Синаптична передача в центральній нервовій системі

- **Вступ**
- **Типи синапсів**
- **Основний принцип передачі збудження через електричний синапс**
- **Основний принцип передачі збудження через хімічний синапс**
- **Властивості синапсів**
- **Принципи інтеграції синаптичної передачі**
- **Висновки**

Вступ

- in 1897 Charles Sherrington, synapses
- In 1921 Otto Loewi
- In 1951 John Eccles
- In 1959 Edwin Furshpan & David Potter electrical synapses
- In 1970 Bernard Katz

Типи синапсів

За способом передачі збудження

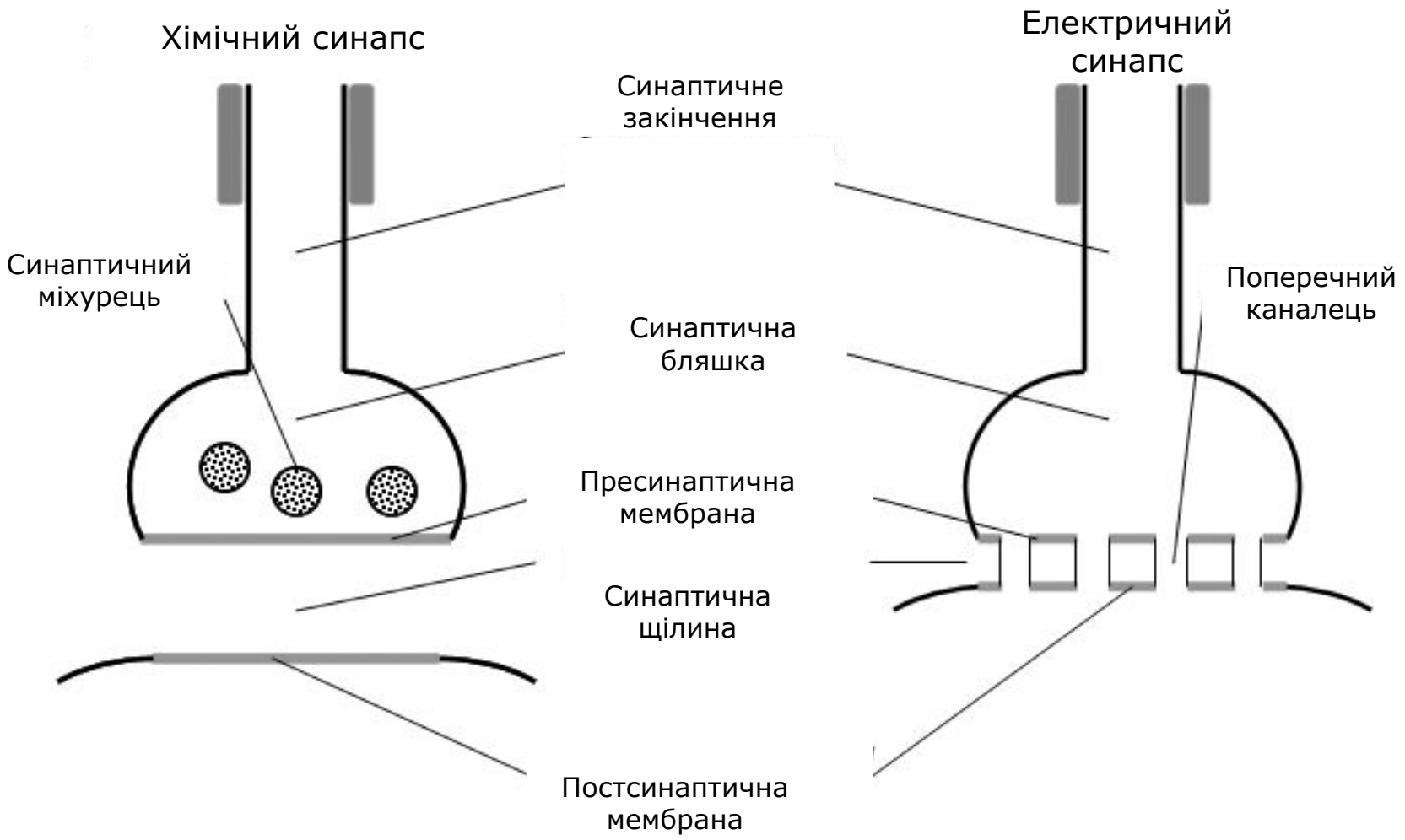
- Електричні синапси
- Хімічні синапси

За морфологічним принципом:

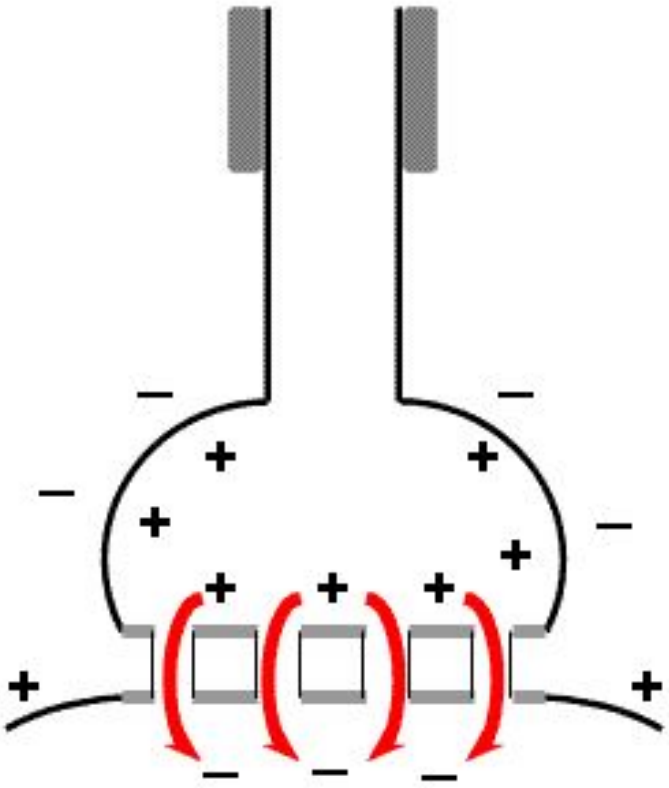
- Нервово-м’язові
- Нейро-секреторні
- Нейро-нейрональні
- Аксо-соматичні
- Аксо-аксональні
- Аксо-дендритні

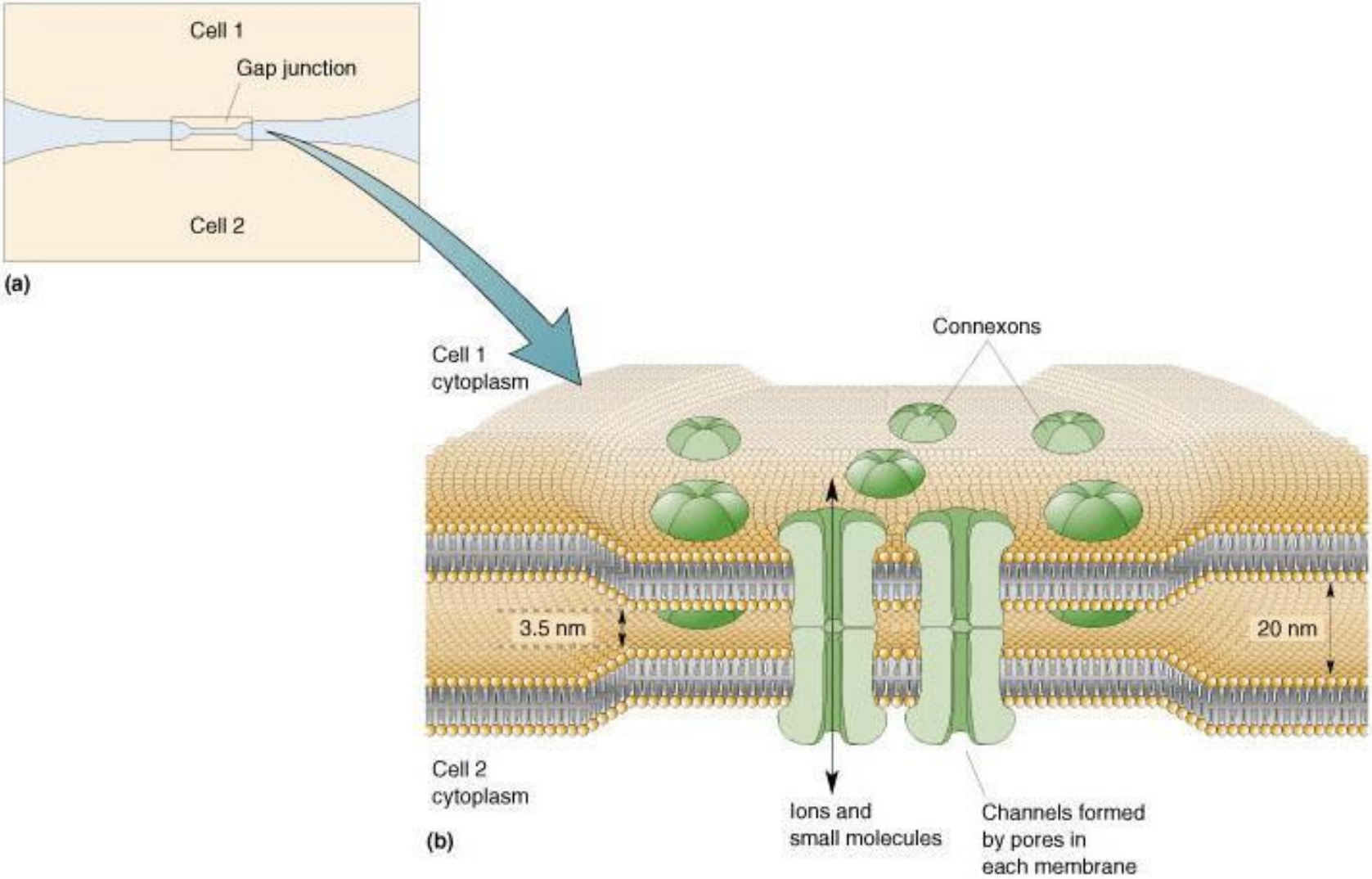
За фізіологічним ефектом

- Збудливі
- Гальмівні


Хімічний синапс
Електричний синапс
Синаптичне закінчення
Синаптичний міхурець
Синаптична бляшка
Поперечний каналець
Пресинаптична мембрана
Синаптична щілина
Постсинаптична мембрана

- **Основний принцип передачі збудження через електричний синапс**

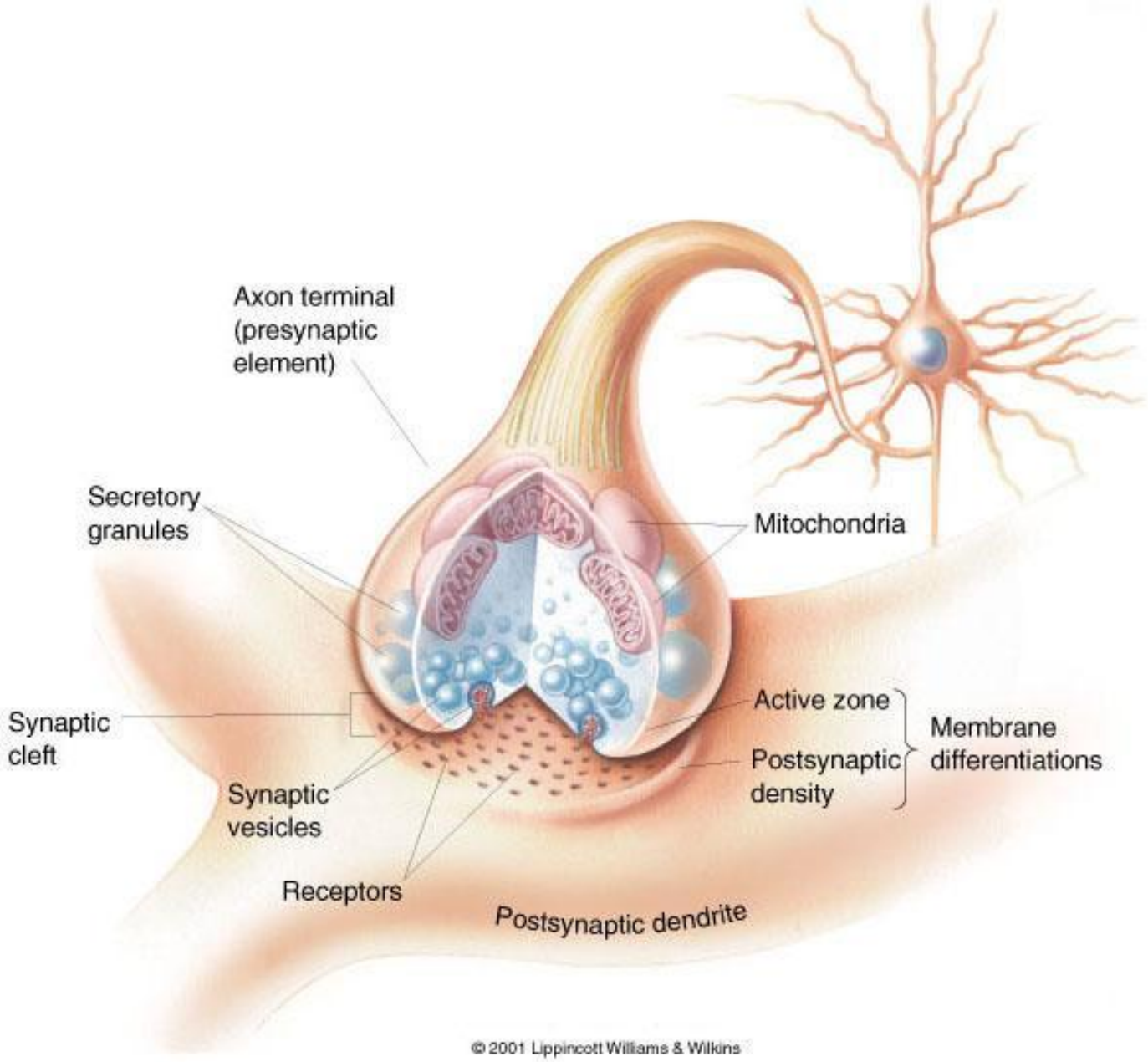




© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

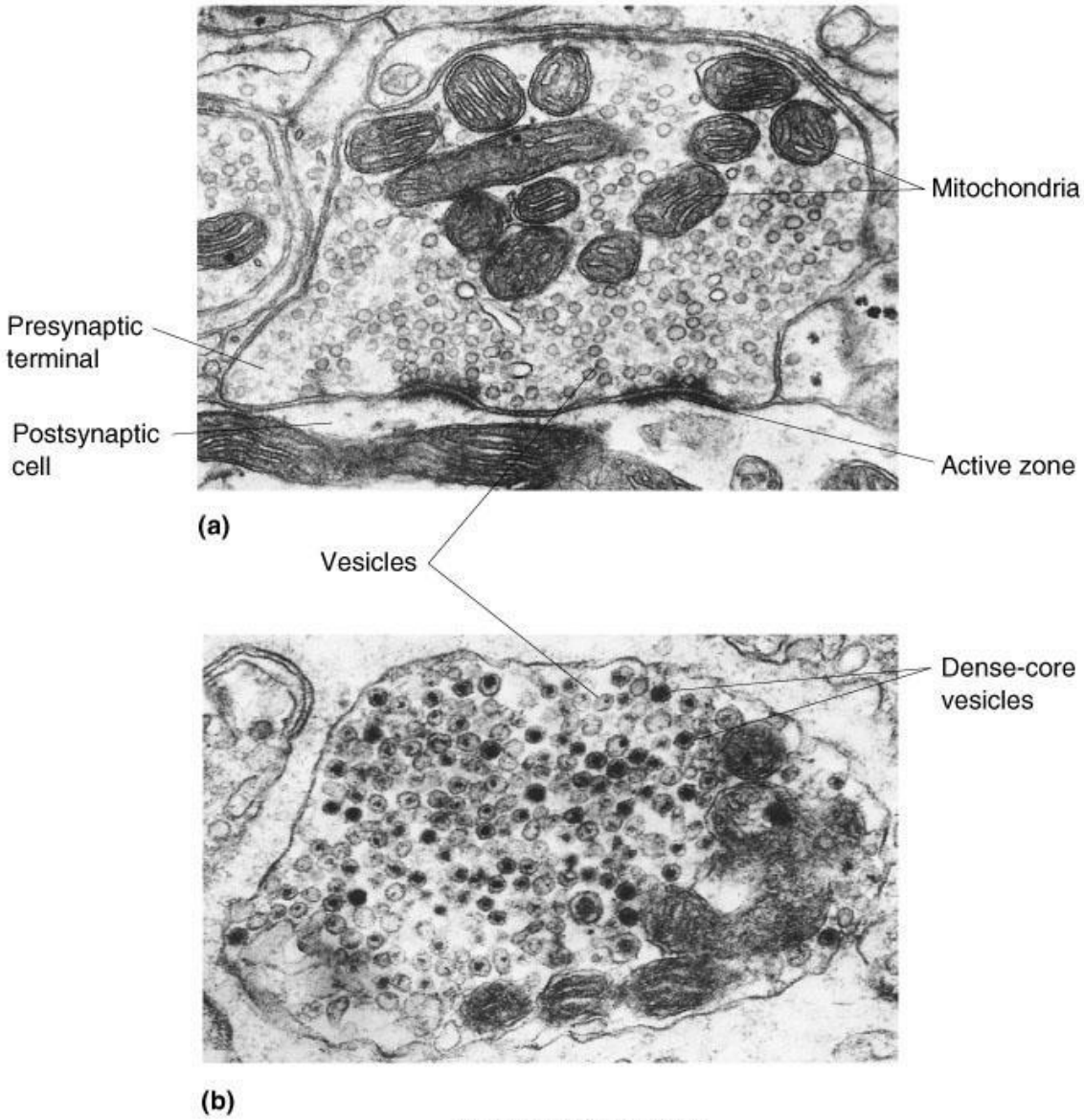
Хімічні синапси

- Синаптична щілина 20-50 нм
- Наявність медіаторів
- Пресинаптична мембрана
- Постсинаптична мембрана
- Активна зона



© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Figure 5.3
Chemical synapses, as seen with the electron microscope. (a) Fast excitatory synapse in the CNS. (Source: Adapted from Heuser and Reese, 1977, p. 262.) (b) A synapse in the PNS, with numerous dense-core vesicles. (Source: Adapted from Heuser and Reese, 1977, p. 278.)

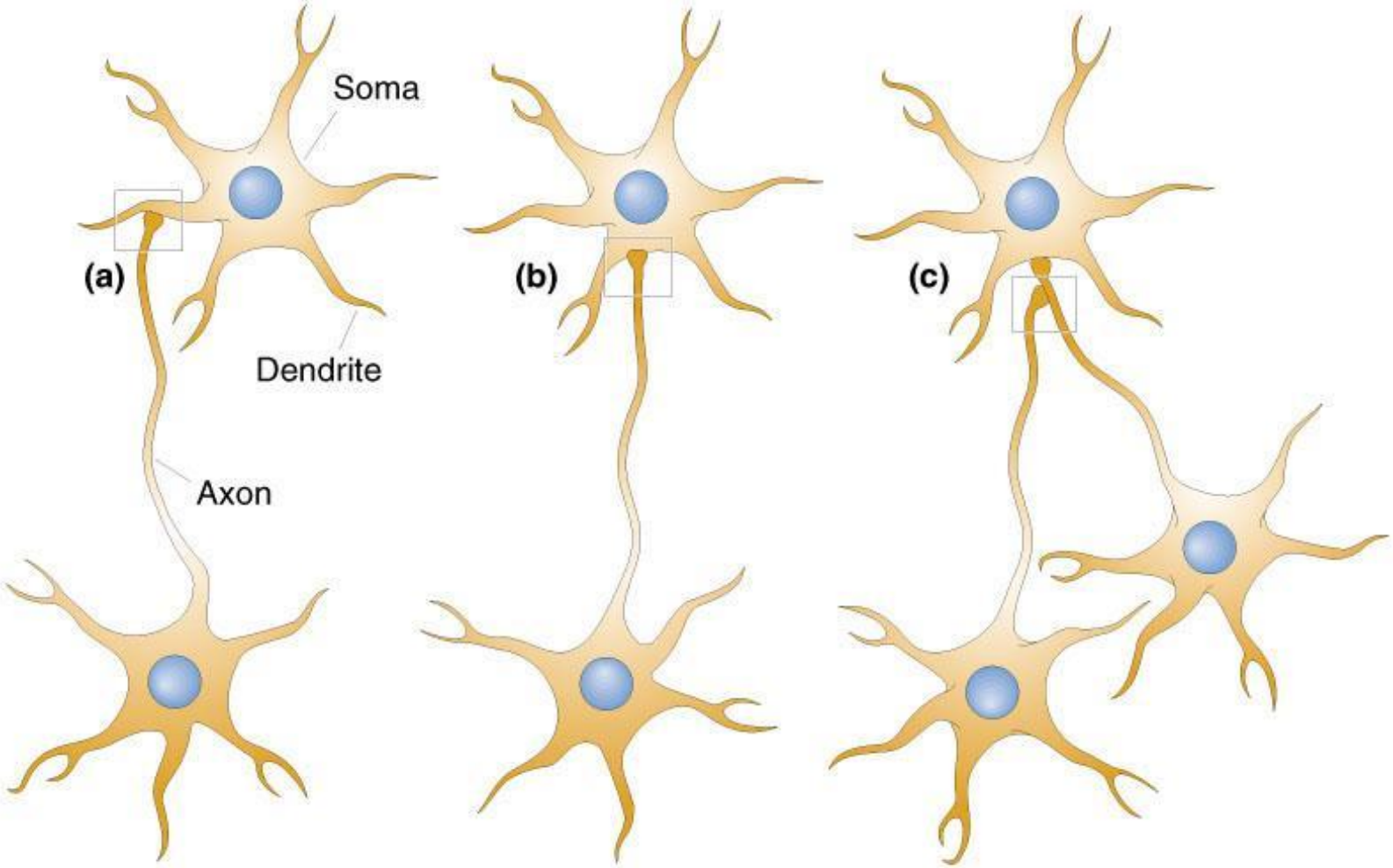


© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Типи синапсів в центральній нервовій системі

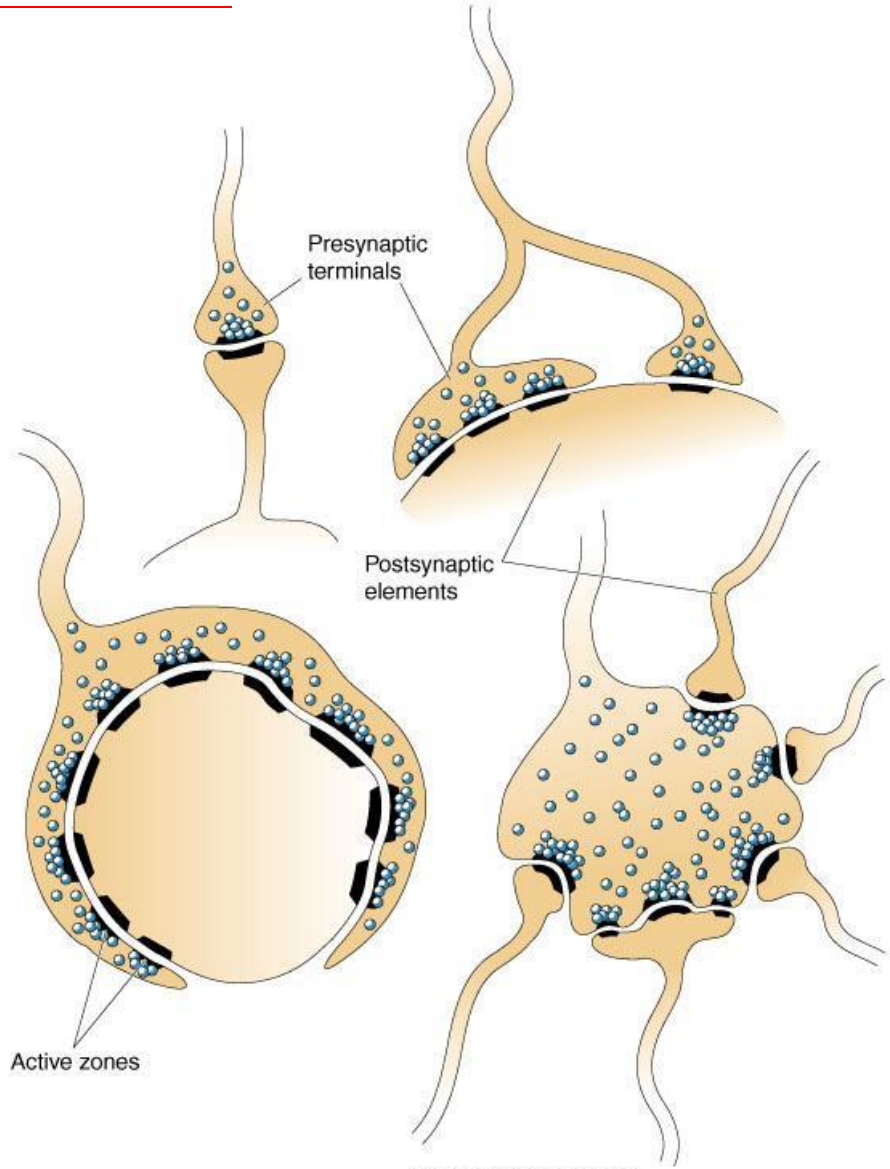
- Аксодендритні
- Аксосоматичні
- Аксоаксональні
- Дендродендритні

Figure 5.4
Synaptic arrangements in the CNS. (a) Axodendritic synapse. (b) Axosomatic synapse. (c) Axoaxonic synapse.



© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Figure 5.5
Various sizes of CNS synapses. Notice that larger synapses have more active zones.



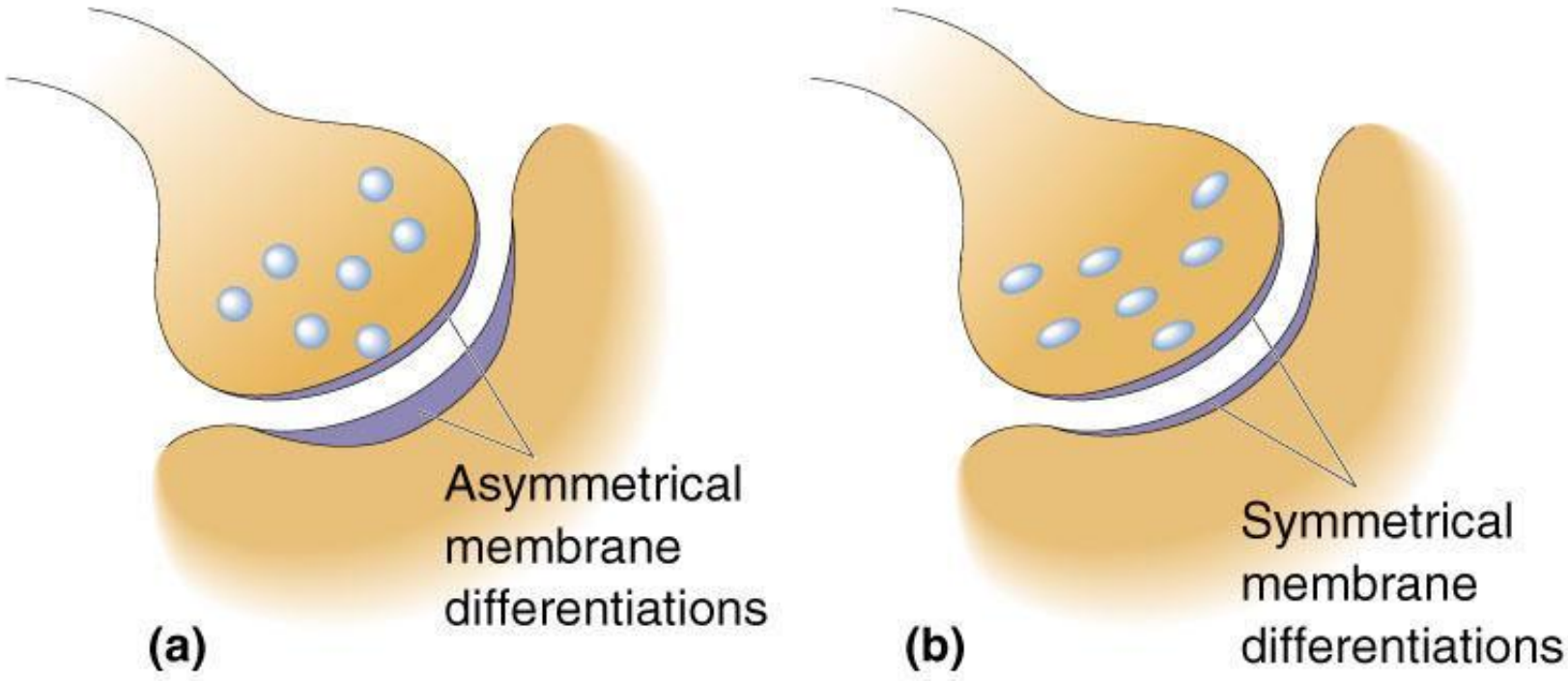
© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Типи синапсів в ЦНС

- Тип 1: постсинаптична частина синапса є більшою у даметрі, асиметричний синапс, збудливий
- Тип 2: однакова товщина пре- та постсинаптичної частини синапса, симетричний синапс, інгібіторний

Тип 1 – збудливий

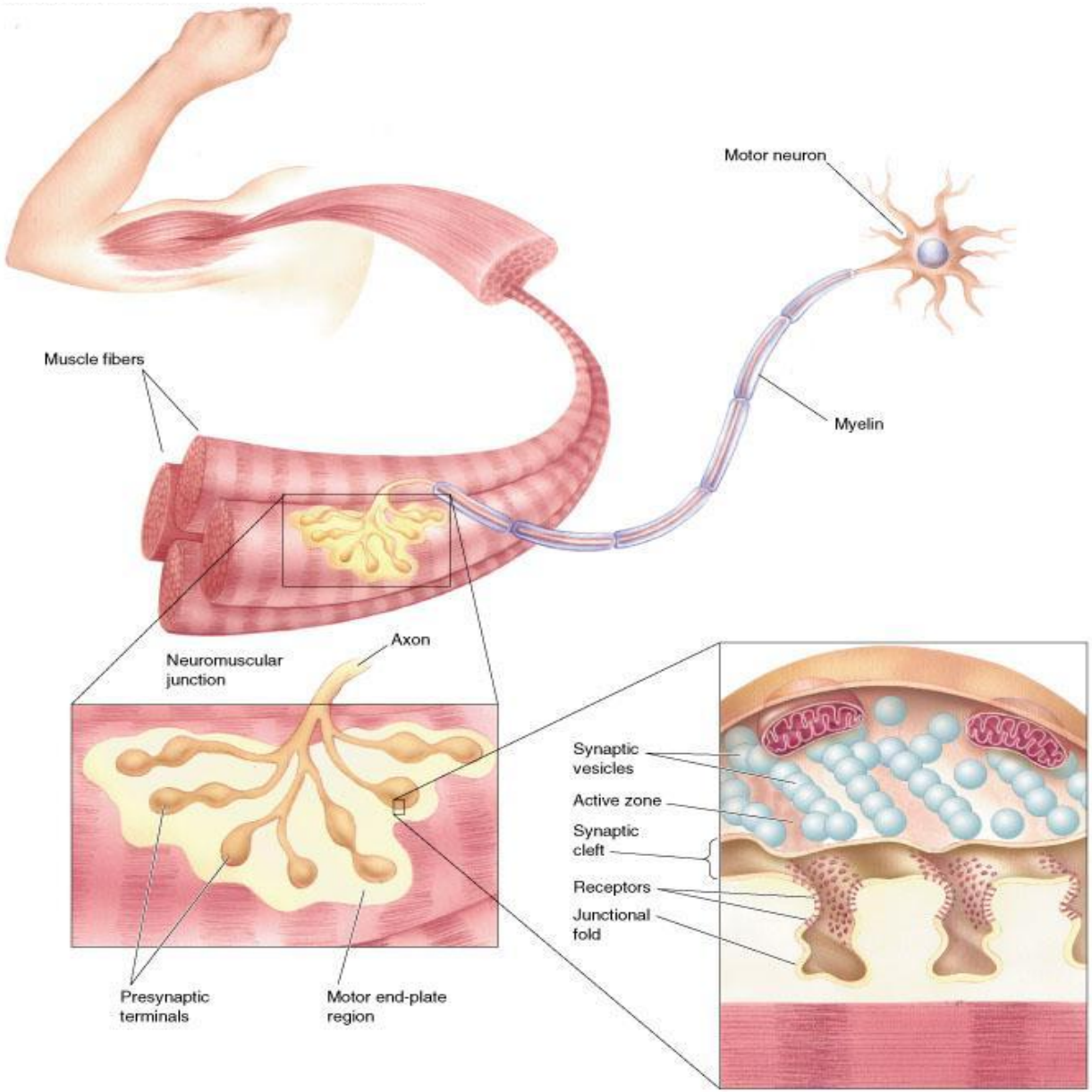
Тип 2 – гальмівний



Нейро-м’язові синапси

- Пресинаптична мембрана
- Синаптична щілина
- Кінцева пластинка (постсинаптична мембрана), яка належить м’язовому волокну.
- Медіатор – ацетилхолін
- Передача збудження - однобічна

ds



© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Принципи передачі збудження через хімічний синапс

- Наявність нейротрансміттерів
- 1. амінокислоти 2. аміни 3. пептиди

моноаміни (адреналін, норадреналін, ацетилхолін та ін.);

амінокислоты (гамма-аміномасляна кислота (ГАМК), глутамат, гліцин, таурин);

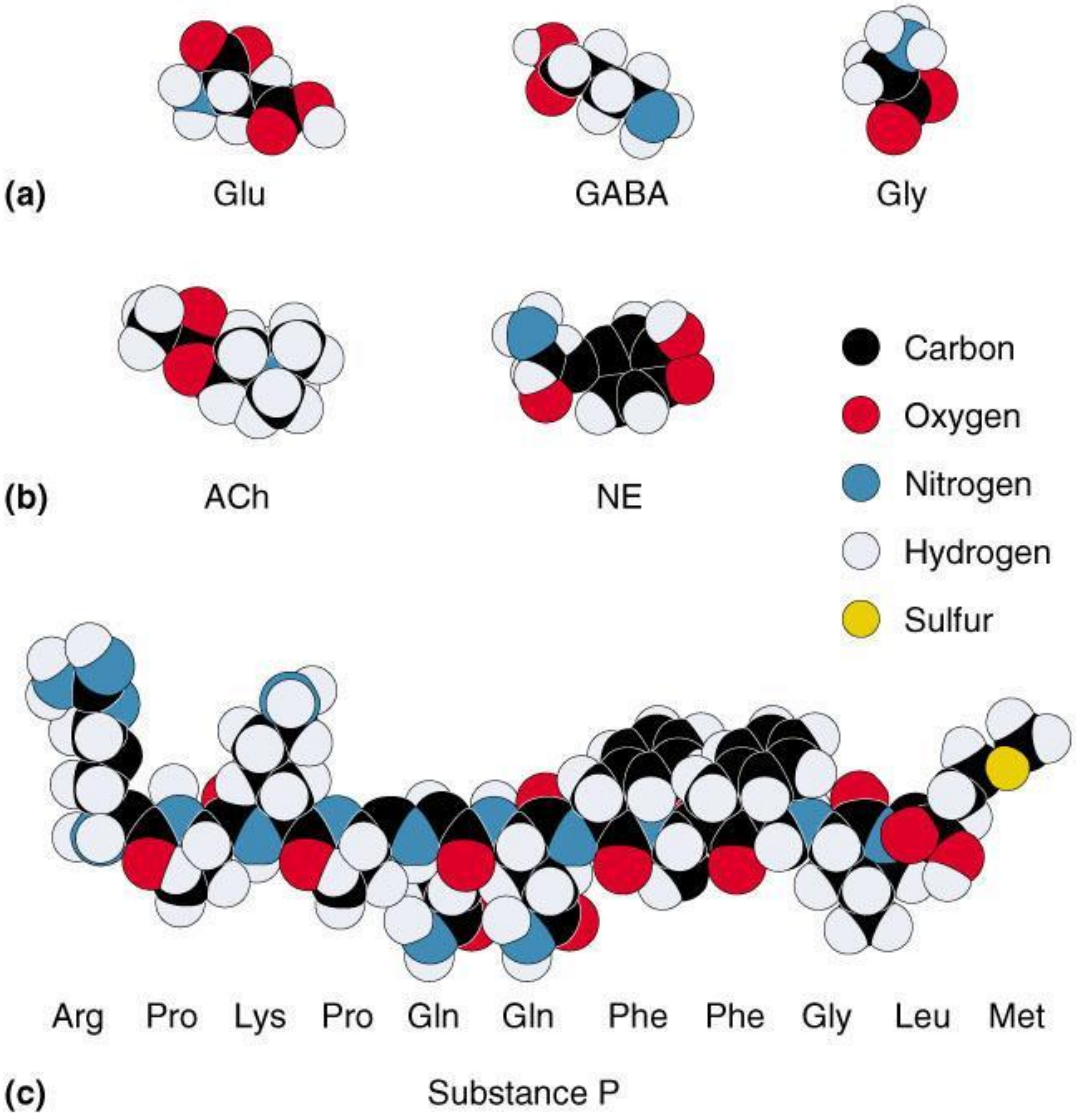
пептиды (эндорфін, нейротензин, бомбезин, энкефалін та ін.);

інші медіатори (NO , АТФ).

- Швидкі нейротрансміттери:

  - глутаміт, гліцин, ацетилхолін, GABA

Figure 5.8
Representative neurotransmitters. (a) The amino acid neurotransmitters glutamate, GABA, and glycine. (b) The amine neurotransmitters acetylcholine and norepinephrine. (c) The peptide neurotransmitter substance P. (For the abbreviations and chemical structures of amino acids in substance P, see Figure 3.4b.)

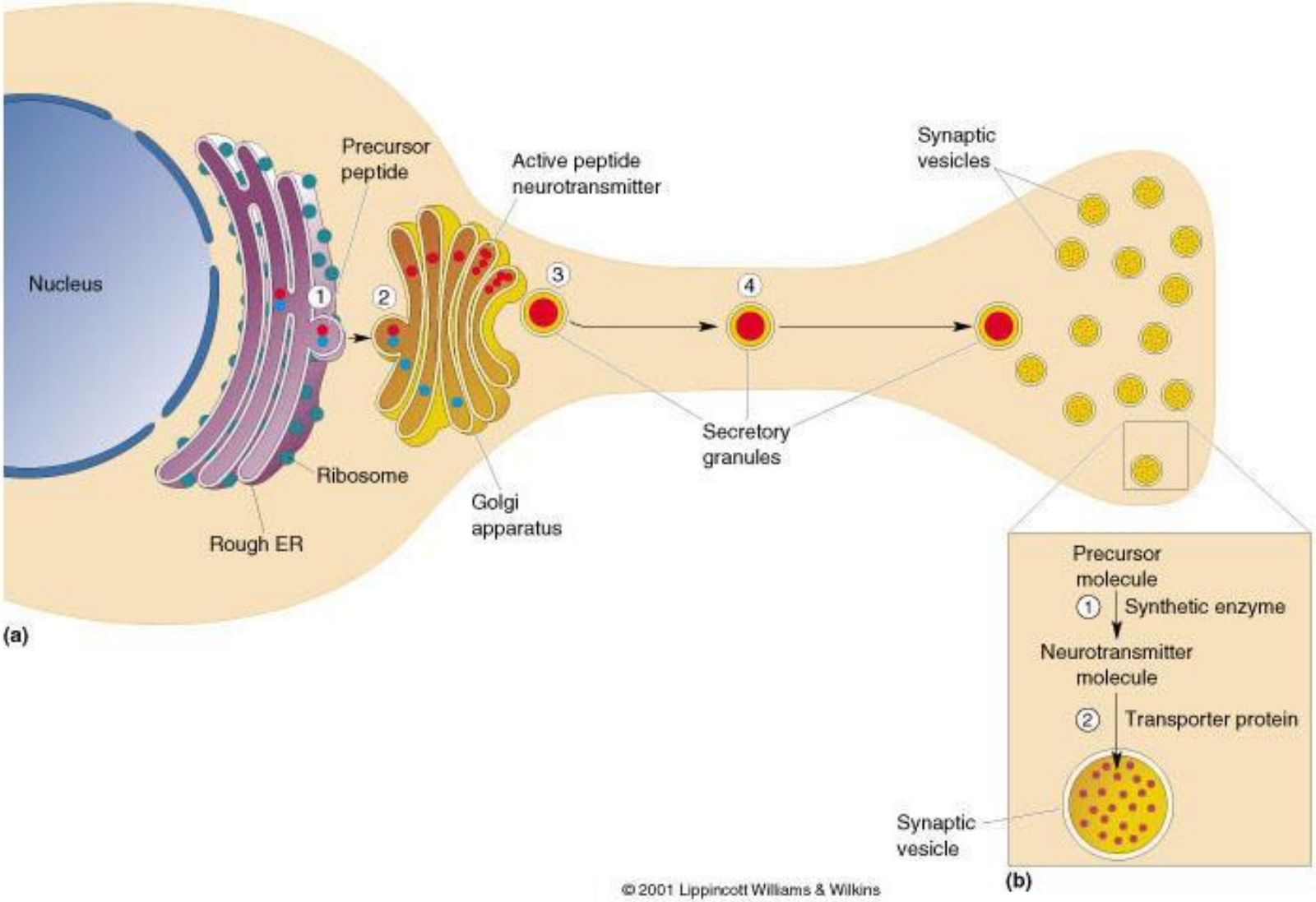


© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Утворення та зберігання нейротрансміттерів

- Наявність специфічних ферментів, що забезпечують синтез нейротранс-міттерів
- транспортери

Figure 5.9
The synthesis and storage of different types of neurotransmitter. (a) Peptides: ① A precursor peptide is synthesized in the rough ER. ② The precursor peptide is cleaved in the Golgi apparatus to yield the active neurotransmitter. ③ Secretory vesicles containing the peptide bud off from the Golgi apparatus. ④ The secretory granules are transported down the axon to the terminal where the peptide is stored. (b) Amine and amino acid neurotransmitters: ① Enzymes convert precursor molecules into neurotransmitter molecules in the cytosol. ② Transporter proteins load the neurotransmitter into synaptic vesicles in the terminal, where they are stored.

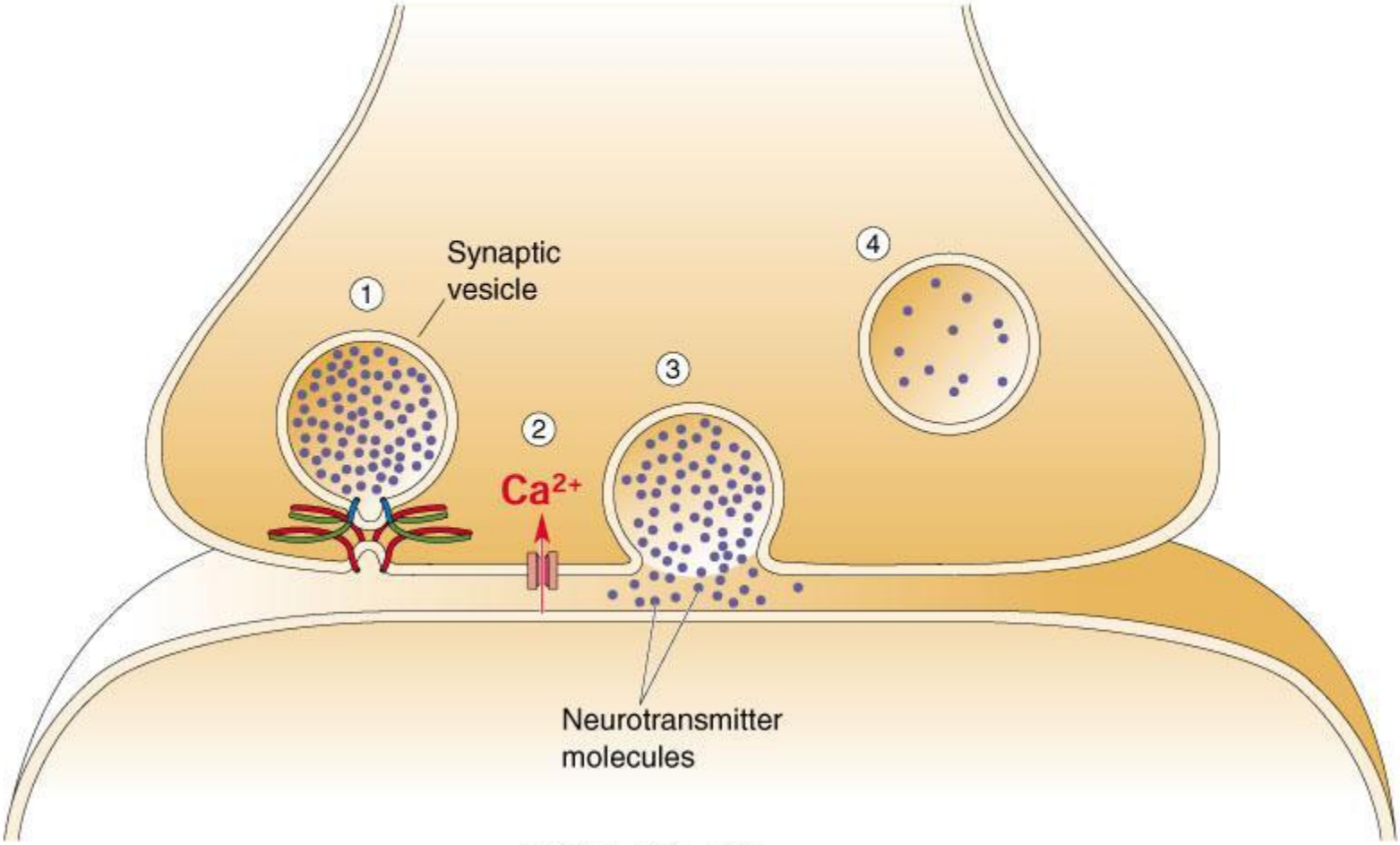


© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Вивільнення нейротрансміттерів

- Потенціало-залежні іонні канали
- Екзоцитоз
- Утворення локальних “мікродоменів" навколо активних зон за наявності не менше 0.1мМ кальцію
- Докінг ефект
- ендоцитоз

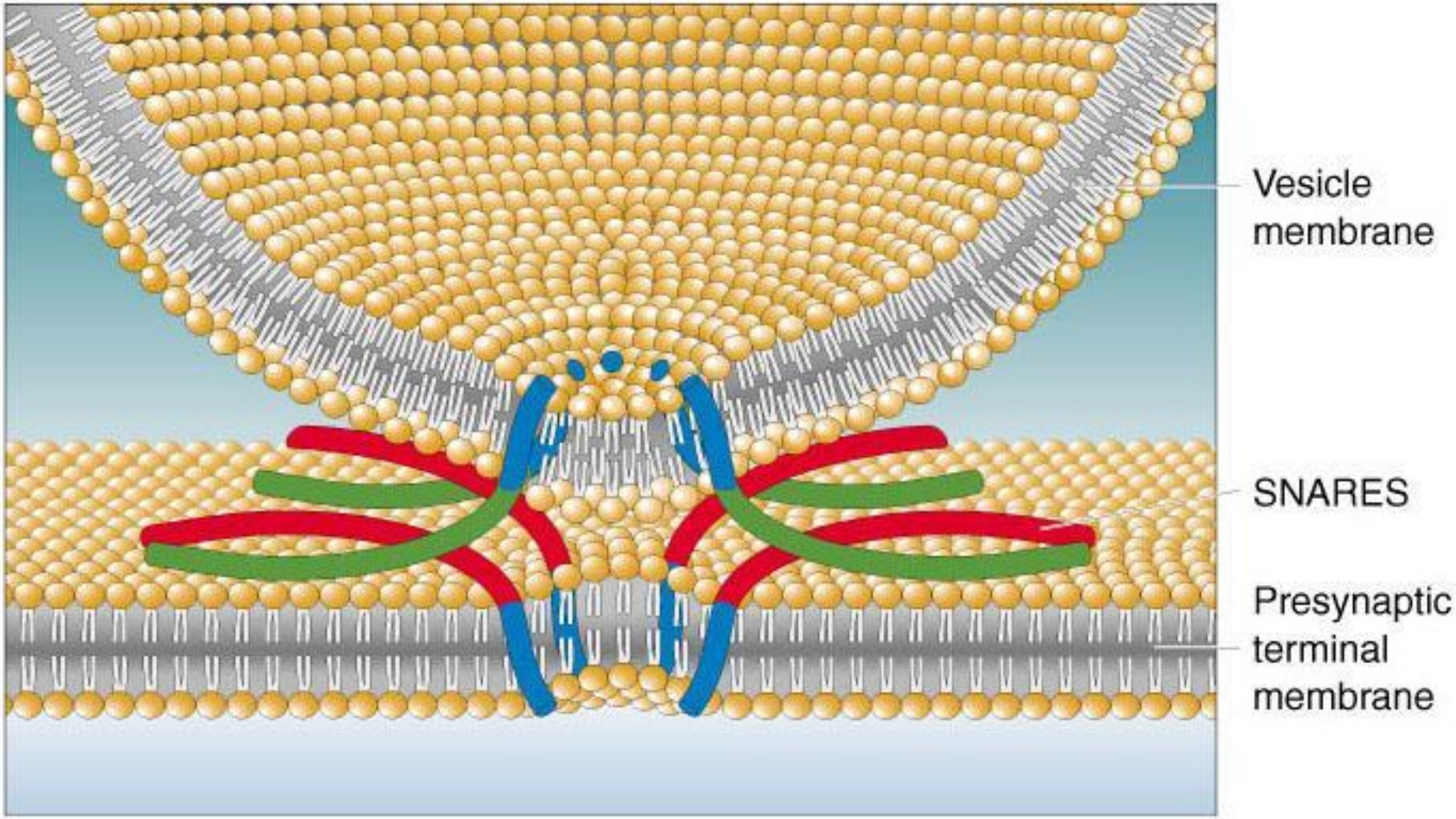
Figure 5.10
The release of neurotransmitter by exocytosis. A synaptic vesicle loaded with neurotransmitter, in response to an influx of Ca^{2+} through voltage-gated calcium channels, 1 releases its contents into the synaptic cleft by the fusion of the vesicle membrane with the presynaptic membrane, and 2 is eventually recycled by the process of endocytosis.



© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

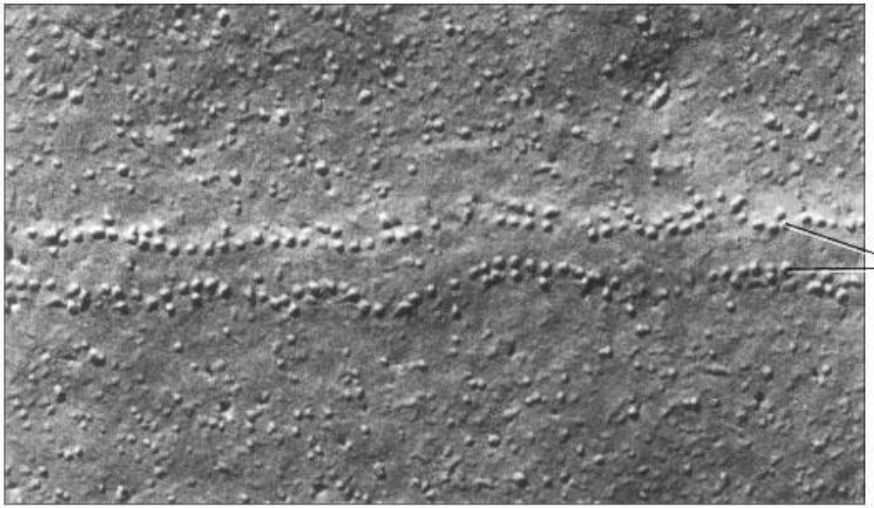
v-SNAREs t-SNAREs

Box 5.3 Figure A
Cellular SNAREpins
(Source: Adapted from Weber et al., 1998, Fig. 5.)

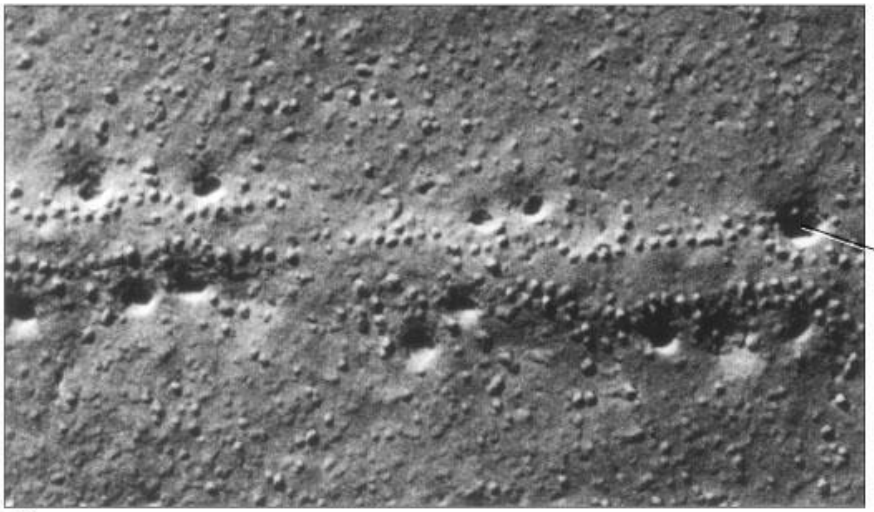


© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Figure 5.11
A "receptor's eye" view of neurotransmitter release. (a) Extracellular surface of the active zone at the frog neuromuscular junction. The particles are believed to be calcium channels. (b) The presynaptic terminal has been stimulated to release neurotransmitter. The exocytotic fusion pores are where synaptic vesicles have fused with the presynaptic membrane and released their contents. (Source: Heuser and Reese, 1973.)



(a)



(b)

© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

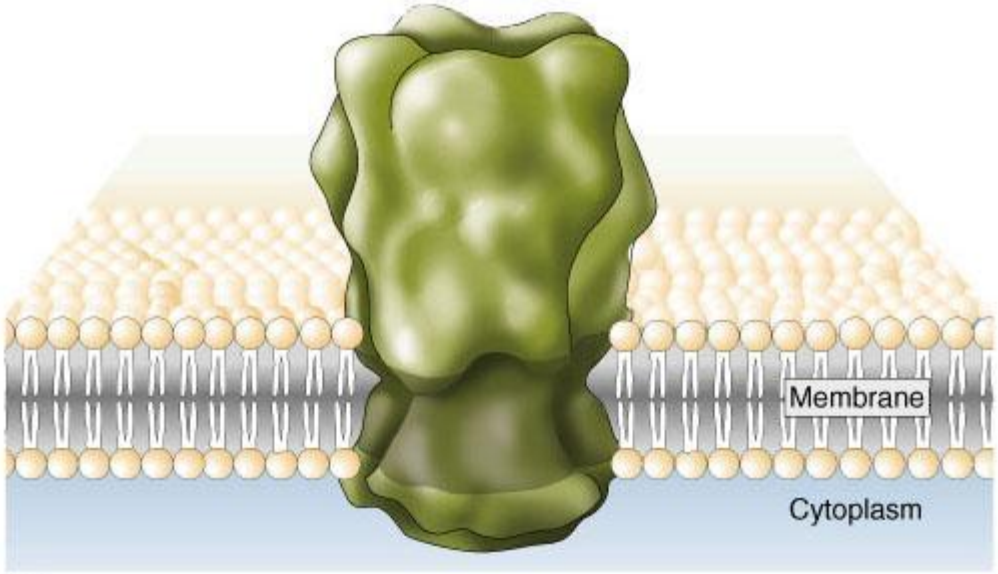
Вивільнення нейротрансміттерів

- Зв’язування вивільняємого пулу із цитоскелетом
- Секреторні гранули, що знаходяться поза межами активних зон вивільняються тільки при тривалому підвищенні кальцію

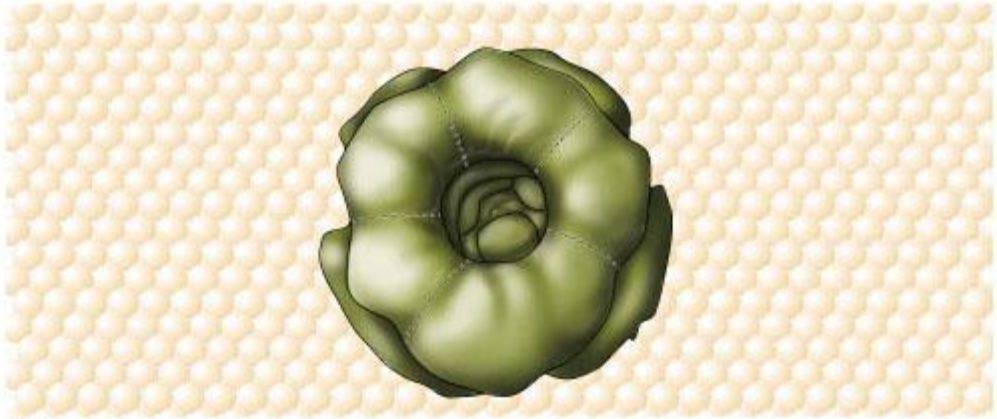
Рецептори до нейротрансміттерів та ефектори

- Трансміттер-чутливі іонні канали

Figure 5.12
The structure of a transmitter-gated ion channel. (a) Side view of an ACh-gated ion channel as it is believed to appear. (b) Top view of the channel showing the pore. Broken lines indicate the approximate borders between the five subunits. (Source: Adapted from Unwin, 1993.)



(a)

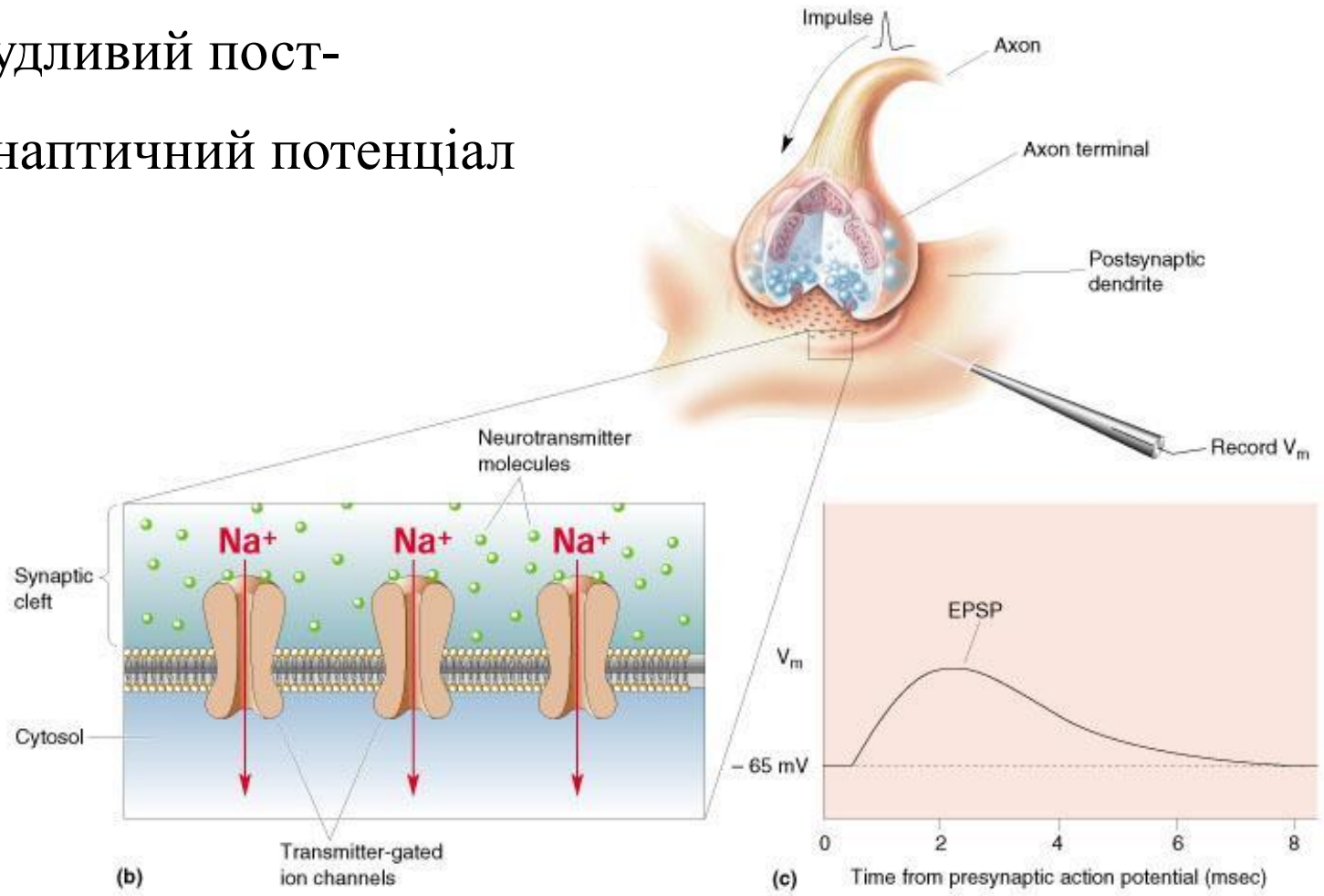


(b)

© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Figure 5.13
The generation of an EPSP. (a) An impulse arriving in the presynaptic terminal causes the release of neurotransmitter. (b) The molecules bind to transmitter-gated ion channels in the postsynaptic membrane. If Na+ enters the postsynaptic cell through the open channels, the membrane will become depolarized. (c) The resulting change in membrane potential (Vm), as recorded by a microelectrode in the cell, is the EPSP.

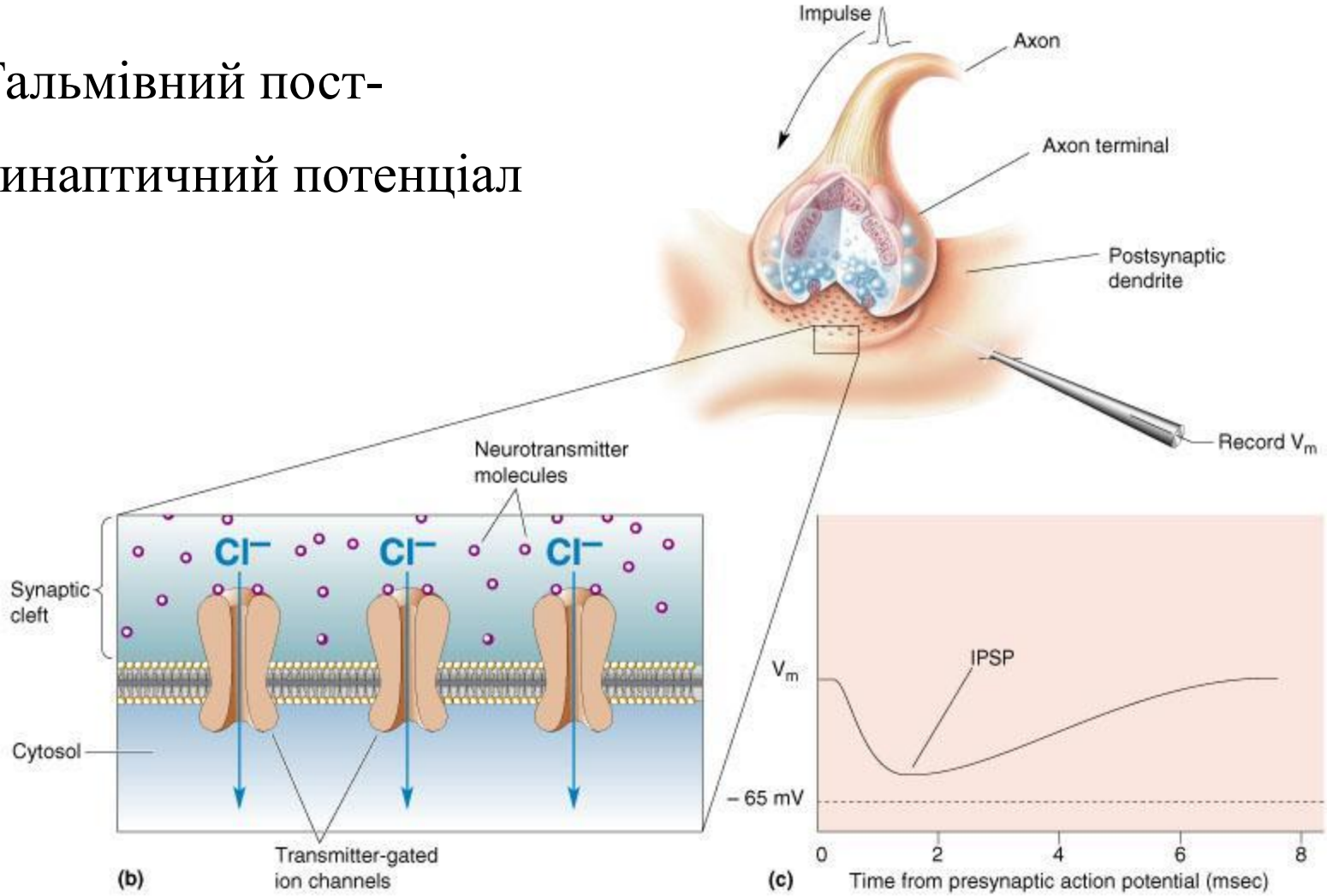
Збудливий пост-синаптичний потенціал



© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

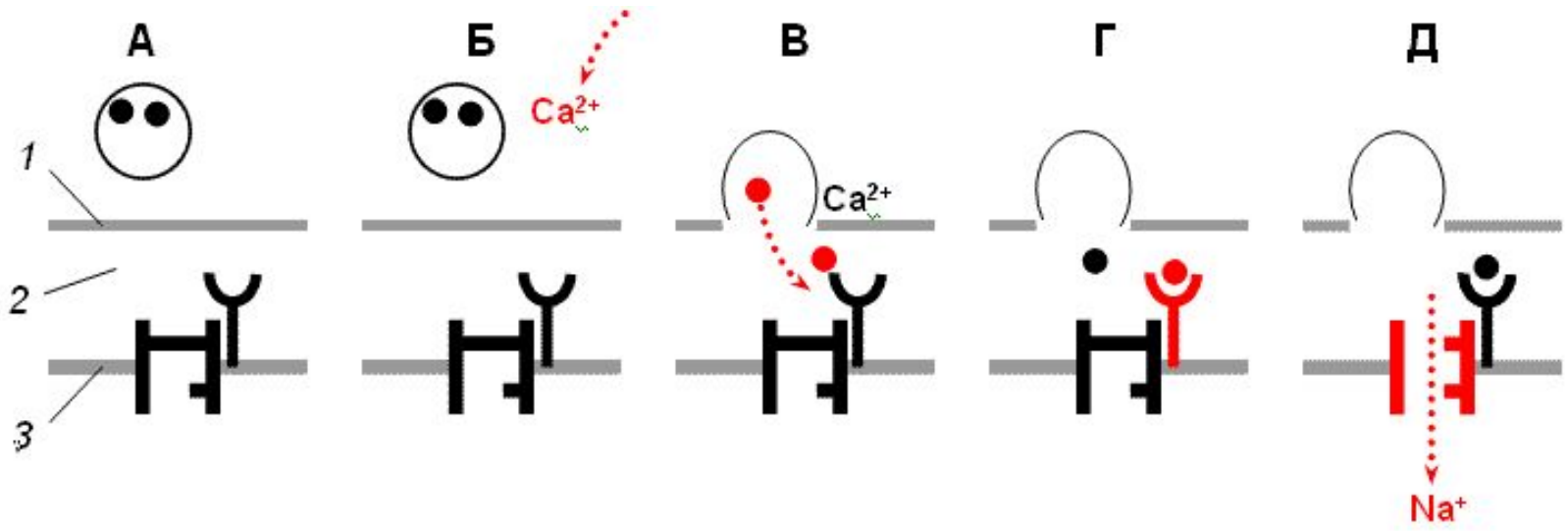
Figure 5.14
The generation of an IPSP. (a) An impulse arriving in the presynaptic terminal causes the release of neurotransmitter. (b) The molecules bind to transmitter-gated ion channels in the postsynaptic membrane. If Cl^- enters the postsynaptic cell through the open channels, the membrane will become hyperpolarized. (c) The resulting change in membrane potential (Vm), as recorded by a microelectrode in the cell, is the IPSP.

Гальмівний пост-синаптичний потенціал



© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Узагальнююча схема передачі збудження через хімічний синапс



Термінування дії нейротрансміттерів

- Дифузія
- Ферментативне розщеплення у синаптичній щілині – ацетилхолінестераза (AChE)
- Десенситизація

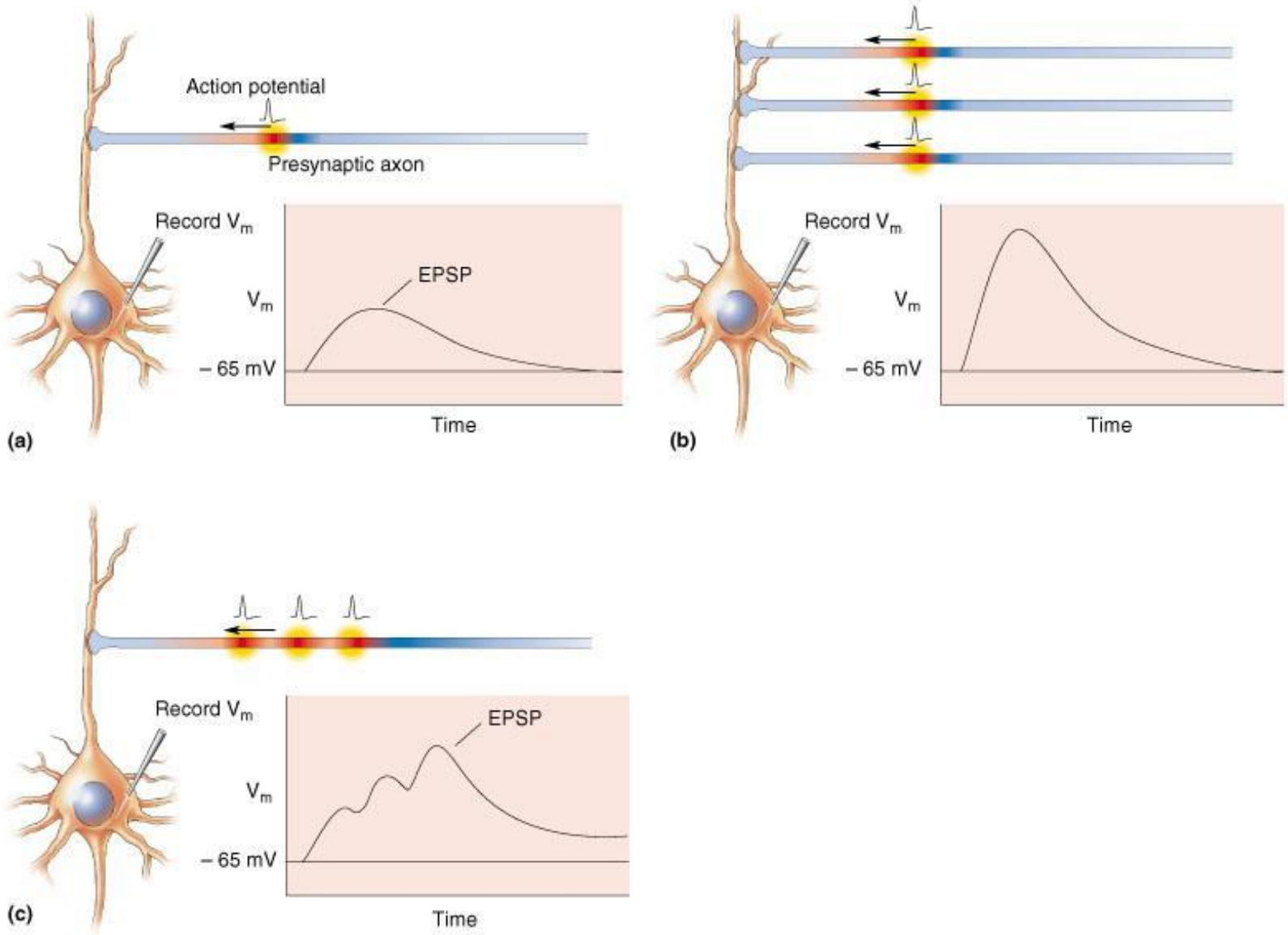
Принципи синаптичної інтеграції

- Сумація збудливих постсинаптичних потенціалів

Сумація збудливих постсинаптичних потенціалів

- Просторова сумація
- Часова сумація в межах 1-15 мс

Figure 5.17
EPSP summation. (a) A presynaptic action potential triggers a small EPSP in a postsynaptic neuron. (b) Spatial summation of EPSPs: When two or more presynaptic inputs are active at the same time, their individual EPSPs add together. (c) Temporal summation of EPSPs: When the same presynaptic fiber fires action potentials in quick succession, the individual EPSPs add together.



© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

Властивості електричних та хімічних синапсів

Властивість	Электричні синапси	Хімічні синапси
Проведення збудження	Двобічне	Однобічне
Втома	Низька	Висока
Лабільність	Висока	Низька
Синаптична затримка	Коротка	Довга
Трансформація ритму ПД	не відбувається	Відбувається
Чутливість до дії	Електромагнітних випромінювань	Хімічних агентів

Box 5.5 Figure A
Black widow spiders.

© 2001 Lippincott Williams & Wilkins