

FORTSCHRITTE DER HÄMATOLOGIE

BAND II

HERAUSGEGEBEN VON

LEANDRO M. TOCANTINS, M. D.

Professor für klinische und experimentelle Medizin
Jefferson Medical College of Philadelphia

Deutsche Übersetzung von

DOZ. DR. H. BRAUNSTEINER

II. Medizinische Universitätsklinik, Wien

MIT 46 ABBILDUNGEN



GEORG THIEME VERLAG · STUTTGART

FORTSCHRITTE DER HÄMATOLOGIE

BAND II

Herausgegeben von

LEANDRO M. TOCANTINS, M.D.

Professor für klinische und experimentelle Medizin
Jefferson Medical College of Philadelphia

Deutsche Übersetzung von

DOZ. DR. H. BRAUNSTEINER

II. Medizinische Universitätsklinik, Wien

MIT 46 ABBILDUNGEN



GEORG THIEME VERLAG · STUTTGART

Titel der Originalausgabe:

PROGRESS IN HEMATOLOGY, VOLUME II

Grune & Stratton, Inc., New York and London

Alle Rechte vorbehalten — Printed in Germany
Satz und Druck: Ernst Göhner KG, Stuttgart-Vaihingen

FORTSCHRITTE DER HÄMATOLOGIE

BAND II

Verzeichnis der Mitarbeiter

- MARCEL BESSIS, M. D., Centre National de Transfusion Sanguine, Paris, France.
- GEORGE BRECHER, M. D., Section on Hematology, National Institute of Arthritis and Metabolic Diseases, National Institutes of Health, Bethesda, Md.
- CHARLES C. CONGDON, M. D., Biology Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn.
- EUGENE P. CRONKITE, M. D., Head, Division of Experimental Pathology, Medical Research Center, Brookhaven National Laboratory, Upton, Long Island, N. Y.
- MARIE CUTBUSH, B. Sc., Medical Research Council's Blood Transfusion Research Unit, Postgraduate Medical School, London, England.
- RICHARD M. DAY, M. D., Professor of Pediatrics, State University of New York, College of Medicine, Brooklyn, N. Y.
- STUART C. FINCH, M.D., Yale University School of Medicine, New Haven, Conn.
- JOHN W. HARRIS, M. D., Markle Scholar in Medical Science, Western Reserve University School of Medicine, Cleveland, Ohio.
- DUDLEY P. JACKSON, M. D., Assistant Professor of Medicine, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, Md.
- LOIS M. JOHNSON, M. D., Instructor in Pediatrics, State University of New York, College of Medicine, Brooklyn, N. Y.
- PATRICK L. MOLLISON, M. D., F. R. C. P., Medical Research Council's Blood Transfusion Research Unit, Postgraduate Medical School, London, England.
- CHARLES B. RIPSTEIN, M. D., Professor of Clinical Surgery, Albert Einstein College of Medicine, New York City; Director, Surgical Services, Beth-El Hospital, Brooklyn, N. Y.
- MELVIN J. SILVER, Ph. D., Associate Member, Charlotte Drake Cardeza Foundation, Jefferson Medical College of Philadelphia, Pa.
- FREDERICK STOHLMAN, JR., M. D., Section on Hematology, National Institute of Arthritis and Metabolic Diseases, National Institutes of Health, Bethesda, Md.
- MAX M. STRUMIA, M. D., Director, Laboratory of Clinical Pathology and the John S. Sharpe Research Foundation of the Bryn Mawr Hospital; Professor of Pathology, Graduate School of Medicine, University of Pennsylvania.
- LEANDRO M. TOCANTINS, M. D., Professor of Clinical and Experimental Medicine; Director, Charlotte Drake Cardeza Foundation, Jefferson Medical College; Attending Physician, Jefferson Medical College Hospital, Philadelphia.
- DANIEL L. TURNER, Ph. D., Associate Member, Charlotte Drake Cardeza Foundation, Jefferson Medical College of Philadelphia, Pa.
- R. L. TURNER, M. D., Registrar, Departement of Haematology, Manchester Royal Infirmary; Sybil Mary Pilkington Research Fellow in Leukaemia, University of Manchester; Consultant Pathologist, Bradford Royal Infirmary, England.
- JOHN F. WILKINSON, M. D., Ph. D., Consultant Physician, United Manchester Hospitals, Manchester Royal Infirmary; Director, Department of Haematology, Manchester Royal Infirmary and University of Manchester; Reader in Haematology, Lecturer in Systematic Medicine, University of Manchester, England.
- MARJORIE B. ZUCKER, Ph. D., Associate, Sloan-Kettering Institute for Cancer Research; Associate Professor of Physiology, Sloan-Kettering Division, Cornell University Medical College, New York, N. Y.

Vorwort

Band I der „vorliegenden Reihe“ war kaum erschienen, als es schon offensichtlich wurde, daß die auf vielen Gebieten erzielten wesentlichen Fortschritte eine neuerliche Darstellung der Grenzgebiete der Hämatologie wünschenswert erscheinen ließen.

Diese Fortschritte sind auch weiterhin vor allem das Ergebnis der Anwendung physikalisch-chemischer Methoden auf biologische Phänomene. Das auf solche Art gewonnene Wissen wird mehr oder weniger rasch an alle diejenigen weitergegeben, bzw. von denjenigen aufgenommen, die in unmittelbaren Ringen mit dem Geschehen der Krankheit stehen. Nirgends ist dies besser zu sehen als bei den Hämoglobinopathien und da besonders bei dem mit einer bizarren Formveränderung einhergehenden Phänomen der Sichelzellbildung, das immer wieder zu einer ständigen Quelle des Staunens für den suchenden Forscher wird. Manche Fortschritte auf anderen Gebieten hingegen, wie z. B. bei der Verhütung des Kernikterus, beruhen auf klinischem Können und Scharfblick, gepaart mit intellektueller Unvoreingenommenheit.

Die Fülle der Tatsachen und Gedanken in den vorliegenden Studien ist eindrucksvoll und das Ausmaß der Erschließung neuer Gebiete mag für denjenigen überraschend sein, der die Arbeiten der Autoren nicht aus der Nähe verfolgen konnte. Das Tempo der biologischen Forschung ist heute so groß, daß auf manchen Gebieten exponentiell Fortschritte gemacht werden. Obwohl der Mensch weiß, daß ihm durch seine ureigensten Grenzen ein „vollständiges“ Erfassen der Welt immer versagt bleiben muß, werden doch die Früchte seines Suchens und Forschens weiterhin dazu beitragen das Streben zu befriedigen, seine Umwelt zu erklären, vorauszusehen und zu steuern.

Den Mitautoren schuldet der Herausgeber Dank für die freudige Bereitwilligkeit mit der sie ihren Aufgaben nachgekommen sind. Die Verleger waren wie immer geduldig und hilfsbereit. Den Kollegen von der *Charlotte-Drake-Cardeza*-Stiftung dankt der Herausgeber für ihre unermüdliche Unterstützung und Mitarbeit.

Philadelphia, Dezember 1958

LEANDRO M. TOCANTINS

Inhalt

Verzeichnis der Mitarbeiter	V
Vorwort	VII
Neue signifikante Beiträge der dynamischen Zytologie zur Hämatologie	1
Von M. BESSIS	
Behandlung von Strahlenschäden unter besonderer Berücksichtigung der Knochenmarkstransplantation	20
Von C. C. CONGDON	
Die Rolle der chemischen und physikalischen Faktoren bei der Sichelzellbildung	46
Von J. W. HARRIS	
Humorale Faktoren in der Erythropoese	108
Von G. BRECHER und F. STOHLMAN jr.	
Kernikterus	131
Von R. DAY und L. M. JOHNSON	
Hämolytische Erkrankung der Neugeborenen durch A-B-O-Inkompatibilität	151
Von P. L. MOLLISON und M. CUTBUSH	
Praktische Aspekte der Blutkonservierung für Transfusionszwecke	171
Von M. M. STRUMIA	
Übertragung der Leukämie	190
Von St. C. FINCH	
Serotonin (5-Hydroxytryptamin) — Hämatologische Gesichtspunkte	203
Von M. B. ZUCKER	
Chemotherapie der chronischen myeloischen Leukämie unter besonderer Berücksichtigung von Myleran	222
Von J. F. WILKINSON und R. L. TURNER	
Die Verwendung von Plättchen-Transfusionen bei hämorrhagischen Erkrankungen ...	236
Von E. P. CRONKITE und D. P. JACKSON	
Therapie der Ösophagusvarizenblutung	254
Von Ch. B. RIPSTEIN	
Lipoide als Antikoagulantien	260
Von M. J. SILVER, D. L. TURNER und L. M. TOCANTINS	
Sachverzeichnis	278

Neue signifikante Beiträge der dynamischen Zytologie zur Hämatologie

Von M. BESSIS

In den letzten Jahren sind auf dem Gebiet der Mikroskopie wesentliche Entdeckungen gemacht worden. Unter diesen haben die Phasenkontrastmikroskopie und die Elektronenmikroskopie unmittelbar die bedeutendsten Ergebnisse gebracht. Die eine erlaubt uns lebende Zellen, die andere deren Ultrastruktur zu sehen; so ergänzen sich diese zwei Arten der Mikroskopie im wahrsten Sinne des Wortes. Um die komplexen Bilder, die uns die Elektronenmikroskopie liefert, richtig deuten zu können, muß man mit dem Verhalten zellulärer Organellen im lebenden Zustand vertraut sein.

Mit Hilfe des Phasenkontrastes wird es möglich, die Zelle, ihr Verhalten, ihre Funktion, ihre Pathologie und ihre Reaktion auf schädliche Reize und verschiedene Drogen während ihres Lebens zu studieren. Vorher basierten die zytologischen Beobachtungen auf der Untersuchung toter Zellen, die trotz hervorragender Färbungen nur leblose Objekte waren. Jetzt ist es möglich, das Verhalten dieser Elemente direkt zu beobachten und die Zytologie näher an die Physiologie und die klinische Medizin heranzubringen.

Durch Kombination mit der Kinematographie wird der Wert des Phasenkontrastes noch weiter erhöht. Die Bewegungen der Zelle sind, verglichen mit denen, die wir vom Menschen her gewöhnt sind, fast immer so außerordentlich langsam, daß selbst ein geübtes Auge sie kaum wahrnehmen kann. Die Kinematographie ermöglicht es, den Ablauf der Erscheinungen auf das 30-60 000fache zu beschleunigen, je nachdem man das Aufnahmeintervall zwischen einer Sekunde und 30 Minuten wählt. Mit diesem Hilfsmittel haben in den Jahren 1910-1930 Pioniere wie COMANDON (23-25), FAURÉ FRÉMIET (28), JOLLY (36), LEWIS und LEWIS (40) wichtige Phänomene entdeckt, die bis dahin mit der einfachen Beobachtung durch das Okular der Erfassung entgangen waren.

Obwohl diese Experimente von grundlegender Bedeutung waren, blieben sie doch infolge Fehlens klarer Bilder der intrazellulären Organellen begrenzt. Über diese Beschränkung sind wir heute hinweg. Dank der Phasenkontrastmikroskopie, verbunden mit der Kinematographie, läßt sich eine präzise Analyse aller zellulären und intrazellulären Bewegungen durchführen und die Wirkung der verschiedensten Medien oder Reize auf die Morphologie und das Verhalten der kleinsten Organellen beobachten. Ebenso läßt sich die Wirkung von Giften oder Drogen auf Zellen analysieren.

Aus dem Centre Nationale de Transfusion Sanguine, Paris, France.

Filmt man einen Blutstropfen zwischen Objektträger und Deckglas und betrachtet ihn bei 50-facher Beschleunigung, so werden die Blutzellen, die sonst fast träge erscheinen, in seltsamer Art äußerst lebendig. Das Aussenden von Pseudopodien, das Erscheinen und Verschwinden von Dendriten, die Bewegungen der ganzen Zelle, die in wenigen Sekunden das ganze Gesichtsfeld durchwandert, das Oszillieren der Kerne, die rhythmischen Bewegungen der Zentrosomen, das Zittern der Granula, der Tanz der Mitochondrien und die Wellenbewegungen der Chondriokonten folgen einander. Umgekehrt ermöglicht die Verlangsamung des Filmablaufes das Studium verschiedener Phasen bestimmter, äußerst schneller, explosiver, biologischer Reaktionen wie z. B. bestimmter Arten der Hämolyse.

Zum Studium lebender Zellen stehen uns heute neben dem Phasenkontrastmikroskop auch noch „Interferenzmikroskope“, von denen es verschiedene Arten gibt, zur Verfügung. Im allgemeinen sind die von ihnen gelieferten Bilder nicht so gut wie die mit Phasenkontrastmikroskopen erzielten. Dafür ermöglichen sie uns aber die optische Dichte bestimmter Zellteile zu messen. Wir wollen hier nicht näher auf sie eingehen und nur ein spezielles System (NOMARSKI-System) erwähnen, das sich dem Phasenkontrast bei der Untersuchung dicker Präparate, im besonderen bei Geldrollenformen und Kristallen von Erythrozyten, als überlegen erwiesen hat (Abb. 2 und 3).

In diesem Artikel wollen wir in einer kurzen Übersicht über die neuen Forschungsergebnisse berichten, die uns in den letzten zehn Jahren die Untersuchung der Blutzellen in lebendem Zustand unter gleichzeitiger Verwendung der Kinematographie gebracht hat. Wir werden dabei unsere Ausführungen über die allgemeine Zytologie vor allem auf die für den Pathologen und Hämatologen interessanten Tatsachen beschränken. Hinsichtlich Einzelheiten der Ausrüstung und der Technik wird der Leser auf die im Literaturverzeichnis angeführten entsprechenden Arbeiten verwiesen.

Die folgenden Beschreibungen, ebenso wie die Diagramme und Photographien in den als Literaturangabe zitierten Arbeiten, geben nur eine vage Vorstellung von dem, was in einem Film zu sehen ist. Filme kann man nicht genau beschreiben, man muß sie sehen. Aus diesem Grunde wurde im Anhang eine Liste der wichtigsten verfügbaren Filme mit den Namen ihrer Autoren angegeben.

1. Rote Blutkörperchen

Der Säugererythrozyt hat nicht die Fähigkeit sich fortzubewegen. Er ist jedoch nicht völlig regungslos, denn im Phasenkontrastmikroskop kann man ein Szintillieren des blassen Mittelteiles (3-4 Veränderungen der Leuchtdichte in der Sekunde) beobachten. Die Ursache dieser Erscheinung ist unbekannt und dürfte das Resultat entweder eines geringen Wechsels in der Dicke oder von Änderungen des Lichtbrechungsindex sein (48-52, 65, 66).

Agglutination der Erythrozyten. Die Plastizität der Erythrozyten ist sehr groß. Sie ist in Gegenwart von Antikörpern erhöht (6, 8, 9). Wenn mehrere agglutinierte Erythrozyten gestreckt werden, nehmen sie die Form von miteinander mit Fäden verbundenen Spindeln an. Diese Fäden sind sehr elastisch. Sie können eine Länge von 20 Mikren erreichen und sich wieder bis auf wenige Mikren zusammen-

ziehen. Wenn sie reißen, schwellen ihre freien Enden an, werden von BROWNSchen Bewegungen erfaßt und bilden dann die sogenannten Myelin-Figuren (10).

Ausstoßung des Kernes aus den Erythroblasten. Die Ausstoßung des Kernes aus den Erythroblasten ist gefilmt worden. Unter Versuchsbedingungen (Blut zwischen Objektträger und Deckgläschen, Heparin, Zimmertemperatur) kommt diese Ausstoßung bei azidophilen Erythroblasten vor. Diese Zellen zeigen lebhafteste Bewegungen, und plötzlich erscheinen runde Exkreszenzen an verschiedenen Stellen des Zellrandes. Eine dieser Ausbuchtungen enthält den Zellkern, welcher nach einigen konvulsiven Bewegungen ausgestoßen wird (2, 8). Der Vorgang der Ausstoßung selbst dauert ungefähr 10 Minuten, seine verschiedenen Phasen können in nach GIEMSA gefärbten Sternalmarksausstrichen beobachtet werden (Abb. 1).

Bewegung der Retikulozyten. Die Retikulozyten zeigen sehr charakteristische Bewegungen, welche im Film klar zu sehen sind. Diese Zellen haben bei der Untersuchung im frischen Zustand ein drei- oder vierblättriges Aussehen. Dies wird nicht durch eine irreversible Veränderung der Zelle hervorgerufen, wie allgemein angenommen wird, sondern durch sehr langsame Bewegungen des Protoplasmas, das sich in gewissen Arealen zusammenzieht, schrumpft und breite, runde Auslappungen bildet (Abb. 1). RALPH hat diese Retikulozyten unter dem Namen „mobile Erythrozyten“ beschrieben (51, 52).

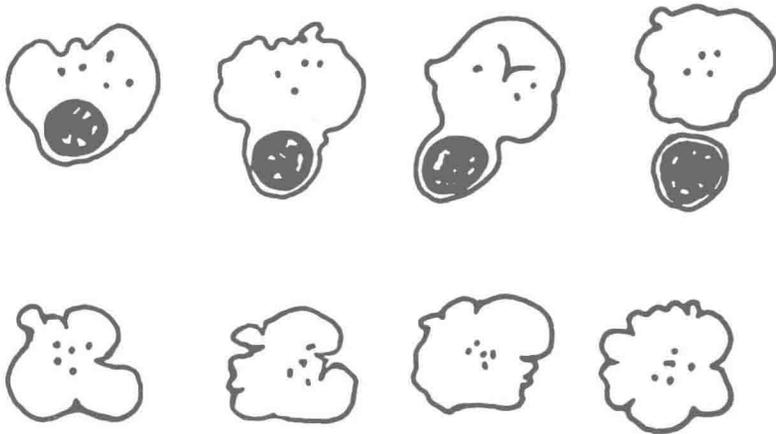


Abb. 1. — Enukleation eines Erythroblasten. Untere Reihe: Bewegungen eines Retikulozyten unmittelbar nach der Ausstoßung des Kernes. (Nach einem Film).

2. Weiße Zellen

Granulozyten. Wie die anderen Arten der Leukozyten verändern auch die Granulozyten, die im Blutstrom kugelförmig sind, ihre Form, sobald sie auf eine feste Oberfläche treffen, auf der sie dann kriechen. Die Formen, die sie annehmen können, sind sehr vielfältig, weil Zellkern und Zytoplasma außerordentlich plastisch sind (siehe Abb. 4-11). Die weißen Blutzellen bewegen sich wie Amöben, wie viele Autoren und erst kürzlich DE BRUYN (16-19) festgestellt haben.

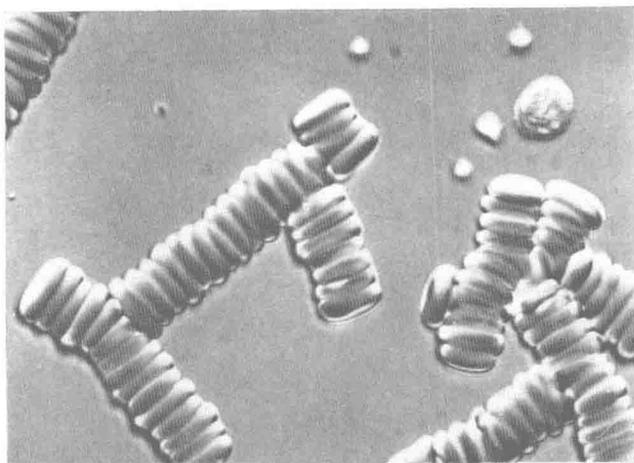


Abb. 2 — Bild von Erythrozytenrollen im Interferenzkontrastmikroskop (NOMARSKI-System). Beachte das Fehlen eines Hofes um die Zellen in diesem dicken Präparat.

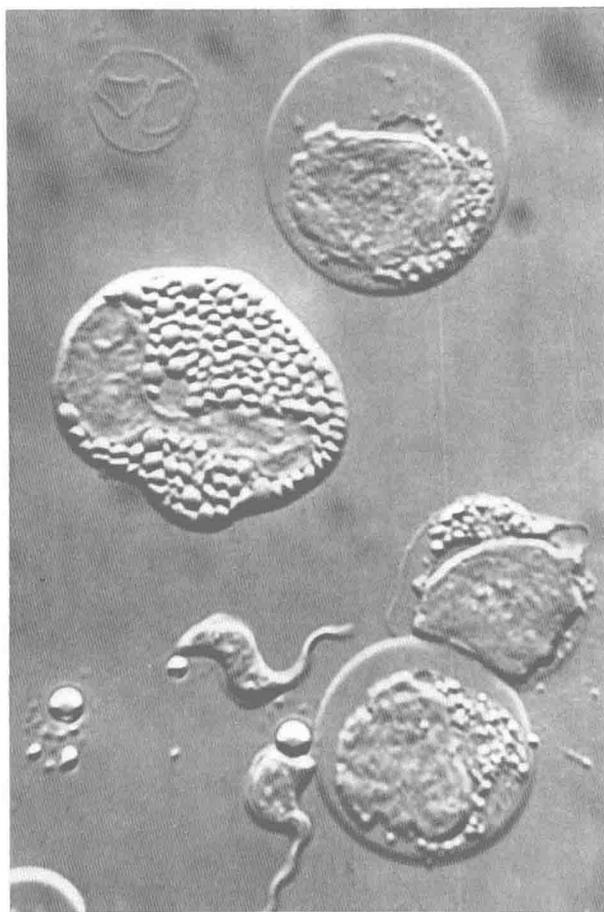


Abb. 3 — Bild verschiedener Zellen im Interferenzkontrastmikroskop (NOMARSKI-System). Mitte: Eosinophiler Granulozyt, umgeben von drei gerade in Lyse begriffenen Lymphozyten. (Beachte die juxtanukleäre Vakuole.) Unten: Zwei Trypanosomen (Blut eines mit Trypanosomen infizierten Meeresschweinchens).

Wenn sich ein Granulozyt bewegt, scheint sein Kern vollkommen passiv und seine Konsistenz flüssig zu sein. Der Zellkern ist außerordentlich plastisch und paßt sich den Unebenheiten jeder rauhen Oberfläche, über die der Granulozyt gleitet, an. Bei der Fortbewegung eines Leukozyten bleibt dessen hinterer Teil fest an der ihn tragenden Oberfläche haften und bewegt sich nur allmählich von demselben fort, wobei er manchmal bei diesem Prozeß zerbricht. Dies zeigt seine große Sprödigkeit. Dieser hintere Teil, der „Schwanz“ des sich bewegenden Leukozyten, ist vor allem von SENDA (59) untersucht worden. Die Bewegungsgeschwindigkeit der Granulozyten variiert zwischen 19,39 und 36 Mikren je Minute bei 37° C (33). JOLLY und COMANDON (23, 36) zeigten, daß diese Geschwindigkeit sich mit der Temperatur verändert. Nach FRÉDÉRIC und ROBINEAUX (30) können sich Granulozyten nicht nur durch Ausstrecken ihrer wohlbekannten Pseudopodien fortbewegen, sondern auch mittels dünner, blattartiger Auslappungen.

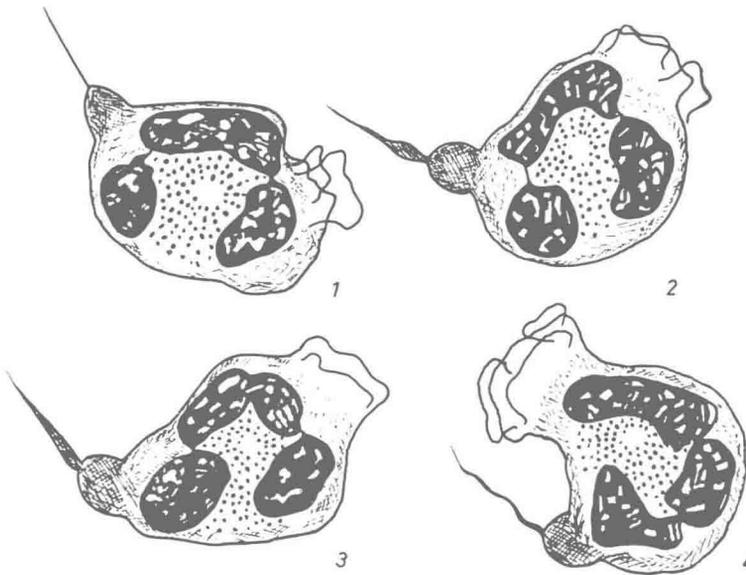


Abb. 4. — Fortbewegung eines Granulozyten. Beachte den Schleier in der vorderen Region und den ziemlich rigiden „Schwanz“ im hinteren Teil. Beachte ferner die Lokalisation des Centrosoms im Zentrum der Zelle und die Anordnung der das Centrosom umgebenden Kernteile. (Nach einem Film).

Spontane Ausbreitung der Granulozyten. Wie bestimmte andere Histozyten besitzen auch die Granulozyten die Fähigkeit, sich auf bestimmten Oberflächen auszubreiten (7). Gewisse extrazelluläre Bedingungen spielen bei diesem Phänomen eine wichtige Rolle. Das *Milieu* (normale Salzlösung ist günstiger als Plasma) und die Art der *Oberfläche* (nicht benetzbare Oberflächen, Plastik) beeinflussen die Ausbreitung. Die solcherart ausgebreitete Zelle ist besonders gut zur Beobachtung geeignet: Die Granula sind gewöhnlich in einer einfachen Lage ausgebreitet, der Kern ist gut erkennbar, die Zelle unbeweglich und der durch den Phasenkontrast ver-

ursachte Hof ist infolge der Dünne des Präparates auf ein Minimum reduziert (Abb. 5).

Intrazytoplasmatische Bewegungen. Von allen intrazytoplasmatischen Bewegungen sind sicherlich die Bewegungen des Zellzentrums am bemerkenswertesten (11, 44, 45). Das Zellzentrum erscheint ungekörnert und blasser als das umgebende Zytoplasma und mißt 0,5 bis 1 Mikron. Die benachbarten Granula sind strahlenförmig angeordnet. Dieses Zentrum bewegt sich in der Konkavität des Kernes mit einer

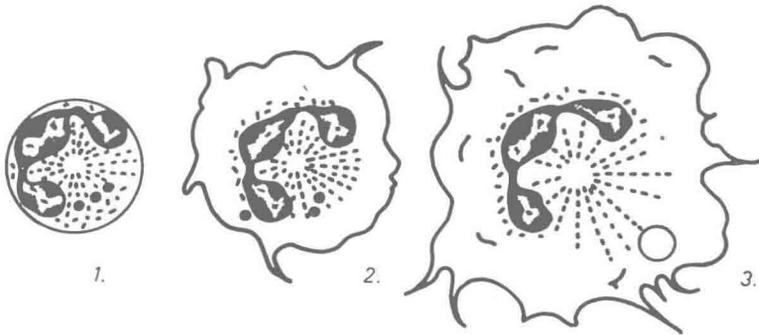


Abb. 5. — „Ausbreitung“ eines polymorphkernigen Granulozyten. Ein polymorphkerniger Neutrophiler breitet sich in wenigen Minuten aus.

In ausgebreitetem Zustand kann man leicht die neutrophilen Granula, die Mitochondrien und die Vakuolen beobachten. (Nach einem Film).

Periodendauer von ungefähr 30 Sekunden und einer wechselnden Amplitude (zwischen 5 und 10 Mikren) hin und her. Der Kern ordnet sich den Bewegungen dieses Zentrums unter und wird von diesem weggeschoben und sogar deformiert (Abb. 6).

Vakuolen. Bei den Granulozyten sind vier Arten von Vakuolen beschrieben worden (wenn man die Lipoidkörperchen zu den Granula zählt): 1. Die Neutralrotvakuolen, 2. die Degenerationsvakuolen, darunter die internukleozytoplasmatischen Vakuolen (DUSTIN [27], BESSIS [6]), 3. die Pinozytose-Vakuolen (LEWIS [39]) und

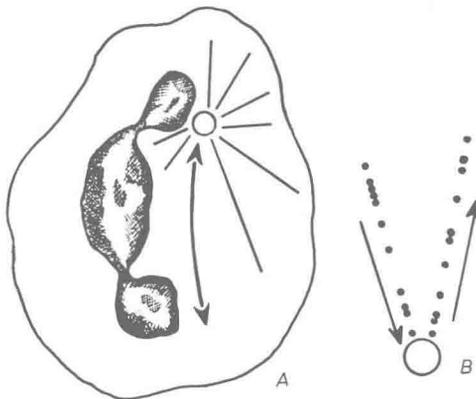


Abb. 6. A. Die Bewegungen des Zentrosomos in ihrem Verhalten zum Kern. B. Die Bewegung des Granulums im Aster. Die Punkte bezeichnen gleiche Zeitintervalle.

4. die kontraktile Vakuolen. Auch die von Richter (54) beschriebenen sekretorischen Vakuolen müssen hier erwähnt werden. Die beiden letzteren Arten wollen wir im folgenden kurz besprechen.

BESSIS und LOCQUIN (11) wiesen auf den kontraktile Charakter bestimmter zytoplasmatischer Vakuolen in den Granulozyten hin. Kinematographisch konnten diese Beobachtungen bestätigt und das Vorhandensein solcher Vakuolen auch in Blutplättchen nachgewiesen werden. Gewöhnlich findet man ein oder zwei dieser Vakuolen, selten mehr. Zu ihrer Ausdehnung brauchen sie verschieden lang, gewöhnlich 10-12 Minuten. Sobald sie eine beträchtliche Größe erreicht haben (etwa 2 Mikren im Durchmesser), ziehen sie sich plötzlich innerhalb 10-15 Sekunden zusammen und scheinen dabei ihren Inhalt in die Umgebung auszustoßen.

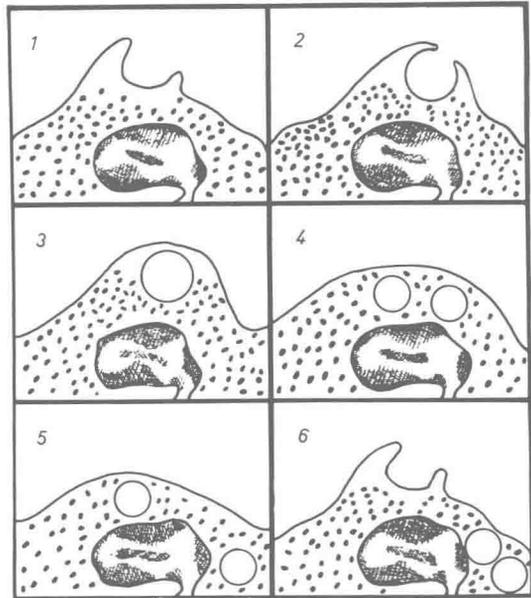


Abb. 7. — Pinozytose eines polymorphkernigen Neutrophilen.

Pinozytose. Mit diesem Ausdruck wird eine spezielle Art der Vakuolenbildung bezeichnet (Abb. 7). Die Zellperipherie sendet hierbei Fortsätze aus, welche dann konvergieren und kleine Vakuolen bilden, die nach und nach in das Zytoplasma eindringen. Es stellt dies eine besondere Art der Absorption von Flüssigkeiten und großen Molekülen dar. Die Pinozytose muß eine lebenswichtige physiologische Rolle spielen und kann bei vielen Arten von Zellen beobachtet werden (32). Erst kürzlich wurde gezeigt, daß sie durch Anwesenheit von Albumin, Laktoglobulin und Gamma-globulin verstärkt wird (21).

Lymphozyten. Im Gegensatz zu den Behauptungen vieler Autoren zeigen auch die Lymphozyten aktive Beweglichkeit. Sie bewegen sich ebenso schnell wie die Granulozyten (etwa 35 Mikren pro Minute), aber ohne große Formveränderungen. Der in Bewegung befindliche Lymphozyt sieht oft wie ein Handspiegel aus (16-19, 53) (Abb. 8). Das gleiche gilt für die Plasmazellen (12). Die Lymphozyten haben

nicht die Fähigkeit der Ausbreitung, gleichgültig in welchem Milieu oder auf welcher Oberfläche sie sich befinden. Diese Tatsache steht zweifellos mit dem Fehlen der Phagozytose in Verbindung.

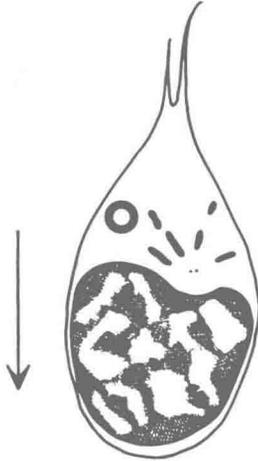


Abb. 8. — Lymphozyt im Phasenkontrastmikroskop. Beachte die Lage der Zentriolen, des Zentrosoms, des Gall'schen Körperchens und der kaudalen Filamente.

Die intrazytoplasmatischen Bewegungen der Lymphozyten sind sehr lebhaft. Die Mitochondrien und Vakuolen der Lymphozyten unterscheiden sich in nichts von denen anderer Zellen. Das Zentrosom berührt den Kern, welcher sich an dasselbe anschmiegt und dadurch leicht deformiert wird. Die kleine „Kerbe“ im Kern des Lymphozyten wird durch eine durch das Zentrosom hervorgerufene Einbuchtung in der Oberfläche des Zellkernes verursacht. Die Mikrokinematographie mit beschleunigter Geschwindigkeit zeigt dies eindeutig. Auf solchen Filmen erscheint der Kern immer sehr leicht verformbar, weil er ständig seine Gestalt verändert. Im Gegensatz dazu scheint das Zellzentrum viel stabiler und mechanischen Einflüssen gegenüber viel widerstandsfähiger zu sein.

Monozyten. In Gewebskulturen zeigen die Monozyten dieselbe Art der Bewegung wie die Histozyten. Dies ist nicht verwunderlich, weil diese zwei Zellen sehr nahe verwandt, wenn nicht sogar identisch sind. Die für die Histozyten und Makrophagen charakteristischen Bewegungen sind gut bekannt und seit vielen Jahren von POLICARD (43), CARREL (20), LISON (41), FAURÉ-FRÉMIET (28), André THOMAS (64), TOMPKINS (65, 66), CHÈVREMONT (22) und anderen untersucht worden.

Der Histozyt und der Monozyt zeigen bei Bewegung im allgemeinen eine dreieckige Form. Eine der Ecken befindet sich hinten. In der Nähe der Ecken erscheinen die typischen Schleier. Monozyten können durch das Vorhandensein dieser Schleier unterschieden werden. Diese scheinen sogar auch dann auf, wenn die Zelle nicht an der Unterlage haftet. Monozyten haben eine starke Tendenz sich auf Glas auszubreiten, im Gegensatz zu den Granulozyten, die sich, wie wir gesehen haben, viel rascher auf Plastik oder einer nicht benetzbaren Oberfläche ausbreiten.

Plasmazellen. Das Phasenkontrastmikroskop hat die Beobachtung des Ergastoplasmas (endoplasmatisches Retikulum) lebender Plasmazellen ermöglicht (60-62). Dieses erscheint als ein Netz von kleinen Seen und Kanälchen, die parallel um den Zellkern und das Zellzentrum angeordnet sind (Abb. 9). Bei Kompression der Zellen oder bei deren Autolyse schwellen diese Seen an und werden zu runden Vakuolen. Weiter können auch die Bildung von RUSSELSCHEN Körperchen und Kristallen sowie die Ausstoßung von Vakuolen aus dem Kern (62) beobachtet werden.

Phagozytose. Die Phagozytose von Bakterien ist kürzlich mit Hilfe neuer Techniken, speziell von FRÉDÉRIC und ROBINEAUX (30), ROBINEAUX (55, 57), PULVERTAFT (48-50) und POLLACK (47) untersucht worden. WILSON (67) beschreibt die Ausstos-

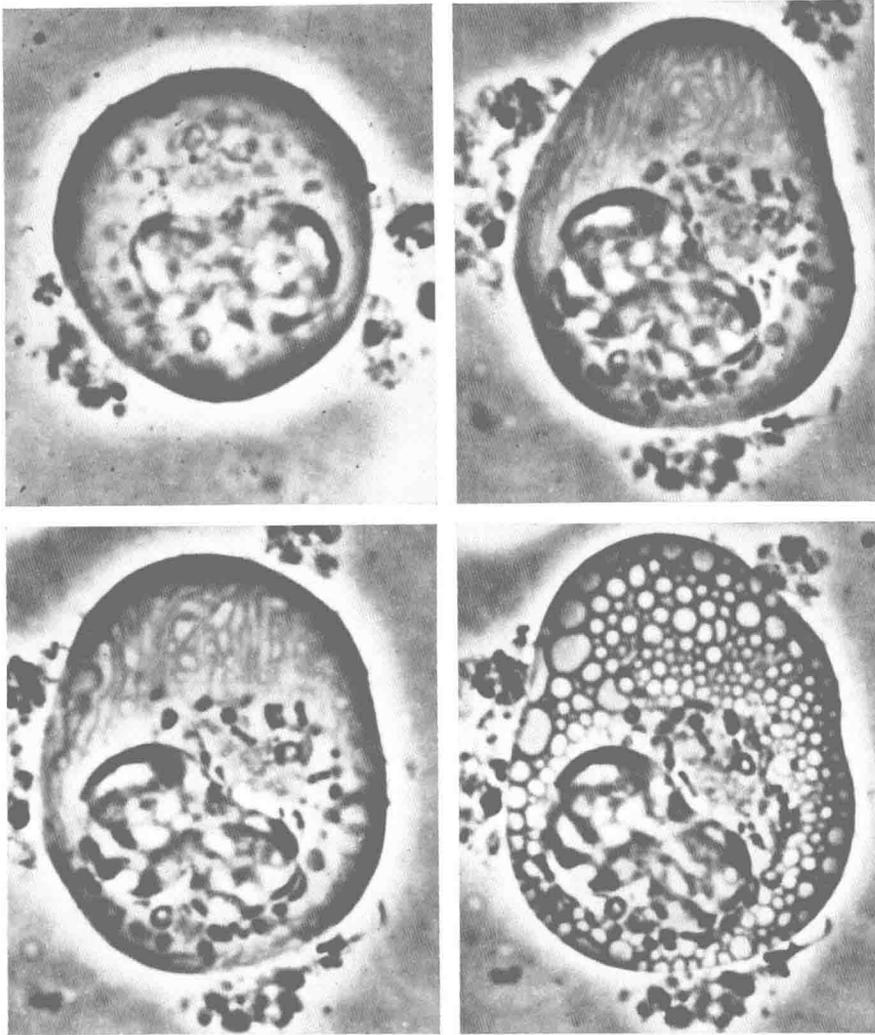


Abb. 9. — Plasmazelle in fortschreitender Autolyse (Phasenkontrast). Zunehmendes Auftreten ergoplasmatischer Seen, die größer werden und schließlich die für diese Zelle charakteristischen Vakuolen bilden. (Nach THIERY).

sung von Bakterien nach ihrer Verdauung. ROBINEAUX und NELSON (58) berichten über das seltsame Phänomen der Phagozytose von Bakterien, welche durch Immunoabhängenz an Erythrozyten haften. Die Granulozyten greifen dabei nur die Bakterien an und nehmen sie sofort auf, lassen aber den Erythrozyten intakt. *Die Phagozytose von Mineralien* ist kürzlich von POLICARD und COLLET (46) untersucht worden. Ihre Beobachtungen sind im Hinblick auf die Rolle, die dieses Phänomen bei der Entstehung der Silikose spielt, von besonderem Interesse. Kohle, siliziumdioxidfreies

Kaolin, Feldspat und rotes Eisenoxyd aus England können in großen Mengen phagozytiert werden, ohne daß es dadurch zu einer wesentlichen Schädigung der Zelle oder deren Beweglichkeit kommt. Quarz, Glimmer, Kalkspat, Flußspat und besonders amorphes Siliziumdioxyd hingegen sind in submikroskopischen Teilchen sehr schädlich.

Die Phagozytose alter Zellen oder von Zellen, die durch einen Antikörper sensibilisiert wurden, ist ein wohlbekanntes Phänomen, welches in der Immunhämatologie eine wesentliche Rolle spielt. Die Phasenkontrastmikroskopie hat hier ein detailliertes Studium ermöglicht, und im folgenden soll kurz darüber berichtet werden. Für die Phagozytose eines Erythrozyten oder Zellstromas scheint sein vorheriges Haften an einer umschriebenen Stelle der Leukozytenoberfläche notwendig zu sein. Dies ist eine Tatsache, die für alle Arten der Phagozytose gilt. Ohne dieses Anhaften stoßen die hyaloplasmatischen Schleier den Erythrozyten zurück und können

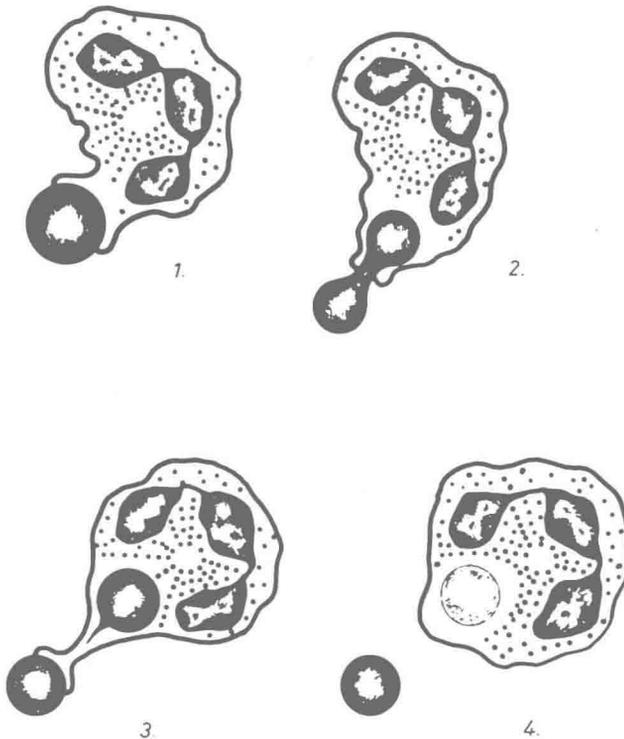


Abb. 10. — Phagozytose und Spaltung eines Erythrozyten: (1) Der Erythrozyt haftet am Zellzytoplasma; (2) die Spaltung beginnt; (3) die Spaltung ist beendet; (4) ein Fragment bleibt frei im Plasma, während das phagozytierte Fragment einer intrazytoplasmatischen Hämolyse unterworfen wird. (Nach einem Film).

ihn nicht umhüllen. Zuweilen kann der Schleier den Erythrozyten auch in zwei Teile schneiden. Die Beobachtung, daß diese Teilung nicht von einer Hämolyse begleitet ist, bestätigt die bereits früher von der Mikromanipulation her bekannten diesbezüglichen Ergebnisse.

Diese und andere Beobachtungen scheinen darauf hinzudeuten, daß dieses Phänomen weit verbreitet vorkommt. Dies könnte auch die altbekannte Tatsache erklären, daß in Zellen, die phagozytierte Erythrozyten enthalten, letztere oft in ihrer Größe