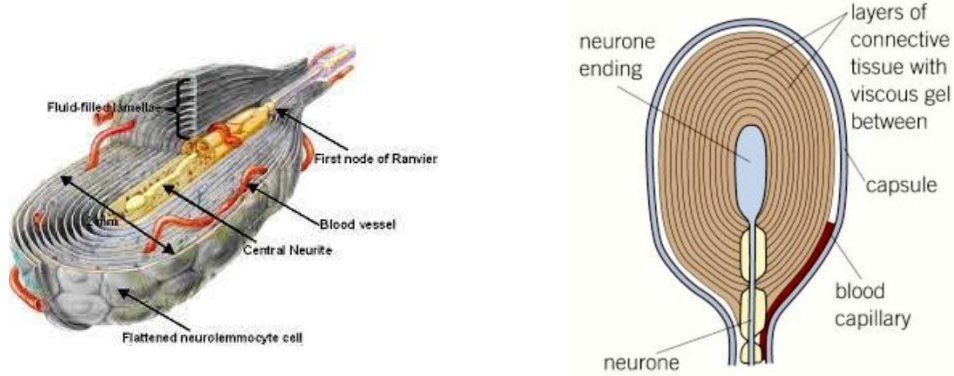
هَبِ التَّماسِ بين العضويّةِ الحيّةِ والمادّةِ المرصودةِ قائماً ما يزال. عندها، ستفشلُ المستقبلاتُ الحسيّةُ في تشكّلِ وحداتٍ موجيّةٍ جديدة. هي في حالةٍ عطالةٍ وظيفيّةٍ مؤقتة. هنا، إذا لم تستنفِرْ مستقبلاتٌ حسيّةٌ أخرى، مشابهةٌ للسّابقةِ وظيفياً، في المنطقةِ نفسها أو أبعدَ من ذلك بقليل، في التنبّه لاستمرارِ التَّماسِ مع المادّة، ستبقى العضويّةُ حُكماً غافلةً عمّا يجري في محيطها. لذلك يغيبُ شعورُنا بوجودِ إبرةٍ اخترقت جلدَنا بعدَ أوّلِ ومضةٍ ألم. بينما يستمرُّ شعورُنا بحرارةِ الجمرِ إذا ما سقطت علينا لأنّ شعاعَ حرارتها بلغَ مستوياتٍ أعمقَ وأبعدَ عن سطحِ التَّماس، ونالَ مستقبلاتِ حروريّةً جديدةً لم يسبق لها أن احترقت.

أما مستقبلاتُ الضّوءِ فإحساسها به لا ينقطعُ أبداً. فالضّوءُ يأتيها على شكلِ نبضاتٍ من الطّاقة، هي الفوتوناتِ الـ Photons. يستطيع كلُّ فوتونٍ أن يُفعلَ لمرةٍ واحدةٍ مستقبله الضّوئيّ. تتلاحقُ الفوتوناتُ تباعاً، وتستلحقُ مستقبلاته العينيّةُ تجديداً قدرتها على العملِ بين فوتونٍ مضى وآخرٍ قادم.

## جسيماتُ باسيني (مستقبلاتُ الضّغط) الـ Pacinian Corpuscles

تكيّفت مستقبلاتُ حسّ الضّغطِ الـ Pacinian Corpuscles، كما غيرها، مع بيئتها الدّاخلية. واعتادت ضجيجَ الحركةِ لجيرانها شركاءِ المكان. فنبضُ القلبِ هي تسمعه منذُ نشأتها. وحفيفُ الدّمِ يضربُ جدرانَ قنواته هي تعرفه منذُ أن كانَ وكانت. نظّمت أمرها على واقع وجودهما الصّاحِبِ والدّائمِ بقربها. فهي تبدأ عملها من حيثُ ينتهيان. صفرها ما اعتادت عليه من جورٍ جيرانها. ما رابَ عن ذلك هي ترصده. تُبلّغه إلى من يهّمه الأمرُ لإجراء ما يلزمُ من جوابِ الأمرِ.

هَبْ ثِقلاً (Pm) جثم على راحة يدك. من لحظها، تتنبّه مستقبلات حسّ الضَّغَطُ بِثَقْلِ هذا الوافد. وسريعاً، تُرسلُ واردها بهذا الخصوص إلى المراكز العليا. تقرأ العضويّة الواردَ حقَّ قراءته فيُبنى على الشّيء مُقتضاه؛ انظر الشَّكلين (٣ & ٤).



الشَّكل (٣)  
مستقبلات الضَّغَطُ (جسيمات باسيني)  
Pressure Receptors (Pacian Corpuscle)

هي مستقبلات للضَّغَطُ، نجدها بكثرة في اليَدِ والأصابع. تتألَّفُ من ليفٍ عصبيّ مركزيّ الـ Central Neurite عارٍ من غمدِ النُّخاعين Myelin Sheath. تحيط به طبقاتٌ من خلايا شوان العصبيّة الـ Neurolemmocyte Cells. يملأ المسافات البينيّة للخلايا سائلٌ خارج خلويّ لزجٌ نسبياً الـ Fluid-filled Lamellae. ويغلّفُ المجموعَ محفظةً ليفيّةً مرنةً الـ Capsule، تعطي المستقبل شكله البيضويّ المتناسك. يستبطنُ المحفظةُ الليفيّةُ أوعيةً دمويّةً مغذّيةً. كما نجد بعضَ هذه الأوعية ترافقُ اللّيفَ العصبيّ المركزيّ. ينتقلُ ضغَطُ المادّةِ المحسوسة عبر المحفظة والسائل البينيّ إلى اللّيف العصبيّ المركزيّ. يشكّلُ هذا الأخيرُ وحدةً موجيّةً خاصّةً به. تنتقلُ الوحدةُ الموجيّةُ الـ Wave Unit عبر اللّيف العصبيّ إلى أن تصادفَ أوّلَ عقدة رانفييه الـ Ranvier Node. يعملُ الضَّغَطُ السَّالِبُ الـ Rarefaction المتدبّلُ للوحدة الموجيّة على استدعاء شاردة الصوديوم موجبة القطبيّة الـ Na<sup>+</sup>. تتدفّقُ شوارِدُ الصوديوم Na<sup>+</sup> إلى داخل اللّيف العصبيّ عبر أقبية جداريّة خاصّة بها. بدخولها، يصبحُ ذيلُ الوحدة الموجيّة موجب القطبيّة، بينما يبقى الوسطُ أمامها على أصله سالب القطبيّة. ما بين مصعد موجب القطبيّة اكتساباً، ومهبط سالب القطبيّة أساساً، يتولّد تيارُ العمل الكهربيّ الخاصُّ بهذا المستقبل. عند جذر النُّفُرات العصبيّة الـ Dendrites، تلتقي الوحدة الموجيّة مع أخواتها من المستقبلات الأخرى لتشكل جميعاً موجة الضَّغَطِ العاملة. تنتشرُ هذه الأخيرة عبر المحور العصبي حتى تبلغَ منتهاها في المشابك العصبيّة الـ Synapses.

الآن، هَبْ الجاثم ركنَ زماً ولم يتزحزح. لن تشعُرَ مستقبلات الضَّغَطُ مجدداً بثقلٍ ضيفها. هي مفطورةٌ على رصدِ تغيّراتِ قيمة الضَّغَطِ لا على قيمته الثَّابِتة. لكنّ العضويّة في حاجةٍ مستمرةٍ لتجديد معطياتٍ واقع الحال في راحة يدها. فقد تكون المادّة المحسوسة ممّا ترغب العضويّة فيه، وتحصرُ على استحوادِ مزاياه. إذا لم تشعُرهُ راحتها يسقطُ من يدها وتخسرُ سجاياه. ما العملُ والحالة هذه؟

هنا، تتجلّى عبقرية الخلق وجمال المخلوق. فمادامت تبدّلات قيمة الضَّغَطِ هي الحاجة، ومادام الثَّقُلُ النَّوعِيّ للمادّة المدروسة هو الثَّابِت الذي لا يتغيّر، فلنخلق العضويّة إذا بدأتها ذاك المتحوّل لزوم العمل. وكان لها أن وجدت ضالّتها في ضغط النّبضة الـ Pulse Pressure.

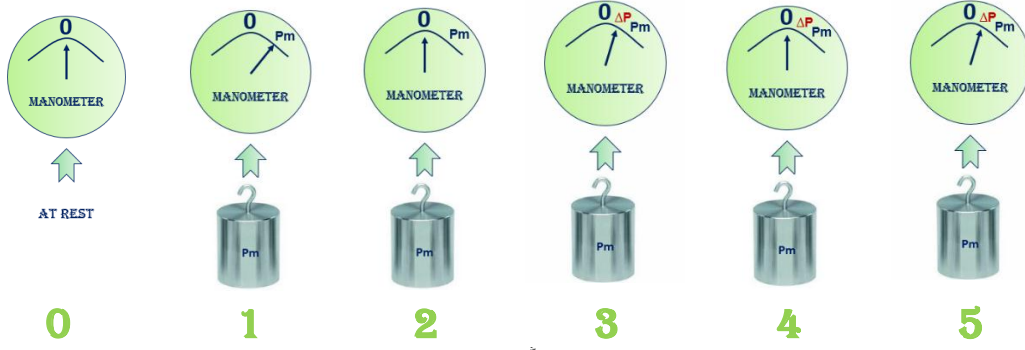
فمع كلّ دورة قلبيّة، تجتاح الأنسجة في بيئة المستقبلات (راحة اليد في مثالنا) موجةٌ من الضَّغَطِ مصدرها حركيّة الدّم في شرايين النّاحية. تترنّح قيمة الضَّغَطِ بين أعظميّة وأخرى أصغريّة. توافق الأولى تقلصَ عضلة القلب الـ Systole، وتوافق الثَّانية استراحتها الـ Diastole. لنفرض أنّ  $(\Delta P)$  هو فارق القيمة بين الاثنتين؛ وهذا بالضبط ما نسميه بضغط النّبضة الـ Pulse Pressure.

$$(\Delta P) = \text{القيمة الأعظميّة للضَّغَطِ الشَّرِيانيّ} - \text{القيمة الأصغريّة للضَّغَطِ الشَّرِيانيّ}$$

اعتادت مستقبلات الضَّغَطِ على قيمة الضَّغَطِ في بيئتها النّسجيّة الحاضنة. وبنيت مقياسها على هذا الأساس. فصفّر مقياسها هو قيمة الضَّغَطِ لهذه الحاضنة النّسجيّة. تخيلُ معي الآن مستقبل الضَّغَطِ على هيئة مقياسٍ بمسطرةٍ قوسيّةٍ مدرّجةٍ وبإبرةٍ حسّاسةٍ لتغيّرات الضَّغَطِ. عندها، ستشيرُ إبرة المقياس إلى الرّقم صفر في أوقات الرّاحة الوظيفيّة لهذه المستقبلات.

تمارسُ المادَّةُ ضغطاً حقيقياً قيمتهُ ( $P_m$ ). من فورِها، تشعُرُ مستقبلاتُ الضَّغَطِ بثقلِ المادَّةِ ويعطي مقياسُها القيمةَ الحقيقيَّةَ ( $P_m$ ). بعدها، ومع طولِ إقامةِ المادَّةِ، سيعتادُ المستقبلُ على قيمةِ الضَّغَطِ الجديدة، كما ويعيدُ دوزنةَ مقياسه إلى القيمة "صفر" من جديد. فمتى غابتِ الفروقُ في قيمةِ الضَّغَطِ الواقعِ عليه، لم يستطعِ حسَّاسُ المستقبلِ رصداً للوجودِ ثانياً. فبعدَ القراءةِ الأولى له، يغيبُ إحساسُ العضويَّةِ بهذا الثَّقيلِ الجاثمِ عليها وكأنَّه لم يكن.

لكن لحسنِ التَّدبيرِ، يختلفُ واقعُ الحالِ عمَّا وصفتُ أعلاه. فما زالتِ مستقبلاتُ الضَّغَطِ قادرةً على رصدِ تذبذباً ما في قيمةِ الضَّغَطِ الواقعِ عليها. وما زالتِ إبرةُ المقياسِ تترنَّحُ بين قيمتين أحدهما صفرُ المقياسِ، وأمَّا الثَّانيةُ فجديدةٌ لا توافقُ القراءةَ الأولى في حالٍ من الأحوال. فكيفَ كان ذلك؟ انظرِ الشَّكلَ (٤).

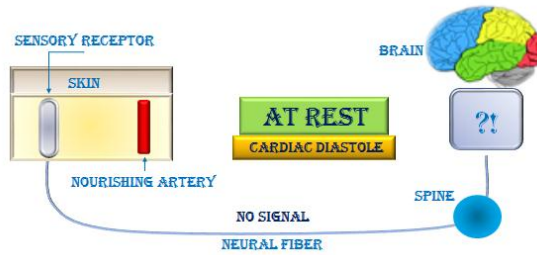


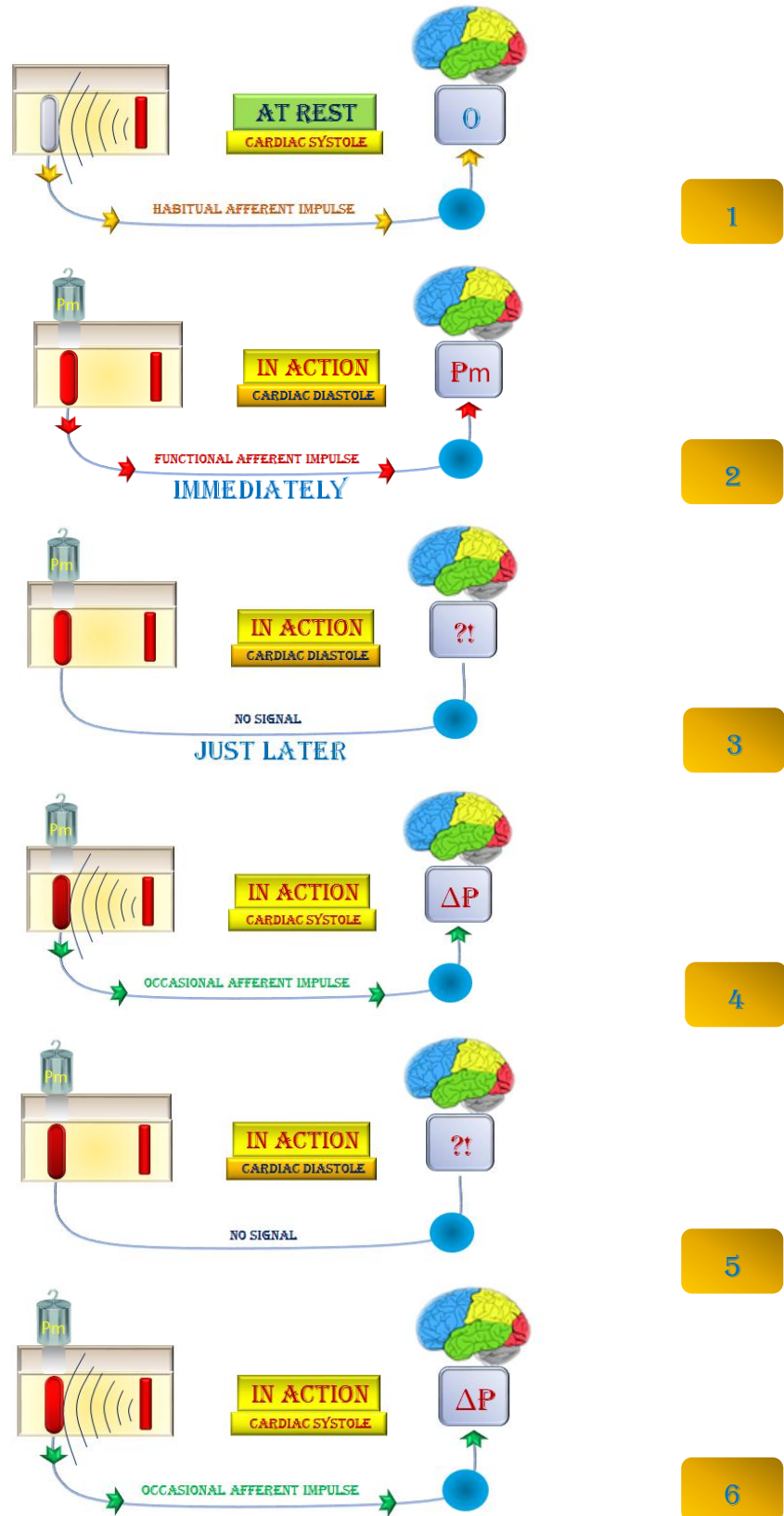
الشَّكل (٤)  
القيمةُ المُضافةُ

(١) بعدَ القراءةِ الأولى لضغطِ المادَّةِ المرصودة، (٢) تغيبُ المادَّةُ كلياً عن ساحةِ الشُّعورِ والإدراكِ.  
(٣) ثمَّ تعودُ للظُّهورِ ثانيةً لكن بقيمةٍ جديدةٍ للضَّغَطِ تختلفُ عن القراءةِ الأولى الحقيقيَّةِ (٤ & ٥) بعدها، تعودُ القراءةُ لتختفي ثمَّ لتظهرَ تبعاً، كلُّ ذلك بفعلِ ضغطِ النُّبضةِ الـ Pulse Pressure والتي تكافئُ القيمةَ المُضافةَ ( $\Delta P$ )، أو تكاد.  
 $P_m$  هو القيمةُ الحقيقيَّةُ للضَّغَطِ (بالملمتر زئبقي) الذي تمارسهُ المادَّةُ المرصودة.  
 $\Delta P$  هو ضغطُ النُّبضةِ وهو يكافئُ تقريباً قيمةَ القراءاتِ التاليةِ لقيمةِ الضَّغَطِ للمادَّةِ ذاتها.

إنَّه ضغطُ النُّبضةِ ما يُسألُ عن هذهِ الحدتيَّةِ، فمع كلِّ نبضةِ قلب، تُخلَقُ قيمةٌ إضافيةٌ من الضَّغَطِ تجتاحُ بيئةَ المستقبلاتِ. وبسببها، سنجدُ إبرةَ المقياسِ تترنَّحُ على ذاتِ الإيقاعِ بين القيمتين (0) و ( $\Delta P$ ). حيثُ القيمةُ ( $\Delta P$ ) هي ضغطُ النُّبضةِ كما أشرنا سابقاً. وكانَ بثقلِ المادَّةِ يمارسُ على المستقبلاتِ ضغطاً قيمتهُ ( $P_m + \Delta P$ ) حين تقلُّصُ عضلةِ القلبِ، وآخرَ قيمتهُ ( $P_m$ ) حين استراحةِ القلبِ. علماً أنَّ المادَّةَ هي ذاتُها لم تتبدَّل. في الواقعِ، فارقُ القيمةِ بين القراءتين ( $\Delta P$ ) هو ما تشعُرُ به المستقبلاتِ.

إذاً بعدَ أوَّلِ قراءةٍ، لا يبقى من ضغطِ المادَّةِ المرصودةِ سوى القيمةُ ( $\Delta P$ ). هي قيمةٌ مُختلقةٌ لا تعكسُ في حالٍ قيمةَ الضَّغَطِ الحقيقيَّةِ. هي وليدُ حركيَّةِ القلبِ، تظهرُ وتختفي مع كلِّ رعدةِ قلب. تُضافُ القيمةُ المُضافةُ ( $\Delta P$ ) على قيمةِ الضَّغَطِ الحقيقيِّ للمادَّةِ ( $P_m$ ) حين تقلُّصُ القلبِ، وتعودُ لتُطرحَ منها عند انقباضه، فتشعُرُ يدُنَّا بثقلِ المادَّةِ المُحدَثِ الجديدِ حين عمليتيَّ الجمعِ والطَّرحِ على حدِّ سواء؛ انظرِ الشَّكلَ (٥).





الشكل (٥)

ضغط النبضة أساس العمل المستمر للمستقبلات الحسية

Pulse Pressure is the Basis for Continuous Function of Sensory Receptors

لا تنقطع الرسائل العصبية بين المستقبلات الحسية وبين المركز الحاكم، في حالة الراحة كما العمل. فالدماع لا يحتمل الفراغ. هو في شغل دائم. يرصد المحيط، كما ويتأكد من جاهزية عناصره المبتوتة في كل مكان. ووسيلته بسيطة وعقريئة. هو يجنّد لذلك أكثر عناصره نشاطاً ووجوداً. موجة ضغط النبضة الـ Pulse Pressure.



فمع كل نبضة قلب، تمسح موجة من الضغط الأنسجة حيث تقيم المستقبلات تماماً كما تمسح موجات أجهزة الرصد الإلكترونية الـ Radar الأجواء كشافاً واستقصاءً. تتلقى المستقبلات الموجة كأمير عمل فترسل إلى الدماغ رسالة جواباً مناسبة لشدة الموجة. يستقبل الدماغ بدوره الوارد الحسي ويبنى على الشيء مقتضاه. هو أعلم بشدة ضغط النبضة، وهو أدرى بطاقة النبضة الواردة الجواب.

#### في الزمن (0)

حين الراحة والاسترخاء القلبي الـ Cardiac Diastole، ينقطع تماماً الوارد الحسي من المستقبل الحسي، فيكون القلق والإرتباب حال المراكز الدماغية المسؤولة. فالدماع لا يقبل الفراغ أو صمت الأنسجة في حدود ملكيته وسيطرته.

#### في الزمن (1)

وحيث لا وارد من المستقبل الحسي، يستدعي الدماغ ضغط النبضة الـ Pulse Pressure أوماً تمسح المكان موضوع القلق. يتلقى المستقبل الحسي الرسالة الموجية فيرسل إلى المركز جواباً على أن لا يتبدل في واقع الحال. حينها يطمئن الدماغ ويعلم أن لا عيب في عمل المستقبلات الحسية عيونه المبتوتة في المكان من جهة، ويعلم أن لا وجود لدخيل طارئ من جهة أخرى. فقد جاءته الإشارة تماماً كما اعتاد عليها سنين عمره الـ Habitual Afferent Impulse.

#### في الزمن (2)

يستشعر المستقبل بنقل الجسم المرصود (Pm)، فيرسل من فوره إنذاراً بلاغاً الـ Functional Afferent Impulse إلى المراكز الحسية. تقرأ هذه الأخيرة الوارد الحسي حقّ قراءته. ويكون التقدير مطابقاً لواقع الحال أو كاد، أي (Pm).

#### في الزمن (3)

أحدث ثقل الجسم المرصود فعلاً ومضى. هو فعل يتيم لحظي لا تكرر له. تحسّن المستقبل هذا الفعل كما يجب وأبلغ. الجسم على التماس ما يزال، لكن ما من قرينة وجود لدى المستقبل الحسي فلا يشعر. هنا، ينقطع ثانية الوارد الحسي، ويعود معه القلق والإرتباب ليسيطر على المراكز الحسية.

#### في الزمن (4)

النجعة كما دائماً تأتي وضغط النبضة وأماحها الماسحة. تصدم موجة ضغط النبضة المستقبل الحسي الرّازح تحت ثقل الجسم الدخيل. فيطلق المستقبل إشارة بيان إلى المراكز العليا الـ Ocaasional Afferent Impulse. هي إشارة مختلفة في شدتها عن كلتا الإشارتين؛ الإعتيادية والوظيفية. هي بالتأكيد إشارة أقوى من تلك الإعتيادية حين لا وجود لجسم طارئ يُقلق. وهي حتماً أقل قوة من تلك الوظيفية حين التماس الأول مع هذا الدخيل. يستبين الدماغ هذه الفروق في شدة النبضة الواردة فتكون له القراءة المناسبة (ΔP).

#### في الزمن (5)

يعود الصمت واقعاً قليلاً بانسحاب موجة ضغط النبضة حين استرخاء العضلة القلبية الـ Cardiac Diastole.

#### في الزمن (6)

يضج المكان صخباً يتدفق الدماء ثانية حين تقلص العضلة القلبية الـ Cardiac Systole. وتعود الوظيفة إلى المستقبلات الحسية كما إلى قنوات اتصالها مع الدماغ.

إذاً، ضغط النبضة هو القيمة المضافة. هو المسؤول عن شعورنا المزمّن بالأشياء في يدنا. هو وقود عمل حساسات الضغط متى طال زمن إقامة المادة. ابتكرته العضوية الحية للتغلب على ركود المادة وسكون الإشارة الصادرة عنها. فمتى غابت الإشارة من المادة، تُبأشرها العضوية بأخرى من ذاتها. تتلقى مستقبلات الضغط هذه الإشارة. هي تشعر بتناوب ظهورها وغيابها. فهي تتحسّن الآن وجود المادة على سطحها. إنّه إحساس جديد بالمادة لا يتوافق والشعور الأولي بها، لكنّه مع ذلك هو شعور قابل للرصد والمحاسبة. هي تدرك أنّ شعورها الجديد هذا هو وليد المناسبة، مناسبة طول إقامة المادة على سطحها وإلا لما كان.

## النتيجة الرؤيا

لا تنفك المستقبلات الحسية الـ Sensory Receptors عاملة في أوقات الراحة كما أثناء العمل، وهذا ضرورة بقاء لا غنى عنه. كما لا تنقطع المستقبلات الحسية تُرسل الرسائل العصبية الـ Afferent Impulses إلى الدماغ زمن الراحة وحين العمل، وهذا واجب لا فكاك منه. وقودها في ذلك كله هو ضغط النبضة الـ Pulse Pressure. ضغط النبضة هذا هو القيمة المضافة الـ Differential Value التي تتجدد مع كل ضربة قلب. القيمة المضافة التي جادت بها العضوية الحية في سعيها لرأب القصور الذاتي في عمل هذه المستقبلات.


























تماماً كموجات أجهزة الرصد الـ Radar ماسحة الأجواء كشافاً واستقصاءً، تمسح موجة ضغط النبضة الأنسجة الحية مع كل رعشة قلب. تزود المستقبلات الحسية على اختلاف أنواعها بوقود عملها المستمر في الرصد والاستقراء. تُحدث فرقاً في قيمة الطاقة تستشعره المستقبلات الحسية فتُطلق إنذاراً بذلك. يكون الإنذار كاذباً في حالة الراحة حين تكون قيمة الضغط داخل هذه المستقبلات تماماً كما قدر لها عند النشأة. ويكون الإنذار حقيقياً أثناء العمل حين تكون قيمة الضغط داخل المستقبلات قد ارتفعت بسبب وجود مادة جائمة على السطح.

هو الدماغ، لا أحد غيره، من يعطي الإنذار الـ Afferent Impulse صفته. فهو قد خبر الإنذارات الكاذبة الـ Habitual Afferent Impulses وعلم طبيعتها وظروف نشأتها بمنزل ما خبر الحقيقية منها وأحاط بظروف

خلفتها. عرف أيضاً الإنذارات الحقيقية الأساس الـ Functional Afferent Impulses ممّا تنتجُه المادّة بتماسّها مع المستقبلات، و عرف الإنذارات التّأنويّة الرّوافد الـ Occasional Afferent Impulses ممّا تنتجُه موجة ضغط النّبضة رصداً للمادّة حين استمرار تماسّها مع هذه المستقبلات.

لمشاهدة فيلم قصير يشرح تفصيلاً آليّة عمل المستقبلات الحسيّة لتشعر بالأشياء بشكل مستمرّ، انقر على هذا الرابط

في سياقاتٍ أخرى، أنصح بقراءة المقالات التّالية:

- هل يفيدُ التّدخلُ الجراحيّ الفوريّ في أدّيّاتِ النخاع الشوكيّ وذيلِ الفرس الرضّيّة؟
- النقل العصبيّ، بين مفهوم قاصر وجديد حاضر
- The Neural Conduction.. Personal View vs. International View
- في النقل العصبيّ، موجاتُ الضّغطِ العاملة 
- في النقل العصبيّ، كموناتُ العمل 
- وظيفةُ كموناتِ العمل والتّيّاراتِ الكهربائيّة العاملة 
- في النقل العصبيّ، التّيّاراتُ الكهربائيّة العاملة 
- الأطوارُ التّلاثة للنقل 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 ضبط معايير الموجة العاملة 
- وظائفُ عقدة رانفييه، الوظيفة التّانية في ضبط مسار الموجة العاملة 
- وظائفُ عقدة رانفييه، الوظيفة التّالثة في توليد كموناتِ العمل 
- في فقه الأعصاب، الألم أولاً 
- The Pain is First
- في فقه الأعصاب، الشكل.. الضرورة 
- The Philosophy of Form
- تخطيط الأعصاب الكهربائيّ، بين الحقيقيّ والموهوم 
- الصدمة النخاعيّة (مفهوم جديد) 
- The Spinal Shock (Innovated Conception)
- أدّيّاتِ النخاع الشوكيّ، الأعراض والعلامات السريريّة، بحثٌ في آليات الحدوث 
- The Spinal
- Injury, The Symptomatology
- الرّمع 
- Clonus
- اشتدادُ المنعكس الشوكيّ 
- Hyperactive Hyperreflexia
- اتّساعُ باحةِ المنعكس الشوكيّ الاشتداديّ 
- Extended Reflex Sector
- الاستجابة ثنائيّة الجانب للمنعكس الشوكيّ الاشتداديّ 
- Bilateral Responses
- الاستجابة الحركيّة العديدة للمنعكس الشوكيّ 
- Multiple Responses
- التنكّس الفاليريّ، يهاجم المحاور العصبيّة الحركيّة للعصب المحيطي.. ويعفّ عن محاوره الحسيّة 
- التنكّس الفاليريّ، رؤية جديدة 
- Wallerian Degeneration (Innovated View)
- التجذُّدُ العصبيّ، رؤية جديدة 
- Neural Regeneration (Innovated View)

Spinal Reflexes, Ancient Conceptions المنعكسات الشوكية، المفاهيم القديمة

Spinal Reflexes, Innovated Conception المنعكسات الشوكية، تحديث المفاهيم

خُلقتِ المرأةُ من ضلعِ الرَّجُلِ، رائِعةُ الإيحاءِ الفلسفيِّ والمجازِ العلميِّ

المرأةُ تقرُّرُ جنسَ ولِيدِها، والرَّجُلُ يدَّعي!

الرُّوحُ والنَّفْسُ.. عَطِيَّةُ خالِقٍ وصَنِيعةُ مخلوقٍ

خُلِقَ السَّمَاوَاتِ والأَرْضِ أكبرُ من خَلْقِ النَّاسِ.. في المراميِّ والدَّلالاتِ

تَفَاحَةُ آدمَ وضِلْعُ آدمَ، وجهانِ لصورَةِ الإنسانِ.

حسِّوا.. هذه

سفينةُ نوحَ، طوقُ نِجاةٍ لا معراجَ خلاصِ

المصباحِ الكهربائيِّ، بينَ التَّجريدِ والتَّنفيذِ رحلةُ ألفِ عامٍ

هكذا تكلمَ إبراهيمُ الخليلُ

فقهُ الحضاراتِ، بينَ قوَّةِ الفكرِ وفكرِ القوَّةِ

العِدَّةُ وعِلَّةُ الاختلافِ بينَ مُطَقَّةٍ وأرملَةٍ ذاتِ عفافِ

تعدُّدُ الزَّوجاتِ وملكُ اليمينِ.. المنسوخُ الأجلُ

الثَّقَبُ الأسودُ، وفرضيَّةُ النِّجمِ السَّاقطِ

جُسيمُ بار، مفتاحُ أحجِّيَةِ الخلقِ