

Vorgesehene Bearbeitungsdauer für diese Aufgabe:

60 Minuten

Gesamtdauer der Klausur gemäß VV zu § 14 Absatz 1 APO-GOST: 90–135 Minuten

Thema: Die Gifte des Südafrikanischen Dickschwanzskorpions

Der bis zu 15 Zentimeter große Südafrikanische Dickschwanzskorpion (*Parabuthus transvaalicus*) kommt im südlichen Afrika vor. Wie alle Skorpione besitzt er am Schwanz einen Giftstachel. Der Südafrikanische Dickschwanzskorpion ernährt sich von Insekten und kleineren Säugetieren, die er zuvor mit der Übertragung von Gift durch einen Stich gelähmt oder getötet hat.

Aufgabenstellung:

1. Stellen Sie die neurobiologischen Prozesse im Verlauf eines Aktionspotenzials in einem Fließschema dar. (5 BE)
2. Erläutern Sie die Wirkung von Parabutoxin des Südafrikanischen Dickschwanzskorpions auf molekularer Ebene (M 1). (5 BE)
3. Beschreiben Sie die in Abbildung 2 gezeigten Ergebnisse (M 2). Erläutern Sie das Zusammenwirken der beiden Toxine und die Folgen für den gestochenen Organismus (M 1 und M 2). (13 BE)
4. Leiten Sie einen möglichen molekularen Wirkmechanismus eines am Axon wirkenden Gegengiftes von Birtoxin ab (M 2). (2 BE)

M 1 Parabutoxin – ein Gift des Südafrikanischen Dickschwanzskorpions

Der Südafrikanische Dickschwanzskorpion (*Parabuthus transvaalicus*) besitzt am Ende des Schwanzes eine Giftblase. Darin befinden sich Drüsen, in denen das Gift gebildet und gespeichert wird. Bei einem Stich wird das Gift in den Stachel am Schwanzende geleitet und zum Beispiel in die Beute injiziert. Zu den Symptomen nach einem Stich zählen Lähmungserscheinungen und Atemstörungen.

Die Giftmischung des Südafrikanischen Dickschwanzskorpions besteht aus verschiedenen giftigen Komponenten, den Toxinen. Dazu gehört zum Beispiel das Peptid Parabutoxin. Es handelt sich um ein Toxin, das spannungsgesteuerte Kaliumionen-Kanäle blockiert.

M 2 Die Wirkung von Birtoxin

In der Giftmischung des Südafrikanischen Dickschwanzskorpions ist neben Parabutoxin auch das Peptid Birtoxin enthalten. Die Wirkungsweise dieses Toxins wurde genauer analysiert.

Dazu wurde die Membran künstlich depolarisiert und der Natriumionen-Strom in Anwesenheit beziehungsweise Abwesenheit von Birtoxin bei verschiedenen Membranpotenzialen gemessen (Abbildung 1).

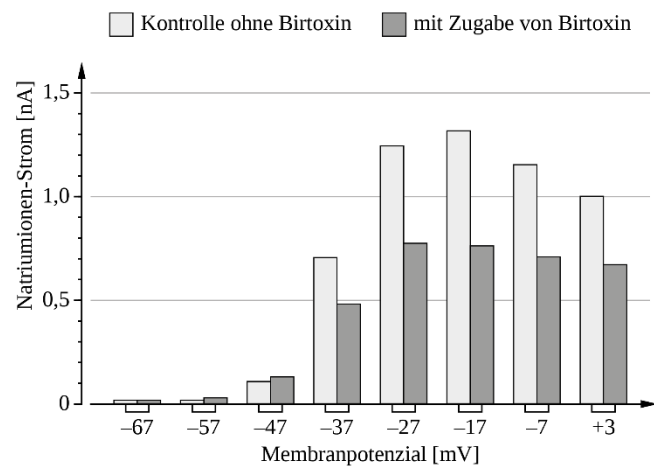


Abbildung 1 Effekt von Birtoxin auf den Natriumionen-Strom durch spannungsgesteuerte Natriumionen-Kanäle (nA: Nanoampere, mV: Millivolt)

Vorgesehene Bearbeitungsdauer für diese Aufgabe:

60 Minuten

Gesamtdauer der Klausur gemäß VV zu § 14 Absatz 1 APO-GOST: 90–135 Minuten

Thema: Die Gifte des Südafrikanischen Dickschwanzskorpions <i>Lösungsvorschlag</i>	BE (AFB)	Erreichte BE
1		
Darstellen Depolarisation bis zum Schwellenwert → Öffnung spannungsabhängiger Natriumionen-Kanäle → Einstrom von Natriumionen → Ladungsumkehr → Inaktivierung der Natriumionen-Kanäle → Stopp des Natriumionen-Einstroms → Öffnung spannungsabhängiger Kaliumionen-Kanäle → Ausstrom von Kaliumionen → Repolarisation und Hyperpolarisation → Verschluss der Kaliumionen-Kanäle → Ladungsausgleich → Ruhepotenzial	5 (I)	
2		
Erläutern Das Peptid Parabutoxin blockiert spannungsgesteuerte Kaliumionen-Kanäle. Daher wird durch Parabutoxin vermutlich die Phase der Repolarisation beim Aktionspotenzial gestört. Wenn der Ausstrom von Kaliumionen verhindert oder vermindert wird, wird die Depolarisation des Axoninneren erhalten bleiben. Dies bedeutet, dass die spannungsgesteuerten Natriumionen-Kanäle länger in der Refraktärzeit verbleiben. Dies erschwert die Auslösung neuer Aktionspotenziale und führt so zu einer Lähmung.	5 (II)	
3		
Beschreiben Die Kontrollmessung ohne Toxin zeigt einen allmählichen Anstieg des Natriumionen-Stroms durch Natriumionen-Kanäle ab einem Membranpotenzial von -47 mV. Der stärkste Ionenstrom von etwa $1,3$ nA ist bei etwa -17 mV erreicht. Positivere Membranpotenziale schwächen den Ionenfluss leicht ab. Die Werte des Natriumionen-Stroms in Anwesenheit von Birtoxin steigen zunächst ähnlich wie die Werte der Kontrolle, wobei sich ab -37 mV ein schwächerer Anstieg zeigt. Der Ionenstrom erreicht bei -27 mV den Maximalwert von etwa $0,8$ nA. Dieser liegt somit deutlich unter dem Kontrollwert. Eine weitere Depolarisation des Membranpotenzials bewirkt eine leichte Abschwächung des Ionenstroms auf etwa $0,7$ nA.	5 (I)	
Erläutern Birtoxin verringert die Öffnung spannungsgesteuerter Natriumionen-Kanäle an Axonen. Die Depolarisation im Zuge eines Aktionspotenzials wird somit erschwert. Dies hat Auswirkungen auf die Erregungsweiterleitung an den betroffenen Neuronen. Durch die verminderte Erregungsweiterleitung oder vollständig unterbundene Bildung von Aktionspotenzialen können z. B. Lähmungserscheinungen der Muskulatur die Folge sein. Da Parabutoxin die Repolarisation verhindert und so die Depolarisation des Axoninneren erhalten bleibt, wird hier die hemmende Wirkung des Birtoxins auf den Natriumionen-Strom dazu führen, dass auch bei Ablauf der Refraktärzeit wenig Natriumionen diese Ionenkanäle durchfließen können. Daher wird die Ausbildung von Aktionspotenzialen effizient unterbunden. Das gestochene Tier wird gelähmt und kann schlechter fliehen und auch schlechter angreifen.	7 (II) 1 (III)	
4		
Ableiten Eine Möglichkeit wäre ein konkurrierender Wirkstoff, der ebenfalls an der entsprechenden Stelle der Natriumionen-Kanäle bindet und so bei angemessener Gegengiftkonzentration die Bindung von Birtoxin verhindert. Das Gegengift darf den Natriumionen-Kanal dabei allerdings in seiner Funktionsweise nicht beeinträchtigen.	2 (III)	
	25	

KLP-Bezüge

Inhaltliche Schwerpunkte und Aspekte	Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Erregungsleitung
Konkretisierte Kompetenzerwartung	erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen
Übergeordnete Kompetenzerwartung	S4 formulieren zu biologischen Phänomenen sowie Anwendungen der Biologie theoriegeleitet Hypothesen und Aussagen S6 stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen (Molekular- bis Biosphärenebene) dar K9 nutzen geeignete Darstellungsformen für biologische Sachverhalte und überführen diese ineinander E9 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen

Literatur

https://de.wikipedia.org/wiki/Parabuthus_transvaalicus

<https://en.wikipedia.org/wiki/Parabutoxin>

Inceoglu, A. B., Hayashida, Y., Lango, J., Ishida, A. T. & Hammock, B. D. (2002). A single charged surface residue modifies the activity of ikitoxin, a beta-type Na⁺ channel toxin from *Parabuthus transvaalicus*: β -type effect of ikitoxin on neuronal nA current. *European Journal of Biochemistry*, 269(22), 5369–5376. <https://doi.org/10.1046/j.1432-1033.2002.03171.x>