

### Elektrische Synapsen

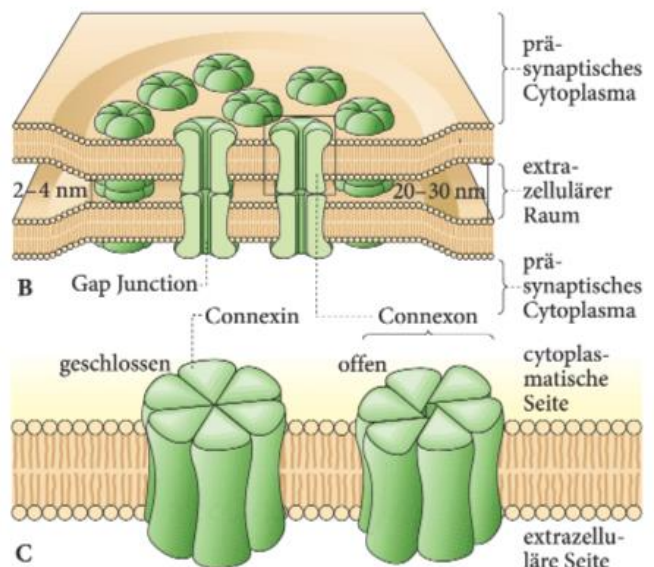
Wer schon einmal versucht hat, eine Fliege mit der Hand zu fangen, weiß, wie schwer das ist: Die Fliege entkommt der Hand meist. Sie reagiert auf die drohende Gefahr schneller, als die Hand agieren kann. Dies legt die Vermutung nahe, dass zumindest manche elektrische Signale in der Fliege besonders schnell weitergeleitet werden.

1959 beobachteten Edwin FURSHPAN und David POTTER, dass unterschwellige elektrische Stimulationen, die kein Aktionspotenzial auslösten, ohne Abschwächung und Zeitverlust auch in den Nachbarzellen gemessen werden konnten. Nach dem Prinzip der chemischen Synapse hätte das nicht sein dürfen, weil unterschwellige Signale keine Transmitterausschüttung auslösen. FURSHPAN und POTTER postulierten deshalb, dass es zwischen Neuronen auch eine elektrische Übertragung geben müsse.

Der Abstand zweier Neuronen zueinander beträgt bei einer chemischen Synapse 20 bis 30 Nanometer (nm,  $10^{-9}$  m). Das elektronenmikroskopische Bild zeigt jedoch, dass sich manche Neuronen auch auf 2 bis 4 nm annähern (Abb. 35.1 A). Diese Bereiche unterscheiden sich deutlich von einer chemischen Synapse. Hier liegen spezielle Tunnelproteine, die **Gap Junctions** (engl. Lücken-Verbindungsstelle). Diese bestehen aus zwei zylinderförmigen Transmembran-Proteinen, den Connexonen. Eines befindet sich in der prä-, das andere in der postsynaptischen Membran. Die Connexone treffen in der Mitte aufeinander und bilden einen wassergefüllten Kanal mit 1,5 bis 2 nm Durchmesser (Abb. 35.1 B). Connexone bestehen aus sechs Untereinheiten, den Connexinen. Diese können ihre Stellung zueinander verändern, dadurch wird der Kanal geöffnet oder geschlossen (Abb. 35.1 C). Durch die geöffnete Pore können kleine Teilchen wie Wasser oder Ionen diffundieren.

Wird die präsynaptische Zelle durch einen Kationeneinstrom depolarisiert, diffundieren Kationen entsprechend dem Gradienten von der präsynaptischen in die postsynaptische Zelle und Anionen von der post- zur präsynaptischen Zelle.

Wird dadurch der Schwellenwert an der postsynaptischen Membran überschritten, wird bereits hier ein neues Aktionspotenzial ausgebildet. Das Signal wird so innerhalb von 0,00001 Sekunden von einer Zelle zur nächsten nur elektrisch weitergeleitet. Solche **elektrischen Synapsen** finden sich beispielsweise dort, wo viele Zellen ohne Zeitverzögerung synchronisiert werden müssen, zum Beispiel im menschlichen Herzmuskel – oder dort, wo sehr schnell-



35.1 Elektrische Synapse. A schematischer Aufbau; B Aufbau eines Connexons; C elektronenmikroskopisches Bild

le Reaktionen Überlebensvorteile bringen, wie bei der Fluchtreaktion der Fliege.

Bei einer Bedrohung wird über elektrische Synapsen ein Sprung nach vorne ausgelöst, der die Fliege blitzschnell aus dem Gefahrenbereich der Hand bringt. Gleichzeitig wird über chemische Synapsen der Flügelschlag initiiert, der aufgrund der Zeitverzögerung aber erst während des Sprungs einsetzt.

Elektrische Synapsen sind in der Signalübertragung zwar fast verzögerungsfrei, haben aber auch einen Nachteil: Die Epilepsie zeigt, dass Signalübertragungen manchmal auch gedämpft werden müssen. Das ist nur bei chemischen Synapsen möglich.

- 1 Vergleichen Sie chemische und elektrische Synapsen in ihren wesentlichen Bauteilen und Funktionen tabellarisch miteinander.