

La transmission synaptique

Introduction :

La réalisation du réflexe myotatique nécessite la présence de contacts entre le neurone sensitif et les neurones moteurs : ce sont les synapses.

1

Quel est le mécanisme de la transmission synaptique ?

Quel est son rôle dans la réalisation du réflexe myotatique ?

Révision Bac
science 2020 TN 

1- Ultra structure d'une synapse neuroneuronique : doc 15 p 187

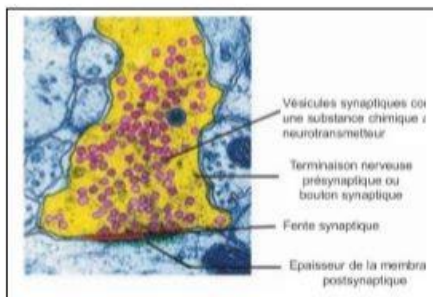
Une synapse neuroneuronique comporte :

- l'élément présynaptique : formé toujours d'un bouton synaptique (terminaison nerveuse de l'axone). Il renferme un grand nombre de mitochondries et de vésicules synaptiques qui renferment un neurotransmetteur ou médiateur (l'acétylcholine, GABA, noradrénaline...) impliqués dans la transmission du message nerveux.

Un neurone ne synthétise et ne libère qu'un seul type de neurotransmetteur.

- une fente synaptique : espace séparant la membrane pré-synaptique et la membrane post-synaptique ce qui prouve que les deux neurones ont électriquement isolés l'un de l'autre.

- l'élément postsynaptique est généralement un corps cellulaire ou une dendrite et rarement un axone. Sa membrane renferme des récepteurs spécifiques au neurotransmetteur libéré par l'élément présynaptique.



Ultrastructure d'une synapse
neuroneuronique

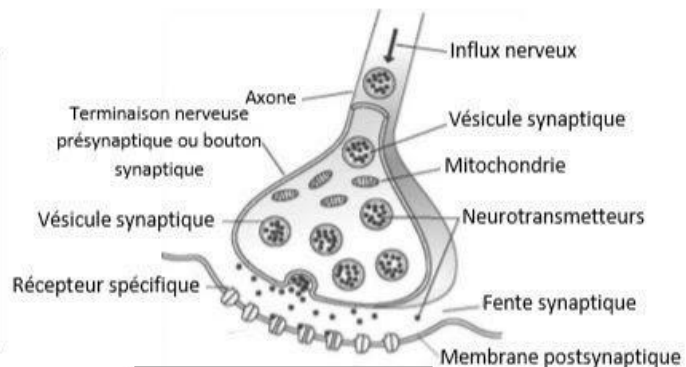


Schéma d'interprétation



2- Le mécanisme de la transmission synaptique : voir doc 16 p 187

- ✓ Arrivée d'un PA dans l'élément présynaptique ce qui provoque la dépolarisation de la membrane présynaptique et l'ouverture des canaux calcique voltage-dépendants.
- ✓ Entrée des ions Ca^{2+} (doc 17 p188) qui active la libération du neurotransmetteur par **exocytose** (doc 16 p187).
- ✓ Le neurotransmetteur ainsi libéré dans la fente synaptique se fixe sur ses récepteurs spécifiques au niveau de la membrane postsynaptique.
- ✓ Ouverture de canaux ioniques chimiodépendants.
- ✓ Mouvements ioniques à travers ces canaux ce qui entraîne une modification du potentiel de la membrane postsynaptique appelée potentiel postsynaptique (PPS).
- ✓ L'inactivation rapide du neurotransmetteur dans la fente synaptique interrompt la transmission synaptique.

Remarques :

- Le temps mis par le PA pour franchir une synapse est appelé délai synaptique (varie de 0.5 à 1ms).
- La transmission synaptique est unidirectionnelle : du neurone présynaptique (vésicules synaptiques) vers le neurone postsynaptique (récepteurs).

3- Enregistrement des potentiels postsynaptiques :

Chaque neurone est capable de synthétiser un seul type de neurotransmetteur par contre il peut recevoir plusieurs boutons synaptiques ayant des neurotransmetteurs différents :

- s'il s'agit d'un neurotransmetteur excitateur : **synapse excitatrice**
- s'il s'agit d'un neurotransmetteur inhibiteur : **synapse inhibitrice**.

a- La synapse excitatrice :

Activité p 188

La stimulation du neurone N1 provoque une dépolarisation au niveau du neurone postsynaptique N3 qui fait rapprocher le potentiel de la membrane au seuil de potentiel -50mv, cette variation de ddp est appelée **PPSE : potentiel postsynaptique excitateur**.

Quelle est l'origine ionique du PPSE ?

- la fixation du neurotransmetteur **excitateur** (libéré par N1) sur ses récepteurs spécifiques au niveau du neurone postsynaptique provoque l'ouverture des **canaux chimiodépendants à Na^+** .
- diffusion des ions Na^+ à l'origine d'une dépolarisation au niveau du neurone postsynaptique : PPSE.
- le PPSE se propage jusqu'au cône axonique (à travers les neurofibrilles)



-l'amplitude du PPSE diminue en se propageant. S'il arrive au cône axonique avec une amplitude suffisante (atteint le seuil de -50mv) il déclenche l'ouverture des CVD Na^+ provoquant ainsi la naissance d'un PA.

b- La synapse inhibitrice :

Activité p 188

La stimulation du neurone N2 provoque une hyperpolarisation au niveau de N3 c'est un **PPSI : potentiel postsynaptique inhibiteur**.

3

Quelle est l'origine ionique du PPSI ?

- la fixation du **neurotransmetteur inhibiteur** (libéré par N2: GABA ou acide gamma-aminobutyrique) sur ses récepteurs spécifiques au niveau du neurone postsynaptique provoque l'ouverture des canaux chimiodépendants.
- **diffusion des ions Cl^-** dans le neurone postsynaptique et **sortie des ions K^+** à l'origine d'une **hyperpolarisation** au niveau du neurone postsynaptique appelée **PPSI : potentiel postsynaptique inhibiteur**.
- le PPSI se propage jusqu'au cône axonique (à travers les neurofibrilles) mais il n'atteint jamais le seuil et donc ne déclenche pas un PA.

4- Rôle intégrateur du neurone postsynaptique:

L'activation d'un seul bouton synaptique donne un PPS (PPSE ou PPSI) insuffisant pour déclencher la naissance d'un PA au niveau du cône axonique.

Comment naît alors un PA au niveau du neurone postsynaptique?

Activité p 190 :

- 1- Analysez les données de la 1ère série d'expériences afin de déterminer :
 - a- Les différents types de synapses,
 - b- Une propriété des potentiels postsynaptiques.



Analyse	Types de synapses	Propriété des PPS
La stimulation des neurones N1, N2 et N4 donne naissance au niveau du neurone postsynaptique N5 à une dépolarisation qui rapproche le potentiel du seuil : c'est un PPSE. - La stimulation de N1 donne en O5 un PPSE d'amplitude 9mv, - La stimulation de N2 donne en O5 un PPSE d'amplitude 9mv - La stimulation de N4 donne en O5 un PPSE d'amplitude 6mv Les PPSE se propagent jusqu'au cône axonique en diminuant d'amplitude puis disparaissent en O6.	N1-N5, N2-N5, N4-N5 sont des synapses excitatrices	Non propageable A décrement spatial
La stimulation du neurone N3 donne naissance au niveau du neurone postsynaptique N5 à une hyperpolarisation : c'est un PPSI. Le PPSI se propage jusqu'au cône en diminuant d'amplitude puis disparaît en O6. Le PPSI atteint le cône axonique avec une amplitude égale à 4mv.	La synapse N3-N5 est donc inhibitrice	

2- Analysez les autres expériences afin de dégager les conditions de naissance du PA postsynaptique.

2^{ème} série d'expériences :

- L'application de 2 excitations efficaces peu rapprochées sur N1 engendre en O1 deux PPSE séparés dont l'amplitude diminue en O5.
 - L'application de 2 excitations efficaces plus rapprochées sur N1 engendre en O1 un seul PPSE issu de deux PPSE élémentaires fusionnés : c'est un PPSE global qui résulte d'une **sommation temporelle** des 2 PPSE élémentaire. (Les PPS sont sommables car ils ne sont pas suivis d'une période réfractaire contrairement aux PA)
- $PPSE_g = 2 \text{ PPSE} = 2 \times 9 = 18 \text{ mv}$
- Ce PPSEg n'atteint pas le seuil en O5 et ne déclenche pas un PA d'où l'enregistrement d'un PR en O6.



- L'application de 3 excitations efficaces plus rapprochées sur N1 engendre en O1 un seul PPSE issu de 3 PPSE élémentaires fusionnés : c'est un PPSE global qui résulte d'une **sommation temporelle** des 3 PPSE élémentaire.

$$\text{PPSE g} = 3 \text{ PPSE} = 3 \times 9 = 27 \text{ mv}$$

Ce PPSEg se propage jusqu'au cône axonique où il atteint le seuil et déclenche l'ouverture des CVD et la naissance d'un PA qui se propage jusqu'à O6.

5

3^{ème} série d'expériences :

- L'application de 2 excitations efficaces peu rapprochées sur N3 engendre en O3 deux PPSI séparés dont l'amplitude diminue en O5.
- L'application de 2 excitations efficaces plus rapprochées sur N3 engendre en O3 un seul PPSI issu de deux PPSI élémentaires fusionnés : c'est un PPSI global qui résulte d'une **sommation temporelle** des 2 PPSI élémentaire. Ce PPSIg n'atteint jamais le seuil en O5 et ne déclenche pas un PA d'où l'enregistrement d'un PR en O6.

4^{ème} série d'expériences :

- L'application d'excitations efficaces simultanément sur N1, N2 et N4 engendre en O5 un seul PPSEg qui résulte de la sommation algébrique de 3 PPSE élémentaires : c'est **une sommation spatiale**.

$$\text{PPSE g} = 9 + 9 + 6 = 24\text{mv}$$

Le PPSEg atteint le seuil en O5 et déclenche la naissance d'un PA postsynaptique propageable.

- L'application d'excitations efficaces simultanément sur N1, N2 et N3 engendre en O5 un seul PPSEg qui résulte de la sommation algébrique spatiale de 2 PPSE et 1 PPSI : c'est **une sommation spatiale**.

$$\text{PPSE g} = 9 + 9 + (-4) = 14\text{mv}$$

Le PPSEg n'atteint pas le seuil en O5 et ne déclenche pas la naissance d'un PA postsynaptique.

5^{ème} série d'expériences :

L'application d'excitations efficaces simultanément sur N1, N2, N3 et N4 engendre en O5 un seul PPSEg qui résulte de la sommation algébrique spatiale de 3 PPSE et 1 PPSI : c'est **une sommation spatiale**.

$$\text{PPSE g} = 9 + 9 + 6 + (-4) = 20\text{mv}$$



Le PPSEg atteint le seuil en O5 et déclenche la naissance d'un PA postsynaptique propageable.

3- A partir de toutes ces données, expliquer comment le neurone postsynaptique intègre les messages nerveux provenant des neurones présynaptiques.

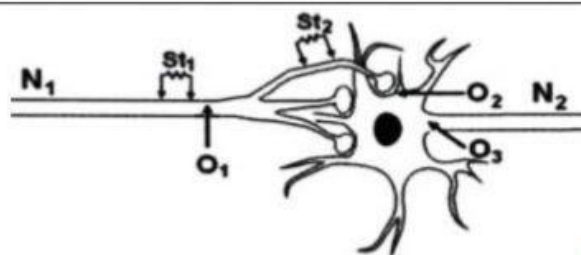
Lorsque plusieurs neurones présynaptiques transmettent leur message simultanément au même neurone postsynaptique par des synapses excitatrices et inhibitrices, le potentiel postsynaptique résultant a une amplitude égale à la somme algébrique des PPS unitaires. On parle dans ce cas de **sommation spatiale**.

- Lorsqu'un même neurone présynaptique émet des PA très rapprochés à un neurone postsynaptique par une synapse excitatrice ou inhibitrice, le PPS résultant a une amplitude égale à la somme des PPS successifs provenant de la même synapse : on parle alors de **sommation temporelle** des PPS.

Dans les deux cas, si la somme atteint au niveau du cône axonique (ou segment initial) le seuil de potentiel, un PA est déclenché.

On appelle **intégration postsynaptique** la capacité du neurone postsynaptique d'intégrer les informations qui lui parviennent des neurones présynaptiques.

Remarque : En cas de réalisation des deux types de sommation on parle d'une **sommation spatio-temporelle**.



extrait du bac math 2013c

La stimulation appliquée sur N1 (St1) provoque l'activation de 3 synapses simultanément : c'est une **sommation spatiale**. (en O3)

L'application de plusieurs stimulations rapprochées sur N1 (St1) provoque la naissance 3 PA successifs et l'activation de 3 synapses simultanément : c'est une **sommation spatio-temporelle**.



Révision Bac science 2020 TN

5- La coordination des muscles antagonistes au cours du réflexe myotatique :

Activité p 193 :

Comment expliquer la contraction du muscle étiré et le relâchement simultané du muscle antagoniste?

1- **En O1** : au niveau du fuseau neuromusculaire (site transducteur) l'intensité de l'étirement du muscle M est convertie en potentiel de récepteur qui se propage jusqu'au 1^{er} nœud de Ranvier (site générateur) où il atteint le seuil et déclenche un train de 4 PA qui se propagent le long des fibres nerveuses sensitives Ia.

En O2 : après 0.8 ms de la stimulation apparaît un PPSE

Le temps mis par l'influx nerveux pour passer de O1 à O2 est égale à $0.8 \text{ ms} - 0.3 \text{ ms} = 0.5 \text{ ms}$ (délai synaptique) qui correspond au temps mis par l'influx nerveux pour franchir une seule synapse (N1-N2).

Il s'agit donc d'un circuit **monosynaptique** constitué de deux neurones : l'un sensitif (constitué de fibre nerveuse Ia) et l'autre moteur (constitué de fibre nerveuse motrice α) s'articulant par une synapse.

Le PPSEg résulte d'une sommation temporelle des 4 PPSE : N1-N2 est une synapse excitatrice.

En O3: après 1.3ms apparaît un PPSI

Le temps mis par l'influx nerveux pour passer de O1 à O3 est égale à : $1.3 - 0.3 \text{ ms} = 1 \text{ ms}$ ($2 \times 0.5 \text{ ms}$) ce qui correspond au temps mis par l'influx nerveux pour franchir deux synapses. Il s'agit d'un circuit **polysynaptique** constitué de trois neurones :

- un neurone sensitif
- un interneurone,
- un motoneurone

Le PPSig est le résultat d'une sommation temporelle de 2 PPSI élémentaires.

L'apparition d'un PPSI montre que ces neurones sont intercalés par :

- une synapse excitatrice entre le neurone sensitif et l'interneurone inhibiteur,
- une synapse inhibitrice entre l'interneurone et le motoneurone α .

En O4 : apparition de PA

Le PPSE global obtenu au niveau de O2 atteint le seuil au niveau du cône axonique du motoneurone α et déclenche l'ouverture des CVD d'où la naissance de 2 PA postsynaptiques.

En O5 : apparition d'un PR

Le PPS global obtenu au niveau de O3 n'atteint pas le seuil et ne déclenche pas un PA.



- 2- Les messages nerveux sensitifs provenant des fuseaux neuromusculaires ont une double action :
- ils activent les motoneurones du muscle étiré entraînant sa contraction.
 - ils inhibent les motoneurones du muscle antagoniste ce qui entraîne son relâchement.

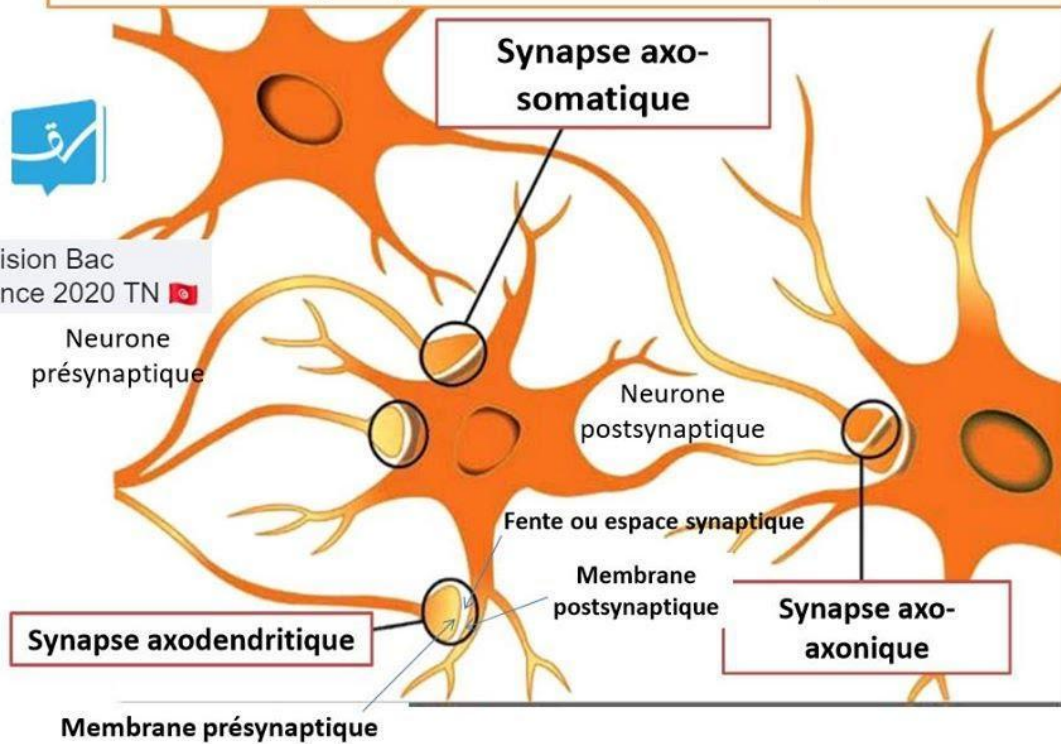
C'est **l'innervation réciproque** à l'origine de la coordination de l'activité des muscles antagonistes.

Activité : exploiter toutes les données précédentes pour reconstituer le circuit anatomique intervenant dans le réflexe myotatique.

8

Remarque : au repos les fuseaux neuromusculaires ne sont pas totalement inactifs. Ils présentent une légère activité qui a pour conséquence l'arrivée permanente de messages nerveux moteurs vers le muscle lui imposant une légère contraction appelée **le tonus musculaire**.

Les synapses neuroneuroniques



Synapse neuromusculaire : plaque motrice

