

Über den Zusammenhang zwischen histologischer Struktur und funktionellem Verhalten des Skelettmuskels

Auf Grund ausgedehnter histologischer Untersuchungen kam KRÜGER¹ mit seinen Schülern zu einer Einteilung der Muskelzellen in «fibrillenstrukturierte» und «felderstrukturierte». Auf diesem histologischen Befund aufbauend postulierte KRÜGER, dass die fibrillenstrukturierten Muskelzellen für das tetanische und die felderstrukturierten Muskelzellen für das tonische Verhalten der Skelettmuskulatur auch von Säugetieren verantwortlich seien. Wir prüften diese Hypothese durch gleichzeitige Untersuchungen der Struktur und der Funktion zweier Rattenmuskeln, von denen der eine nur fibrillenstrukturierte Fasern aufwies (*M. serratus lateralis*, kaudaler Teil). In Ermangelung eines rein felderstrukturierten Muskels benutzten wir das aus den beiden Typen von Muskelzellen bestehende Zwerchfell der Ratte (GÜNTHER²).

In der experimentellen Anordnung des Nerv-Muskel-Präparates untersuchten wir das Verhalten dieser beiden Muskeln nach elektrischer Reizung und Zusatz von Azetylcholin und neuromuskulär blockierenden Substanzen. Zwischen den beiden strukturell so verschiedenen Muskeln ergab sich kein unterschiedliches funktionelles Verhalten. Nach Denervierung gewinnt der Skelettmuskel «tonische» Eigenschaften, denn er reagiert auf Zusatz von Azetylcholin mit einer Kontraktur. Das zeitliche Auftreten dieser Reaktionsform nach Denervierung wurde ausführlich von uns (MUSCHOLL und LÜLLMANN³) am Zwerchfell und in Stichproben am *M. serratus* (LÜLLMANN und BRUNNER⁴) untersucht. Nach Reinnervation des Diaphragma zeigt dieses wieder dasselbe funktionelle Verhalten wie der normale Muskel.

Zu diesen einzelnen Stadien stellten wir mit der von KRÜGER benutzten Technik (Susa-Fixierung, Heidenhain-Eisenhamatoxylin) die histologischen Präparate her, um das Verhalten der felder- und fibrillenstrukturierten Muskelfasern bei den verschiedenen Funktionsänderungen zu beobachten.

Während bereits am 2. Tage nach Denervierung des Zwerchfelles durch Zusatz von Azetylcholin eine Kontraktur auszulösen ist, beginnen die ersten Veränderungen im histologischen Bild sich erst am 5. Tage nach Denervierung auszubilden. Am 10. Tage nach Denervierung ist dieser Prozess sehr ausgeprägt: die fibrillen- und die felderstrukturierten Fasern haben die für sie typische Fibrillenanordnung verloren und sich in ihrer Struktur einander angeglichen. Sie sind nicht mehr zu unterscheiden. Das Verhalten auf elektrische Reize (Zuckungsdauer und tetanische Verschmelzungsfrequenz) wird vom Denervationsprozess nicht beeinflusst. In dem chronischen Atrophiestadium bleibt dieses funktionelle Verhalten bestehen, obwohl der histologische Destruktionsprozess fortschreitet.

Nach Reinnervation zeigt das Zwerchfell in den von uns geprüften Versuchsanordnungen ein dem normalen Zwerchfell gleiches Verhalten. Der histologische Aufbau dagegen ist völlig von dem des intakten Zwerchfells

¹ P. KRÜGER, *Tetanus und Tonus der quergestreiften Skelettmuskeln der Wirbeltiere und des Menschen* (Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1952).

² P. G. GÜNTHER, Acta anat. 14, 54 (1952); Ärztl. Forsch. 8, 217 (1954).

³ E. MUSCHOLL und H. LÜLLMANN, Arch. exper. Path. Pharmakol. 226, 88 (1955).

⁴ H. LÜLLMANN und H. BRUNNER, Arch. exper. Path. Pharmakol. 223, 254 (1954).

verschieden. Alle Zellen zeigen dieselbe Anordnung und dasselbe Aussehen der Muskelfibrillen. Der Aufbau des Muskelzellquerschnittes liegt zwischen der Felder- und der Fibrillenstruktur.

Nach Entnerzung ändert auch der rein fibrillenstrukturierte *M. serratus lateralis* (kaudaler Abschnitt) sein funktionelles Verhalten früher, als eine histologische Änderung sichtbar wird. Die Reaktionen des denervierten *M. serratus* gleichen denen des denervierten Zwerchfelles; histologisch tritt ebenfalls ein Verlust der Fibrillenstruktur wie bei den entsprechenden Fasern des Zwerchfells auf. Auf elektrische Reize hin verhält sich dieser denervierte Muskel ebenso wie vor der Denervierung, das heißt, er führt schnelle Zuckungen aus.

Eine ausführliche Darstellung der histologischen Befunde erfolgt im Anatomischen Anzeiger.

G. KUSCHINSKY, H. LÜLLMANN,
W. HOEFKE und E. MUSCHOLL

Pharmakologisches Institut der Universität Mainz, den 3. Oktober 1955.

Summary

A simultaneous investigation of the function and the histological structure of two different muscles of the rat showed no relation between the arrangement of the fibrilles in the muscle cell and the function of the muscle. Such a relation between structure and function was assumed by KRÜGER on the basis of histological investigations, but our findings do not support this hypothesis.

Die α -Glycerophosphat-Oxydation des Heuschreckenbrustmuskels (*Locusta migratoria*)¹

Trotzdem die physiologischen Bedingungen und vielleicht auch der Umfang der Muskelarbeit bei den Insekten erheblich von den bei den Vertebraten bekannten Verhältnissen abweichen (zum Beispiel in Sauerstoffversorgung und -verbrauch), liessen sich bis dahin keine Unterschiede im Stoffwechsel der Muskulatur beider Gruppen nachweisen. Lediglich mehrere Beobachtungen auffallend niedriger RQ-Werte, die einige Insektenarten während des Fluges aufweisen (um 0,7)², deuten auf die Möglichkeit hin, dass sich hier vielleicht andere, von den Wirbeltieren mehr oder weniger verschiedene oder wenigstens bei diesen nicht im Mittelpunkt des Stoffwechselgeschehens stehende Reaktionen abspielen könnten. Zur Klärung dieser Frage wurde die Fähigkeit des Insektenmuskels untersucht, die verschiedenen Intermediärprodukte des Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsels umzusetzen. Versuche mit α -Glycerophosphat (GP) zeigten dabei überraschende Ergebnisse, die wegen ihres besonderen Interesses hier isoliert mitgeteilt werden sollen.

Hauptuntersuchungsobjekt war die Brustmuskulatur der Wanderheuschrecke *Locusta migratoria*, die nach Dekapitierung der Tiere schnellstens herauspräpariert und mit Hilfe eines Homogenisators nach POTTER-ELVEHJEM oder eines einfachen Mörsers homogenisiert wurde. Als Flüssigkeit diente dabei entweder eiskaltes destilliertes Wasser oder 0,154 m KCl-Lösung. Die Durch-

¹ Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

² A. KROGH und T. WEIS-FOGH, J. exper. Biol. 28, 344 (1951). – T. WEIS-FOGH, Phil. Trans. roy. Soc. [B] 237, 1 (1952). – E. ZEBE, Z. vgl. Physiol. 36, 290 (1954).