

Ulrike Kaiser

Transfusions- medizin für Technische Assistenten

Für Ausbildung, Prüfung und Praxis

2. Auflage



Springer

Transfusionsmedizin für Technische Assistenten

Ulrike Kaiser

Transfusionsmedizin für Technische Assistenten

Für Ausbildung, Prüfung und
Praxis

2. Auflage

Mit 22 teilweise farbigen Abbildungen

 Springer

Ulrike Kaiser
Klein Trebbow, Deutschland

ISBN 978-3-662-66541-1 ISBN 978-3-662-66542-8 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-66542-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2019, 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Fotonachweis Umschlag: (c) toeytoey/stock.adobe.com
Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Planung/Lektorat: Anna Krätz

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Geleitwort

Liebe Leserinnen und Leser,

ich wünsche Ihnen mit dem vorliegenden Buch viel Freude und Erfolg.

Mein Ziel beim Verfassen dieses Buches war es, ein verständliches und strukturiertes Buch für Schüler, Studenten und interessierte Laien zu verfassen.

Ich hoffe, damit die Ausbildung in der technischen Assistenz zu verbessern und einer breiten Öffentlichkeit eine Vorstellung von der Transfusionsmedizin zu vermitteln.

Klein Trebbow, Deutschland
im Frühjahr 2019

Ulrike Kaiser

Einleitendes Vorwort

In einem Land mit alternder Bevölkerung, wird die medizinische Versorgung der Bürger immer wichtiger. Es gilt, einen Kompromiss zwischen Kostendruck und medizinischer Notwendigkeit zu finden.

Aufgrund des steigenden Alters der Bevölkerung, hat Deutschland in den letzten Jahren auch einen Anstieg an Erkrankungen des hämatologisch-onkologischen

Formenkreises zu verzeichnen. Diese gehen oftmals mit einem hohen Verbrauch an Blutprodukten einher, während gleichzeitig die Zahl der potenziellen Spender kontinuierlich sinkt. Um dennoch alle Patienten kunstgerecht versorgen zu können, bedarf es großer Anstrengungen und guten Fachwissens sowohl auf ärztlicher als auch auf technischer Seite. Dieses Fachwissen zu stärken und Bewusstsein für die Fallstricke des immunhämatologischen Arbeitens zu schaffen, habe ich mich in diesem Buch bemüht.

Es war mir dabei ein Anliegen, die Immunhämatologie nicht nur wie es bereits in vielen Lehrbüchern geschehen ist, von der ärztlichen Seite aus zu betrachten, sondern vor allem die Tätigkeiten der technischen Assistenz in den Laboren in das Zentrum zu stellen. Damit will ich der MTA ein praktisches Nachschlagewerk an die Hand geben.

Klein Trebbow, Deutschland

Ulrike Kaiser

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Heiko-Gundmar Lestin, den ich als Lektor gewinnen konnte und der das Buch freundlicherweise für mich redigiert hat.

Inhaltsverzeichnis

Teil I Grundlagen und Biochemie

1	Geschichte der Transfusionsmedizin	3
2	Bedeutung der Transfusionsmedizin für die moderne Medizin	5
3	Ausblick in die Zukunft der Transfusionsmedizin	7
4	Bestandteile des peripheren Blutes	9
5	Überblick über das Immunsystem	13
6	Aufbau eines Erythrozyten	15
7	Aufbau der Zellmembran	19
8	Biochemie der Blutgruppen	21
9	Das Antigen	23
9.1	Nullphänotyp	26
9.2	Dosiseffekt	28
9.3	Antigene und ihre Funktionen	31
9.4	Frequenz von Antigenen in der Bevölkerung	31
10	Der Antikörper	33
10.1	Isoagglutinine	34
10.2	Antikörperklassen (Tab. 10.2)	35
10.3	Temperaturamplitude von Antikörpern	38

11	Mechanismus der Antikörperbildung	41
12	Antigen-Antikörper-Reaktion	43
13	Genetische Grundlagen	45
14	Blutgruppe und Evolution	49
Teil II Blutgruppensysteme		
15	Überblick über die Blutgruppensysteme – Was macht eine Blutgruppe aus?	53
16	Das AB0-System	55
16.1	Vererbung	56
16.1.1	Bombay-Typ	56
16.2	Antigene	58
16.2.1	A-Untergruppen	59
16.2.2	B-Untergruppen	60
16.2.3	Lost A	61
16.3	Antikörper	61
16.4	Medizinische Bedeutung	62
16.4.1	Universalspenderschema Erythrozytenkonzentrate	63
16.4.2	Universalspenderschema Plasma (Abb. 16.3)	64
17	Das Rh-System	65
17.1	Vererbung	65
17.2	Antigene	66
17.3	Besonderheiten	68
17.3.1	Rh _{null} -Syndrom	68
17.4	Antikörper	68
17.4.1	Anti-D	69
17.4.2	Anti-C	69
17.4.3	Anti-C ^w	69
17.4.4	Anti-c	70
17.4.5	Anti-E	70
17.4.6	Anti-e	70
17.5	Medizinische Bedeutung	71

18	Das Kell-System	73
18.1	Vererbung	73
18.2	Antigene	74
18.3	Antikörper	74
	18.3.1 Anti-Kell	74
	18.3.2 Anti-Cellano	75
18.4	Medizinische Bedeutung	75
	18.4.1 McLeod-Syndrom	75
19	Das Kidd-System	77
19.1	Vererbung	77
19.2	Antigene	77
19.3	Antikörper	77
19.4	Medizinische Bedeutung	78
20	Das MNSs-System	79
20.1	Vererbung	79
20.2	Antigene	79
20.3	Antikörper	80
	20.3.1 Anti-M	80
	20.3.2 Anti-N	80
	20.3.3 Antikörper gegen S und s	80
20.4	Medizinische Bedeutung	80
21	Das P-System	81
21.1	Vererbung	81
21.2	Antigene	81
21.3	Antikörper	81
	21.3.1 Anti-P ₁	81
	21.3.2 Anti-Tj ^a	82
21.4	Medizinische Bedeutung	82
22	Das Duffy-System	83
22.1	Vererbung	83
22.2	Antigene	83
22.3	Antikörper	84
	22.3.1 Anti-Fy ^a	84
	22.3.2 Anti-Fy ^b	84
22.4	Medizinische Bedeutung	84

Teil III Testverfahren

23	Laborausstattung und Methoden der Immunhämatologie	87
23.1	Lupe	88
23.2	Lichtkasten	89
23.3	Mikroskopische Ablesung	89
23.4	Abseren	90
23.5	Mischfeldagglutination	90
23.6	Chimärismus	92
23.7	Das Prozonophänomen	93
23.8	Bedside-Test	93
23.9	Lektine	94
23.10	Erzeugung von Antikörpern für die Immunhämatologie	94
23.11	Hybridom-Technik	95
23.12	Testzellen	96
23.13	Die Agglutinationsreaktion als Grundlage der Immunhämatologie	96
23.14	Arbeiten mit Bioplates/Tüpfelplatten	96
23.15	Arbeiten mit Röhrchentests	97
23.16	Arbeiten mit Mikrotiterplatten	97
23.17	Arbeiten mit Säulenagglutinationsverfahren	98
23.18	Arbeiten mit Gelkarten	98
24	Inkubationsbedingungen	101
24.1	Inkubationszeiten	101
24.2	Temperaturen	102
24.3	Milieus	102
25	AbleSEN von Ergebnissen	105
25.1	AbleSEN von Bioplates/Tüpfelplatten	105
25.2	AbleSEN von Röhrchentests	106
25.3	AbleSEN von Mikrotiterplatten	106
25.4	AbleSEN von Gelkarten	108
25.5	Zentrifugation vor der Anwendung	110
25.6	Zweitablesung	111

26	Coombs-Test	113
26.1	Aufbau eines Coombs-Serums.	115
26.2	Herstellung von Antihumanglobulinen	116
27	Bestimmung AB0-Blutgruppen	117
27.1	Eryeigenschaften	117
27.1.1	Anti-A	117
27.1.2	Anti-B.	117
27.1.3	Anti-AB	118
27.2	Serumgegenprobe	118
27.3	Testzellen für die Serumgegenprobe selbst herstellen	120
28	Besonderheiten AB0	123
29	Antikörpersuchtest	127
29.1	Zetapotenzial	129
29.2	NaCl-Phase	129
29.3	Supplement/LISS-Phase	130
29.4	Enzymphase	130
29.5	AHG-Phase	131
29.6	Suchzellen für den Antikörpersuchtest selbst herstellen	131
29.7	Auswertung eines Antikörpersuchtests	134
30	Antikörperdifferenzierung	135
30.1	Antigenmuster für Suchzellen zur Anti- körperdifferenzierung.	136
30.1.1	Lu-Lutheran (Tab. 30.1)	136
30.2	Reaktionsausfall bei der Antikörper- differenzierung eines fiktiven Patienten.	138
31	Kreuzprobe	139
31.1	Majortest	141
31.1.1	Spendererythrozyten und Empfängerserum	141
31.1.2	Durchführung des Majortests.	142
31.2	Minortest	143
31.2.1	Spenderserum und Empfängererythrozyten	143

32	Elution	145
32.1	Morbus Waldenström	146
32.2	Plasmozytom/Multiples Myelom	146

Teil IV Blutprodukte

33	Einfluss von Blutprodukten auf das Immunsystem	151
33.1	Immunmodulation	151
33.2	Negativer Transfusionseffekt	151
33.3	Positiver Transfusionseffekt	152
33.4	Leukozytendepletion	152
33.5	Graft-versus-Host-Reaktion	153
33.6	CMV-Übertragung	153
33.7	Spenderauswahl	154
34	Verarbeitung der Vollblutspende und Apherese	157
35	Indikation zur Anwendung von Blutprodukten	169
36	Erythrozytenkonzentrat	171
36.1	Verarbeitung	171
	36.1.1 Bestrahlung	172
	36.1.2 Erwärmung	172
	36.1.3 Kleinabfüllungen	172
36.2	Merkmale/Formen	173
36.3	Indikation	173
36.4	Lagerung	173
36.5	Haltbarkeit	175
36.6	Nebenwirkungen/unerwünschte Reaktionen	175
37	Plasma	177
37.1	Verarbeitung	178
	37.1.1 Erwärmung	178
	37.1.2 Quarantäne	178
37.2	Merkmale/Formen	180
37.3	Indikation	181
37.4	Lagerung	181

37.5	Haltbarkeit	182
37.6	Nebenwirkungen/unerwünschte Reaktionen	182
38	Plasmaderivate	183
39	Thrombozytenkonzentrate	185
39.1	Verarbeitung	186
39.1.1	Pool-Tk.	186
39.1.2	Apherese-Tk.	186
39.1.3	Bestrahlung	187
39.2	Merkmale/Formen	187
39.3	Indikation	189
39.4	Lagerung	189
39.5	Haltbarkeit	189
39.6	Nebenwirkungen/unerwünschte Reaktionen	191
40	Granulozytenkonzentrate	193
40.1	Verarbeitung	194
40.1.1	Bestrahlung	194
40.2	Merkmale/Formen	194
40.3	Indikation	195
40.4	Lagerung	195
40.5	Haltbarkeit	195
40.6	Nebenwirkungen/unerwünschte Reaktionen	195
41	Eigenblutspende	197
42	Infektionskrankheiten durch Blutprodukte	199
43	Zusammenfassende Übersicht über die Eigenschaften von Blutprodukten	201
43.1	Aussehen von Blutprodukten	201
43.2	Lagerung von Blutprodukten	201
43.3	Haltbarkeit von Blutprodukten.	201

Teil V Klinik und Krankheitsbilder

44	Unerwünschte Wirkungen und Nebenwirkungen	207
44.1	Paul-Ehrlich-Institut.	207
44.2	Das Komplementsystem	208
45	Hämolytische Transfusionsreaktion	213
45.1	Voraussetzung für das Auftreten einer hämolytischen Transfusionsreaktion	213
45.2	Akute hämolytische Transfusionsreaktion.	214
45.2.1	Ätiologie und Pathogenese.	215
45.2.2	Klinik	215
45.2.3	Therapie	216
45.2.4	Laboruntersuchungen.	216
45.3	Verzögerte hämolytische Transfusionsreaktion	216
45.3.1	Ätiologie und Pathogenese.	216
45.3.2	Klinik	217
45.3.3	Therapie	218
45.3.4	Laboruntersuchungen.	218
46	Morbus haemolyticus neonatorum	219
46.1	Ätiologie und Pathogenese	219
46.2	Klinik	222
46.3	Therapie	222
46.3.1	Rhesusprophylaxe	223
46.4	Laboruntersuchungen.	225
	Quellen- und Literaturnachweis	227
	Stichwortverzeichnis	231

Teil I

Grundlagen und Biochemie



Geschichte der Transfusionsmedizin

1

Das Blut ein ganz besonderer Saft ist, wusste nicht nur Johann Wolfgang von Goethe. In allen Kulturen und zu allen Zeiten hat das Blut die Menschen fasziniert, und ihm wurden magische Kräfte zugeschrieben.

Bereits in der Frühzeit der Menschheit konnten die Menschen beobachten, dass starke Blutverluste den Tod nach sich ziehen können.

So überrascht es nicht, dass Blut bereits in der Antike als Heilmittel diente, wenn es auch zumeist äußerlich angewendet oder getrunken wurde.

Im Mittelalter wurden bereits Versuche der Transfusion mit Tierblut unternommen, die allerdings zum Scheitern verurteilt waren.

Erst als durch Karl Landsteiner 1900 das AB0-System entdeckte wurde, begann eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Thema. Seit dieser Zeit entwickelte sich die moderne Transfusionsmedizin stetig weiter.

Die Entwicklung der Transfusionsmedizin war immer wieder aufs Engste auch mit gesellschaftlichen Entwicklungen verbunden. So wurden zum ersten Mal in den Lazaretten des spanischen Bürgerkrieges steril verschlossene Flaschen mit konserviertem Vollblut verwendet.

Dieses Verfahren fand nach dem Ende des Krieges europä- und weltweit auch zivile Anwendung.

Die Nutzung von Blutkonserven in Flaschen hatte gegenüber der Lebendspende entscheidende Vorteile, so beispielsweise die höhere Verfügbarkeit und leichtere Applikation. Hinzu kam, dass die umständlichen nächtlichen Aufrufe entfielen.

In nur etwas mehr als 100 Jahren wurden nicht nur eine Vielzahl von erythrozytären Blutgruppensystemen entdeckt, sondern auch Antigensysteme für alle anderen Blutzellen und Gewebezellen beschrieben.

Gleichzeitig wurde auch, was die Sicherheit des übertragenen Blutes betrifft, immer mehr verbessert. War es in der Frühzeit der Bluttransfusion noch üblich, Blut direkt vom Spender zum Empfänger zu übertragen, ohne Kreuzprobe oder infektiös-serologische Untersuchungen, werden heute die Spender wie auch die verarbeiteten Konserven einer sorgfältigen Kontrolle beziehungsweise Qualitätskontrolle unterzogen.

Dabei waren die Entwicklungen in der Transfusionsmedizin auch immer aufs Engste mit gesellschaftlichen Entwicklungen oder technischen Neuerungen in anderen Bereichen verbunden.

So wurden beispielsweise erstmals im spanischen Bürgerkrieg Blutkonserven in Flaschen in den Lazaretten gelagert, wohingegen mit der Entwicklung besserer Kunststoffe die heute üblichen Spendenbeutel eingeführt wurden.

1900	Entdeckung des AB0-Systems durch Karl Landsteiner
1919	erste Blutbank eröffnet in New York
1925	Handel mit Testseren beginnt
1928	Franz Oehlecker entwickelt die biologische Verträglichkeitsprobe
1930	Landsteiner erhält Nobelpreis für Entdeckung des AB0-Systems
1939	Entdeckung des Rh-Systems
1946	Entdeckung des Kell-Systems
1950	Einführung von Vakuumflaschen für die Blutspende
1955	Entdeckung des Diego-Systems



Bedeutung der Transfusionsmedizin für die moderne Medizin

2

Die Bedeutung der Transfusionsmedizin für die moderne Medizin kann kaum hoch genug eingeschätzt werden. Auch wenn es andere Entwicklungen in der Medizin sind, die die Medien dominieren, hat wohl kaum eine andere Entdeckung im 20. Jahrhundert so zur Verlängerung der Lebenserwartung beigetragen wie die Entdeckung des ABO-Systems durch Karl Landsteiner im Jahre 1900.

Erst die Kenntnis der Blutgruppen und die Möglichkeit, bei Blutverlusten oder Bildungsstörungen Sauerstoffträger zu ersetzen, hat es ermöglicht, komplexere chirurgische Eingriffe durchzuführen oder Chemotherapie und Bestrahlung als Standardtherapien bei onkologischen Erkrankungen zu etablieren.

Auf diese Weise hat die Transfusionsmedizin viele andere Zweige der Medizin befruchtet und darüber hinaus auch zu einem tief greifenderen Verständnis der Wirkungsweise des menschlichen Immunsystems beigetragen.

Mit der weiteren Entwicklung der Transfusionsmedizin und neuen Erkenntnissen der Hämotherapie war es ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts möglich, immer mehr und speziellere Blutprodukte herzustellen.

Durch Einzelfaktorenkonzentrate ist es gelungen, Patienten mit angeborenen oder erworbenen Gerinnungsstörungen ein normales Leben zu ermöglichen.

Mit den verschiedenen Zellkonzentraten besteht heute die Möglichkeit bei Patienten, spezifisch die benötigten Zellen zu ersetzen, ohne den Körper mit Vollblutkonserven zu überlasten.

Durch Verfahren wie die Virusinaktivierung bei Plasma, das sorgfältige Screening auf Infektionserreger, Bestrahlung oder Waschschriffe, ist die Sicherheit der Blutprodukte heute so groß wie niemals zuvor.

Um auch weiterhin eine hochqualitative Versorgung der Patienten mit Blutprodukten zu gewährleisten, ist auch die Ausbildung qualifizierten Personals vonnöten. Dabei spielt nicht nur die Qualifikation des ärztlichen Personals, sondern vor allem auch die des nichtärztlichen medizinischen Personals eine wichtige Rolle.

Diese Qualifikation zu unterstützen, habe ich mir in diesem Buch zum Ziel gesetzt.



Ausblick in die Zukunft der Transfusionsmedizin

3

Kaum eine Entdeckung hat die moderne Medizin im vergangenen Jahrhundert so verändert wie die Entdeckung der Blutgruppen. Erst durch die Option der Blutübertragung wurde es möglich, komplexere chirurgische Eingriffe durchzuführen. Die Müttersterblichkeit konnte ebenfalls unter anderem erst durch die Erkenntnisse der Transfusionsmedizin stark gesenkt werden. Viele Menschen mit angeborenen oder erworbenen Gerinnungsstörungen verdanken ihr Leben den aus Humanplasma hergestellten Plasmaderivaten.

Obwohl das Wissen über die verschiedenen menschlichen Blutgruppensysteme, die dahinter stehenden molekularen Mechanismen und die Herstellung von Blutprodukten seit der Entdeckung des AB0-Systems vor knapp 120 Jahren bereits enorm zugenommen hat, sieht sich die Transfusionsmedizin auch im 21. Jahrhundert großen Herausforderungen gegenüber.

Vor allem in den entwickelten Nationen Europas verbraucht eine rasch alternde Bevölkerung große Mengen an Blutprodukten, während gleichzeitig auch das Spenderkollektiv altert und infolgedessen kleiner wird.

Aus diesem Grund könnte die Entwicklung künstlicher Sauerstoffträger, die unabhängig von menschlichen Spendern in großen Mengen hergestellt werden können, dem drohenden Mangel an Blutprodukten entgegenwirken.

Auch für Entwicklungsländer könnte dies die Lösung vieler Probleme darstellen, da die Erfassung der Spender, Aufbereitung der Spende und korrekte Lagerung der Produkte sowie der Transport in zum Teil entlegene Gegenden, einen hohen administrativen, personellen und technischen Aufwand erfordert, der dort oft nicht gewährleistet ist.

Obwohl künstliche Sauerstoffträger bisher noch nicht in der Therapie eingesetzt werden können, gibt es bereits verschiedene Studien zu diesem Thema, so dass manche Transfusionsmediziner davon ausgehen, dass sie in einigen Jahrzehnten zur Anwendung kommen könnten.

Auch Blutzellen in Zellkulturen herzustellen, wurde bereits in Erwägung gezogen.

Allerdings sind auch hier noch keine Durchbrüche erzielt worden.

Es ist inzwischen möglich, einzelne Gerinnungsfaktoren oder Plasmaproteine gentechnologisch in Bakterien herzustellen, und auf diese Weise die Versorgungssicherheit und den Infektionsschutz von Patienten, die unter angeborenen oder erworbenen Gerinnungsstörungen leiden, erheblich zu verbessern.