

DAS VERHALTEN ROTER BLUTKÖRPERCHEN UNTER DER EINWIRKUNG KURZZEITIGER, HOHER LAMINARER SCHUBSPANNUNGEN

J. Lambert, A. Naumann

Aerodynamisches Institut der RWTH Aachen/BRD

EINLEITUNG

Die Kenntnis der Belastungsgrenzen roter Blutkörperchen ist Voraussetzung für die Beurteilung der hämolysierenden Wirkung von Gefäßprothesen und extrakorporalen Kreislaufsystemen. Für vergleichsweise niedrige laminare Schubspannungen ($\tau \leq 5000 \text{ dyn/cm}^2$) mit Beanspruchungszeiten in der Größenordnung von Minuten, konnte eine Zeitabhängigkeit der kritischen Schubspannung, die zur Zerstörung der Blutkörperchen führt, von verschiedenen Arbeitsgruppen nachgewiesen werden [1]. Im mittleren Schubspannungsbereich ($\tau \approx 10000 \text{ dyn/cm}^2$) bei Belastungszeiten in der Größenordnung $t_B \approx 10^{-2} \text{ s}$ wurden bisher nur vereinzelt Untersuchungen durchgeführt [1]. Im Bereich $\tau > 10000 \text{ dyn/cm}^2$ und $t_B \approx 10^{-3} - 10^{-4} \text{ s}$ konnte die kritische Schubspannung ausschließlich mit dem "jet-test" [2] bestimmt werden, der nur eine grobe Abschätzung von Belastungshöhe, -dauer und Lastwechselhäufigkeit gestattet. Keines der bisher angewandten Verfahren ist geeignet, die Zerstörung des einzelnen Blutkörperchens sichtbar zu machen.

Mit der früher vorgestellten Anlage für die mikroskopische Beobachtung von Blutströmungen [3] konnte das Deformationsverhalten roter Blutkörperchen während und unmittelbar nach der Beanspruchung durch Schubspannungen im Bereich $3000 \text{ dyn/cm}^2 \leq \tau \leq 80000 \text{ dyn/cm}^2$ bei einer Belastungsdauer zwischen $8 \cdot 10^{-5} \text{ s} \leq t_B \leq 3 \cdot 10^{-2} \text{ s}$ mit Hilfe von Ultrakurzzeitphotographien und rasterelektronenmikroskopischen (REM) Aufnahmen*) studiert werden. Untersuchungen bei derartigen kurzen Belastungszeiten sind von Bedeutung, da im allgemeinen die Aufenthaltsdauer der Blutkörperchen in Bereichen hoher Schubspannungen in Pumpen und künstlichen Herzklappen in der Größenordnung 10^{-2} s bis 10^{-4} s liegt.

+) Diese Untersuchung wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Sonderforschungsbereich 109 gefördert.

*) Die REM-Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit den Herren Prof. Dr. med. H. Buss und Dr. rer. nat. H. G. Hollweg, Abteilung für Pathologie der RWTH Aachen, Vorstand Prof. Dr. med. J. Schoenmackers, durchgeführt.

VERSUCHSBESCHREIBUNG

In einer Dextranlösung suspendierte rote Blutkörperchen werden durch einen Mikrospaltpkanal gesaugt, der auf dem Objektisch eines Durchlichtmikroskops fixiert ist (Abb. 1). Das Mikroskop wird auf eine Stromlinie in Nähe der oberen Kanalberandung (Deckglas) fokussiert. Aus der Tiefe der Schärfenebene unter Deckglas, der Mikrokanallänge und dem Druckabfall im Spaltkanal läßt sich die dort herrschende Schubspannung τ mit einer Genauigkeit von ca. 20 % angeben, während

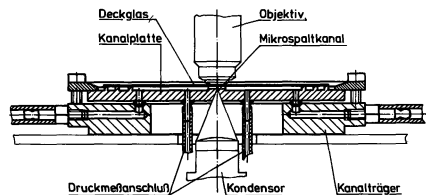


Abb. 1: Versuchsanordnung

die Belastungszeit t_B auf etwa 3 %ige Genauigkeit berechnet werden kann. Mit einer Blitzlampeneinrichtung, die eine Leuchtdauer in der Größenordnung $1 \mu\text{s}$ hat, werden Aufnahmen der schnell bewegten Erythrozyten während der Scherbeanspruchung im Mikrospaltpkanal gemacht. Für REM-Aufnahmen der Blutkörperchengestalt unmittelbar nach der Scherbelastung, werden Blutkörperchen aus der Randschicht hinter dem Mikrospaltp abgesaugt, in Glutaraldehydlösung fixiert und für den Einsatz im REM präpariert.

ERGEBNISSE

Die photographischen Aufnahmen der Erythrozyten während des Belastungsvorganges zeigen, daß diese zu schlanken, spindelförmigen Körpern deformiert werden. Unter extremen Belastungen ($\tau \geq 50000 \text{ dyn/cm}^2$) wurden Dicken/Längen-Verhältnisse $\Delta / L < 0,03$ ermittelt. Die Zerstörung eines Blutkörperchens im Sinne einer Fragmentation der Membran konnte nicht beobachtet werden. Hingegen zeigen die REM-Aufnahmen (Abb. 2), daß die Blutkörperchen nach der Belastung eine geschrumpfte Gestalt annehmen, was auf den Verlust von Zellinhaltsstoffen schließen läßt.