

DER
KALIUM-NATRIUM-AUSTAUSCH
ALS ENERGIEPRINZIP IN MUSKEL UND NERV

ZUGLEICH EIN GRUNDRISS
DER ALLGEMEINEN ELEKTROPHARMAKOLOGIE

VON

ALBRECHT FLECKENSTEIN

APL. PROFESSOR AM PHARMAKOLOGISCHEN INSTITUT
DER UNIVERSITÄT HEIDELBERG

MIT 101 TEXTABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

1955

Springer

Inhaltsverzeichnis.

A. Die Bedeutung der Kationen für die Muskelfunktion	1
I. Der Einfluß variierter Natrium-, Kalium- und Calciumkonzentrationen	2
a) Die Muskellähmung durch extracellulären Natriumentzug	2
b) Die Muskellähmung durch extracelluläre Kaliumerhöhung	3
c) Die Wirkung veränderter extracellulärer Calciumkonzentrationen	5
II. Die Muskeladynamie bei Nebennierenrindeninsuffizienz und ihre Beziehungen zur experimentellen Kaliumlähmung.	6
a) Die extracellulären K^+ - und Na^+ -Konzentrationen bei Nebennierenrindeninsuffizienz	6
b) Die Beseitigung der Muskeladynamie bei Nebennierenrindeninsuffizienz durch Normalisierung der extracellulären K^+ -Konzentration	7
c) Weitere Hinweise auf extramuskuläre Ursachen der Adynamie bei Nebennierenrindeninsuffizienz	9
III. Die Kalium- und Natriumverschiebungen bei der Erregung und Kontraktion.	10
a) Der Austausch von K^+ und Na^+ bei der normalen Muskeltätigkeit	11
b) Die Bewegungen von K^+ und Na^+ bei den pharmakologischen Muskelkontrakturen	13
c) Die Beteiligung von K^+ und Na^+ bei der Erregung anderer Organe (Nerv, sympathisches Ganglion, Gehirn, Speicheldrüse)	16
d) Die Blockade des Kationenaustauschs durch erregungshemmende Lokalanaesthetica	18
IV. Die restitutiven Kalium- und Natriumverschiebungen	21
a) Die Kaliumbindung in Muskel und Leber	21
b) Das Muskelversagen bei Kaliummangel, die paroxysmale Lähmung und das klinische Kaliummangelsyndrom	23
c) Das Zusammenwirken von Kalium und Glucose bei der Muskelerholung	29
V. Die Ungleichgewichte zwischen der extra- und intracellulären Kationenverteilung und ihre Bedeutung als Energiespeicher	31
a) Die Kaliumspeicherung der Zelle als aktive Stoffwechselleistung	33
b) Der Energieinhalt des Kaliumspeichers im Muskel im Vergleich zu den chemischen Energiespeichern	36
c) Quantitative Beziehungen zwischen Muskelarbeit und Kationenaustausch	37
B. Die Elektrophysiologie der Kationenverschiebungen	42
I. Die Bedeutung der Kalium- und Natriumionen für die elektrischen Phänomene in Muskel und Nerv	43
a) Die Konzentrationsunterschiede zwischen den extra- und intracellulären Kationen als Ursache des Membranpotentials	43
b) Der Austausch von K^+ und Na^+ als Ursache der lokalen Depolarisation und der fortgeleiteten Aktionspotentiale	48
II. Die Elektropharmakologie erregender und erregungshemmender Stoffe	56
a) Die Grundmechanismen der Erregung und Erregungshemmung unter besonderer Berücksichtigung der kathodischen und anodischen Polarisation	56
b) Der Kathoden- und Anodenblock des Nerven sowie die Leitungsunterbrechung durch Katelektrotonica und Anelektrotonica	58
c) Die elektropharmakologischen Grundprinzipien der Erregung und Blockierung der Endplatten	61

III. Die Steuerung des contractilen Mechanismus durch das Membranpotential	67
a) Die Koppelung zwischen Depolarisation und Verkürzung bei der Kaliumkontraktur	68
b) Die Koppelung zwischen Depolarisation und Verkürzung bei Einwirkung K^+ -mobilisierender Kontrakturstoffe sowie kontrakturhemmender Antagonisten	72
c) Die Neutralisation depolarisierender Kontrakturstoffe durch Repolarisation des Muskels im Anelektrotonus	76
C. Die Zusammenhänge zwischen dem Muskelstoffwechsel und der Motorik	84
I. Die Beteiligung des Muskelstoffwechsels am Prozeß der Repolarisation und Wiederverlängerung	85
a) Die Blockierung der Muskelerschlaffung nach Kalium- und Acetylcholin- kontrakturen durch Atmungs- und Glykolysegifte	85
b) Die Hemmung der Repolarisation durch Atmungs- und Glykolysegifte	91
c) Die Abhängigkeit des aktiven Kationentransports und der Repolarisation vom Stoffwechsel der energiereichen Phosphorsäureester	94
d) Zur Theorie der restitutiven Kationentrennung	99
II. Ist Adenosintriphosphat die unmittelbare Quelle der Kontraktionsenergie?	102
a) Die Methodik der papierchromatographischen Trennung von ATP, ADP und anderen Phosphorverbindungen des Muskels	103
b) Pharmakologische Kontrakturen ohne Veränderung der ATP und ADP-Werte	108
c) Die Konstanz von ATP und ADP bei tetanischen Kontraktionen	112
d) Das Verhalten von ATP bei der Kontraktion kreatinphosphatverarmter <i>M. recti</i> nach Vergiftung mit 2,4-Dinitrophenol	119
e) Die Aufnahme von radioaktivem $P^{32}O_4$ in die ATP-Fraktion des <i>M. rectus</i> im Ruhezustand, bei elektrischer Reizung sowie in Abhängigkeit von der Temperatur	122
III. Über den primären Energiespeicher im Muskel	124
a) Ist der Muskel eine elektrische Maschine?	126
b) Die Ionentheorie der Muskelkontraktion	128
Literatur	132
Sachverzeichnis	150