Neurobiologie: Aktionspotenzial und Erregungsleitung

Gymnasium Klasse 12 (NRW) | Bearbeitungszeit: ca. 90 Minuten

Bearbeite die folgenden Aufgaben zum Aktionspotenzial und zur Erregungsleitung. Nutze Fachbegriffe korrekt und erkläre Zusammenhänge zwischen Struktur und Funktion. Beginne mit den Grundlagen und steigere dich zu komplexeren Aufgaben.

1 Ordne die Strukturen von Nervenzellen ihren Funktionen zu.

1. Dendriten	____	A) Empfangen Signale von anderen Neuronen
2. Zellkörper (Soma)	____	B) Stelle, an der das Aktionspotenzial bei myelinisierten Axonen erneuert wird
3. Axon	____	C) Überträgt Signale auf die nächste Zelle
4. Myelinscheide	____	D) Enthält den Zellkern und Organellen
5. Ranvier-Schnürring	____	E) Isoliert das Axon und beschleunigt die Erregungsleitung
6. Synaptische Endigung	____	F) Leitet Signale zu anderen Zellen weiter

2 Das Ruhepotenzial einer Nervenzelle beträgt etwa _____. Es wird durch die _____ aufrechterhalten, die _____ Natrium-Ionen nach außen und _____ Kalium-Ionen nach innen pumpt. Dies führt zu einer ungleichen Ionenverteilung: Außen ist die Konzentration von _____ höher, innen die Konzentration von _____. Diese Ionengradienten sind die Grundlage für die Entstehung von Aktionspotenzialen.

3 Beschreibe die vier Phasen des Aktionspotenzials (Ruhepotenzial, Depolarisation, Repolarisation, Hyperpolarisation) und erkläre, welche spannungsgesteuerten Ionenkanäle in jeder Phase aktiv sind. Beziehe dich auf die Bewegung von Na^+- und K^+-Ionen.

4 Erkläre den Unterschied zwischen absoluter und relativer Refraktärzeit. Warum ist die Refraktärzeit biologisch sinnvoll? Welche Konsequenz hat sie für die Frequenz von Aktionspotenzialen?

5 Welche Aussage zur saltatorischen Erregungsleitung ist korrekt?

- ☐ Sie tritt in unmyelinisierten Axonen auf und ist langsamer als kontinuierliche Leitung.
- ☐ Das Aktionspotenzial springt von Ranvier-Schnürring zu Ranvier-Schnürring, wodurch die Erregungsleitung beschleunigt wird.
- ☐ Sie erfordert mehr Energie als die kontinuierliche Leitung, da an jeder Stelle des Axons Ionen ausgetauscht werden müssen.
- ☐ Sie ist typisch für Nervenfasern im Gehirn von Wirbellosen.

6 Vergleiche die kontinuierliche Erregungsleitung (unmyelinisierte Axone) mit der saltatorischen Erregungsleitung (myelinisierte Axone). Erläutere die Unterschiede in Geschwindigkeit, Energieverbrauch und dem Prinzip der Ausbreitung. Beziehe dich auf die Rolle der Myelinscheide und der Ranvier-Schnürringe.

7 Beschreibe das Experiment zur Messung des Ruhepotenzials mit Mikroelektroden. Erkläre, warum das Membranpotenzial negativ ist und welche Rolle die Na^+/K^+-ATPase dabei spielt. Was würde passieren, wenn die ATP-Versorgung unterbrochen würde?

8 Lokalanästhetika wie Lidocain blockieren spannungsgesteuerte Na^+-Kanäle. Erkläre, wie diese Blockade die Entstehung und Ausbreitung von Aktionspotenzialen verhindert. Warum ist diese Eigenschaft für medizinische Anwendungen sinnvoll?

⭐ ⭐ Bonus für Schnelle

9 Bonus 1 – Transfer: Multiple Sklerose (MS) ist eine Autoimmunerkrankung, bei der das Immunsystem die Myelinscheide zerstört. Erkläre, wie dieser Prozess die Erregungsleitung beeinträchtigt und warum Patienten mit MS Symptome wie Muskelschwäche und Müdigkeit entwickeln. Beziehe dich auf die Unterschiede zwischen myelinisierten und demyelinisierten Axonen.

10 Bonus 2 – Knobeln: Ein Neuron wird mit zwei verschiedenen Reizstärken stimuliert: Reiz A (unterschwellig) und Reiz B (überschwellig). Erkläre, warum Reiz A kein Aktionspotenzial auslöst, während Reiz B ein Aktionspotenzial auslöst. Welches biologische Prinzip liegt diesem Phänomen zugrunde? Wie würde sich die Situation ändern, wenn das Neuron kurz nach Reiz B mit Reiz C (ebenfalls überschwellig) stimuliert würde?