

Grundlagen der Immunologie

15. Vorlesung

**Immunglobulinvermittelte humorale
Effektormechanismen**

Hauptstadien der adaptiven Immunantwort

Antigenerkennung



Aktivierung, Differenzierung



Effektorfunktionen

Humorale Effektormechanismen

- **Immunglobulin-vermittelt – spezifisch**
- **Komplement vermittelt - angeboren**

B-Zell Aktivierung

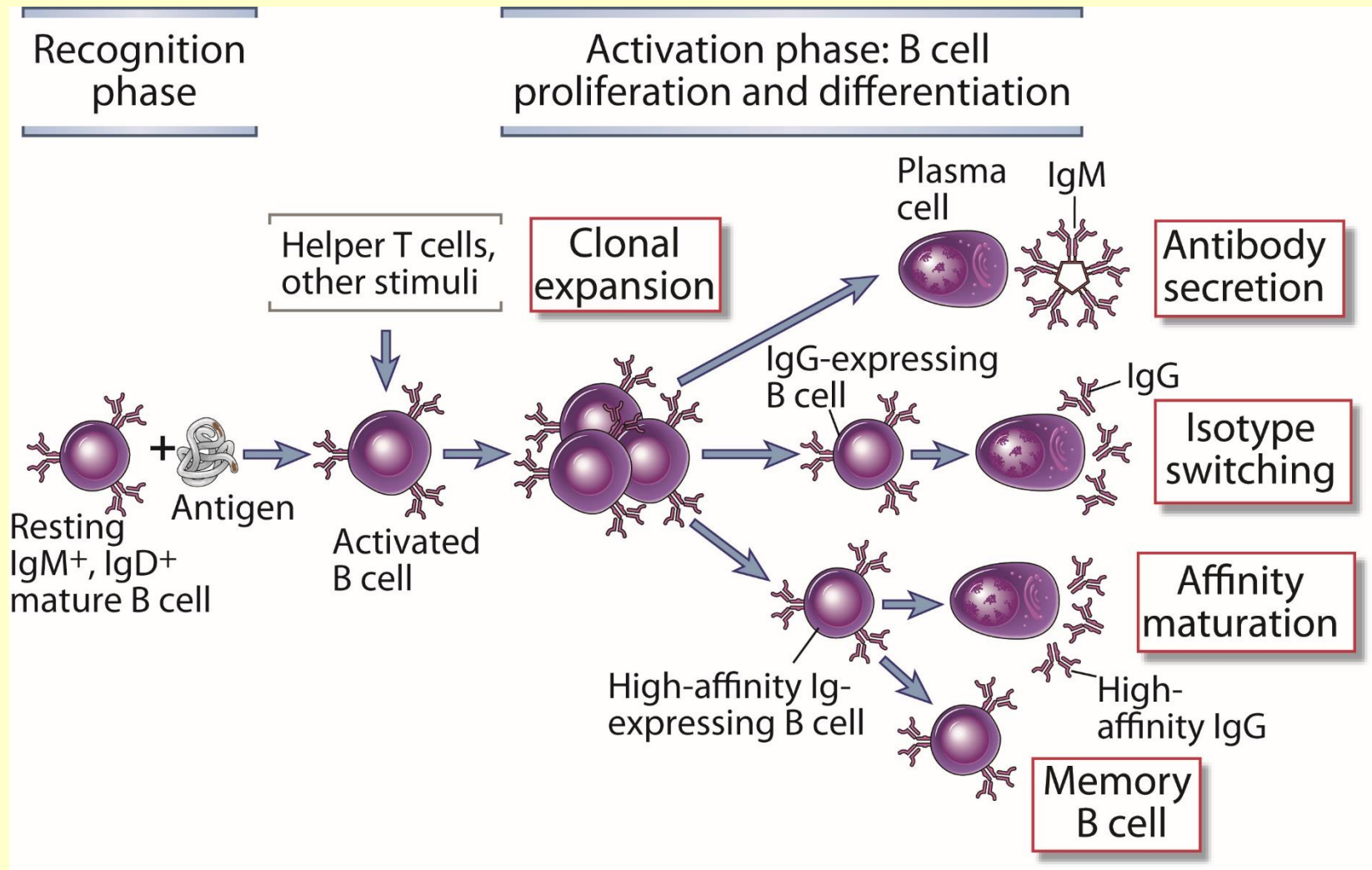


Fig. 11-1

Antikörper Produktion

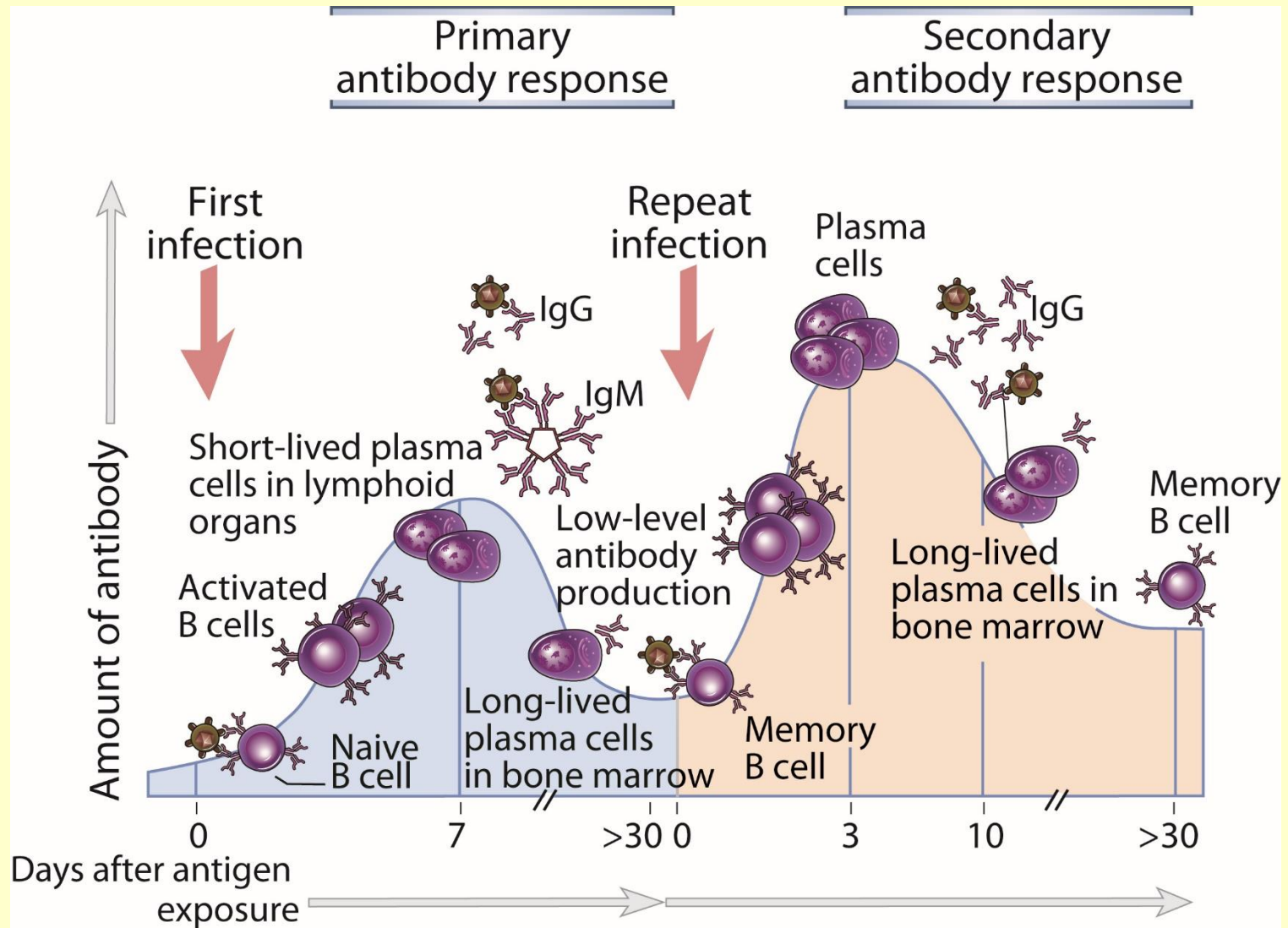
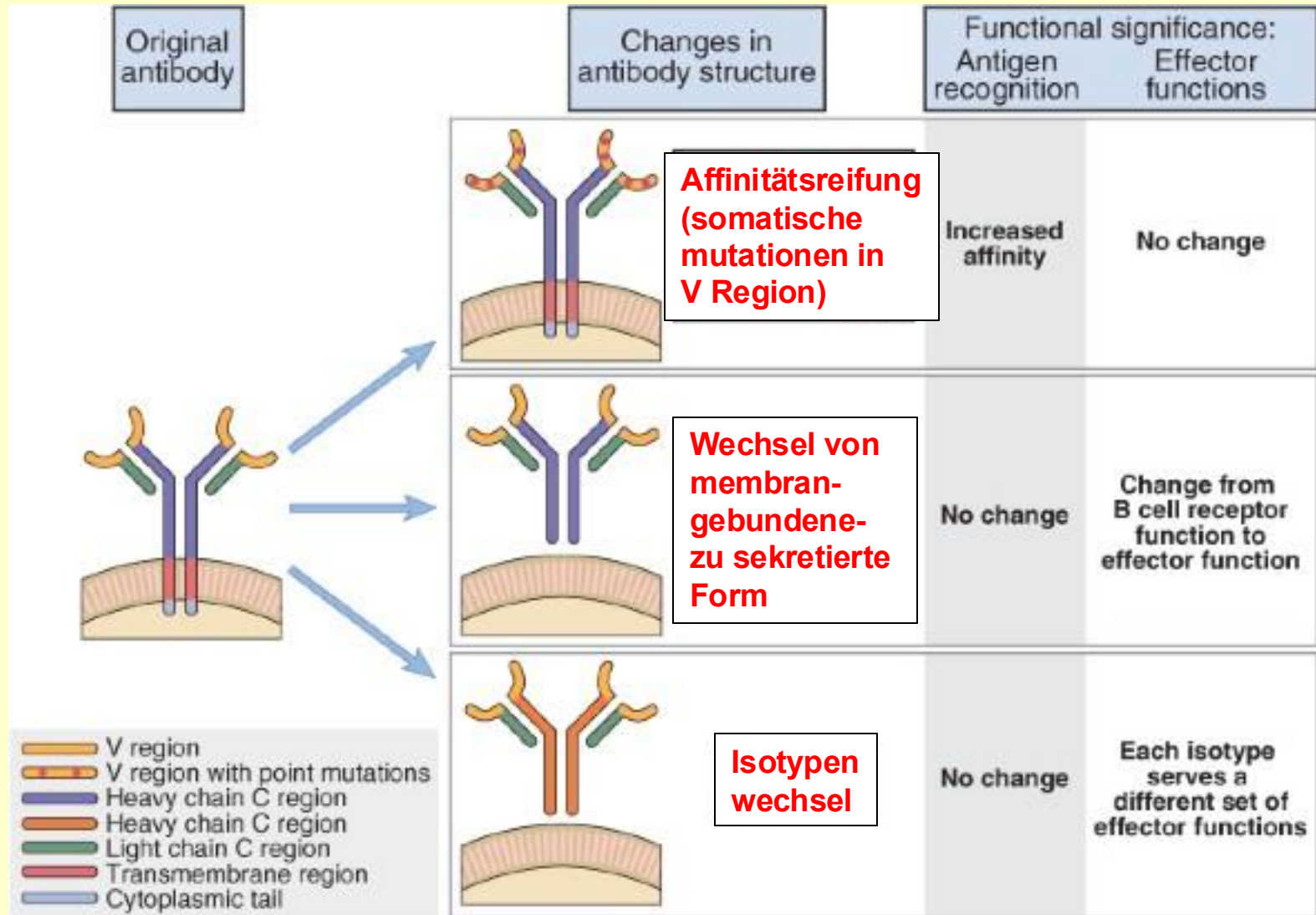
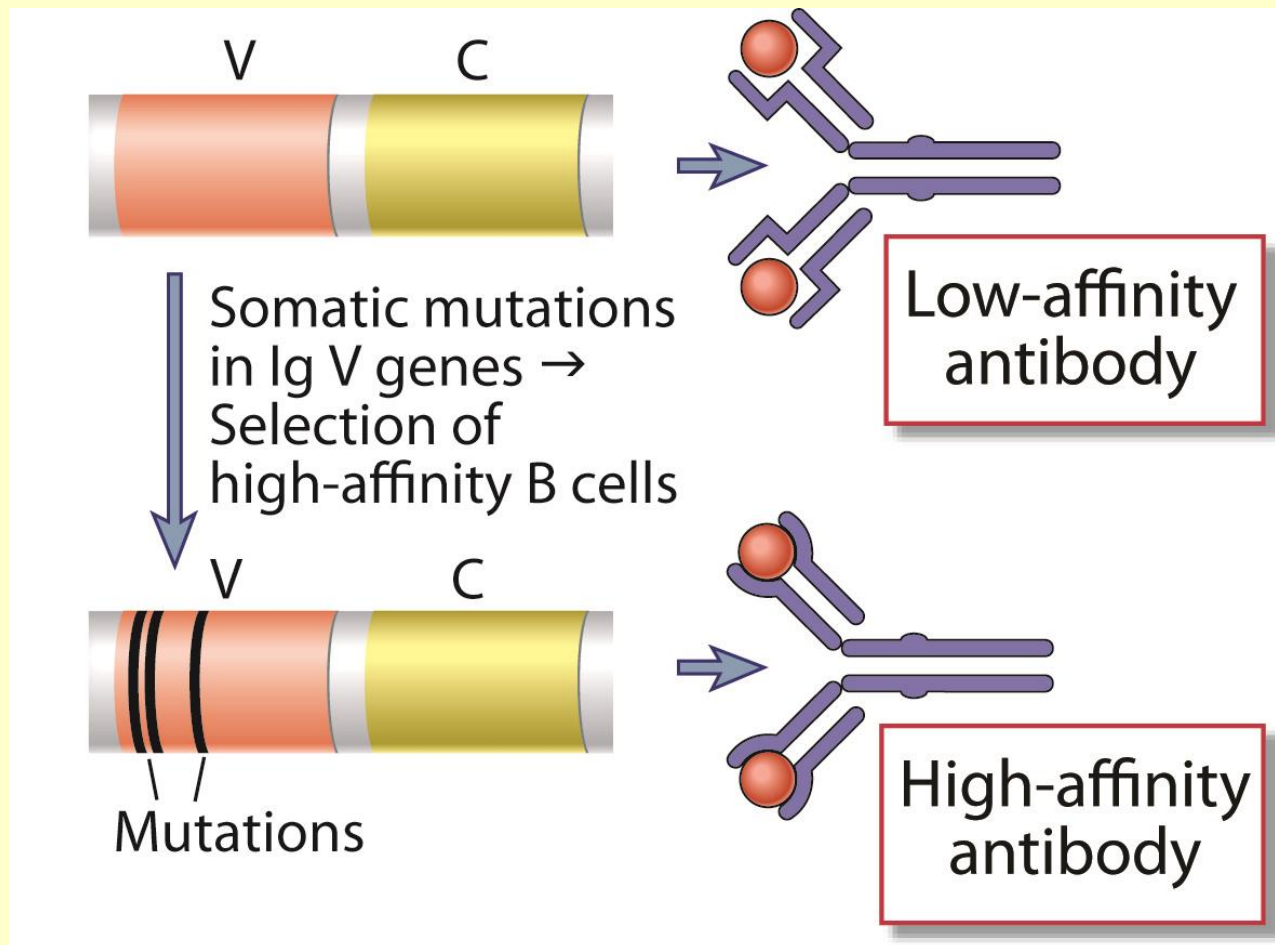


Fig. 11-2

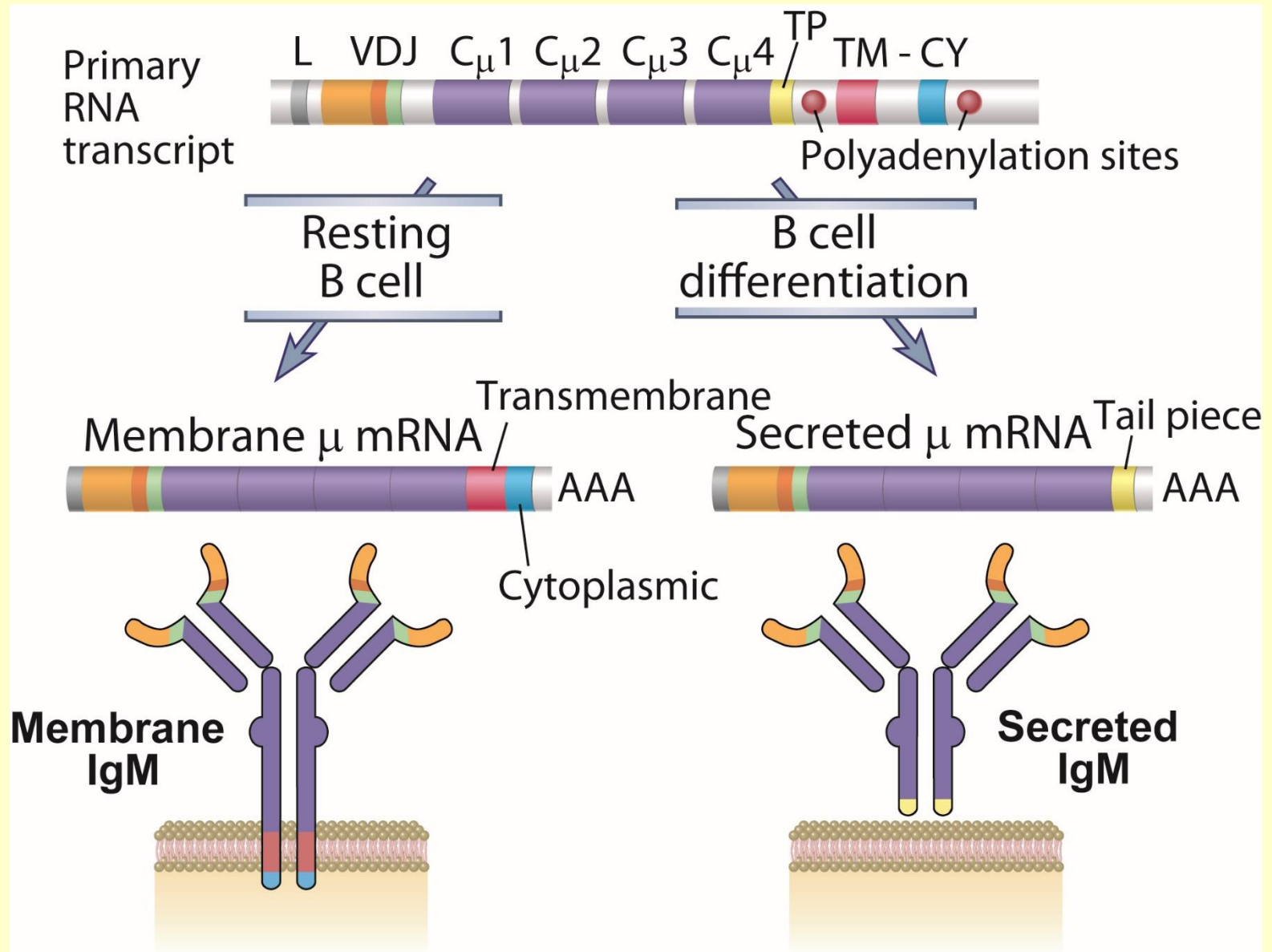
Veränderungen der Antikörper Molekül



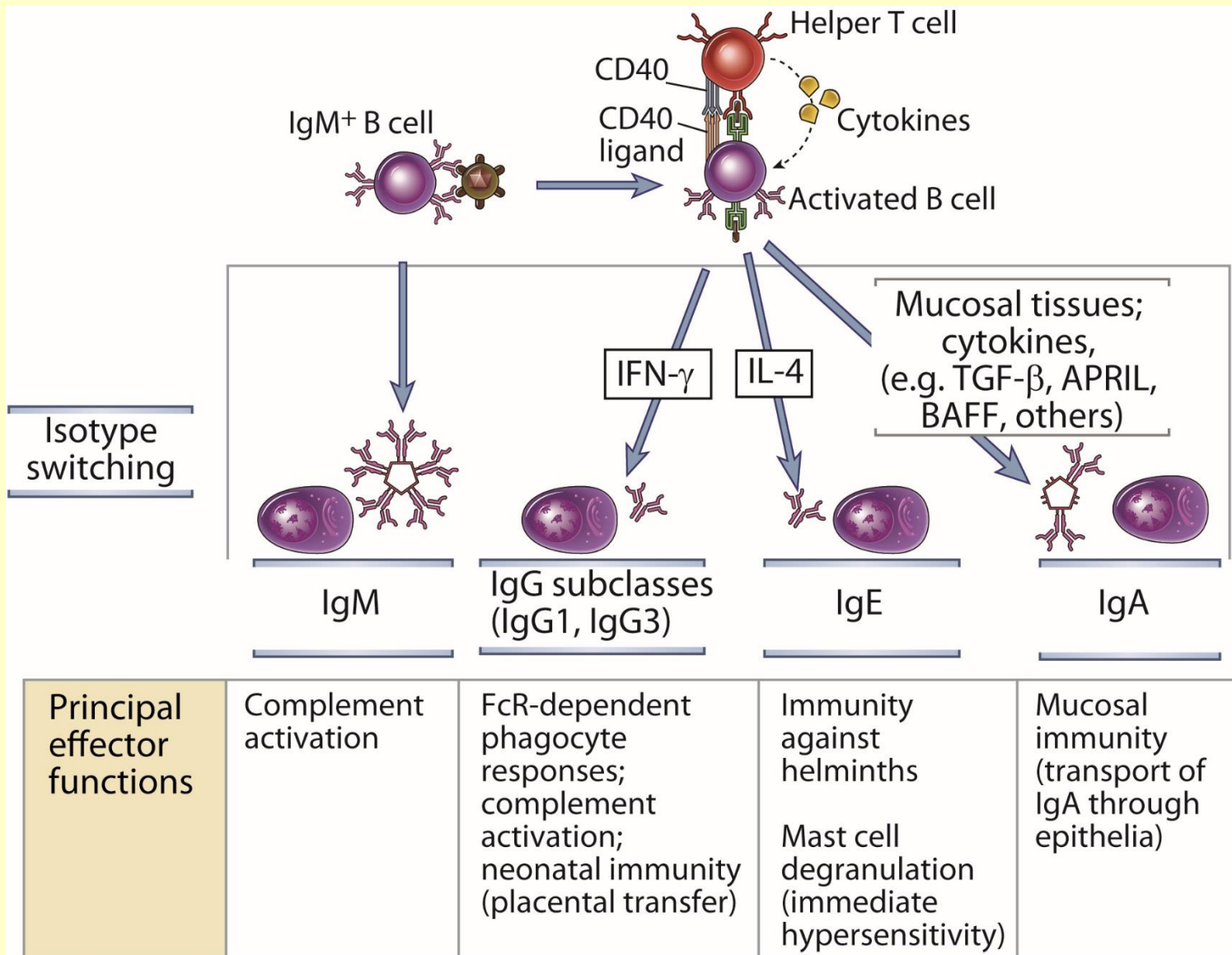
Somatische Hypermuation der variablen Abschnitte der Ig-Gene → Affinitätsreifung



Membran (mlg) oder Sezernierte (slg) Immunoglobulin 2.



Klassenwechsel-Rekombination → Isotypenwechsel



Helper T-Zell Aktivierung der B-Zellen

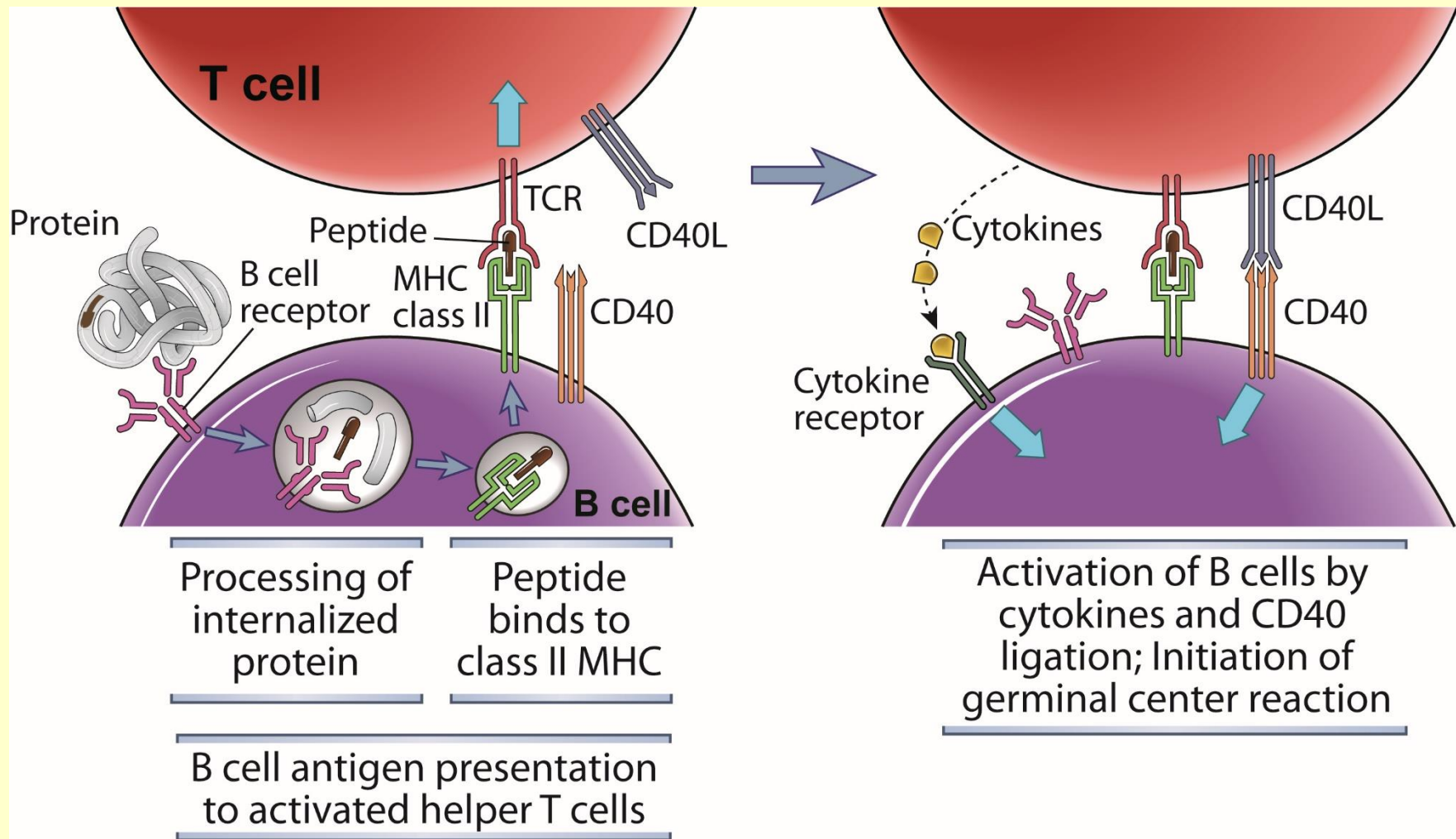
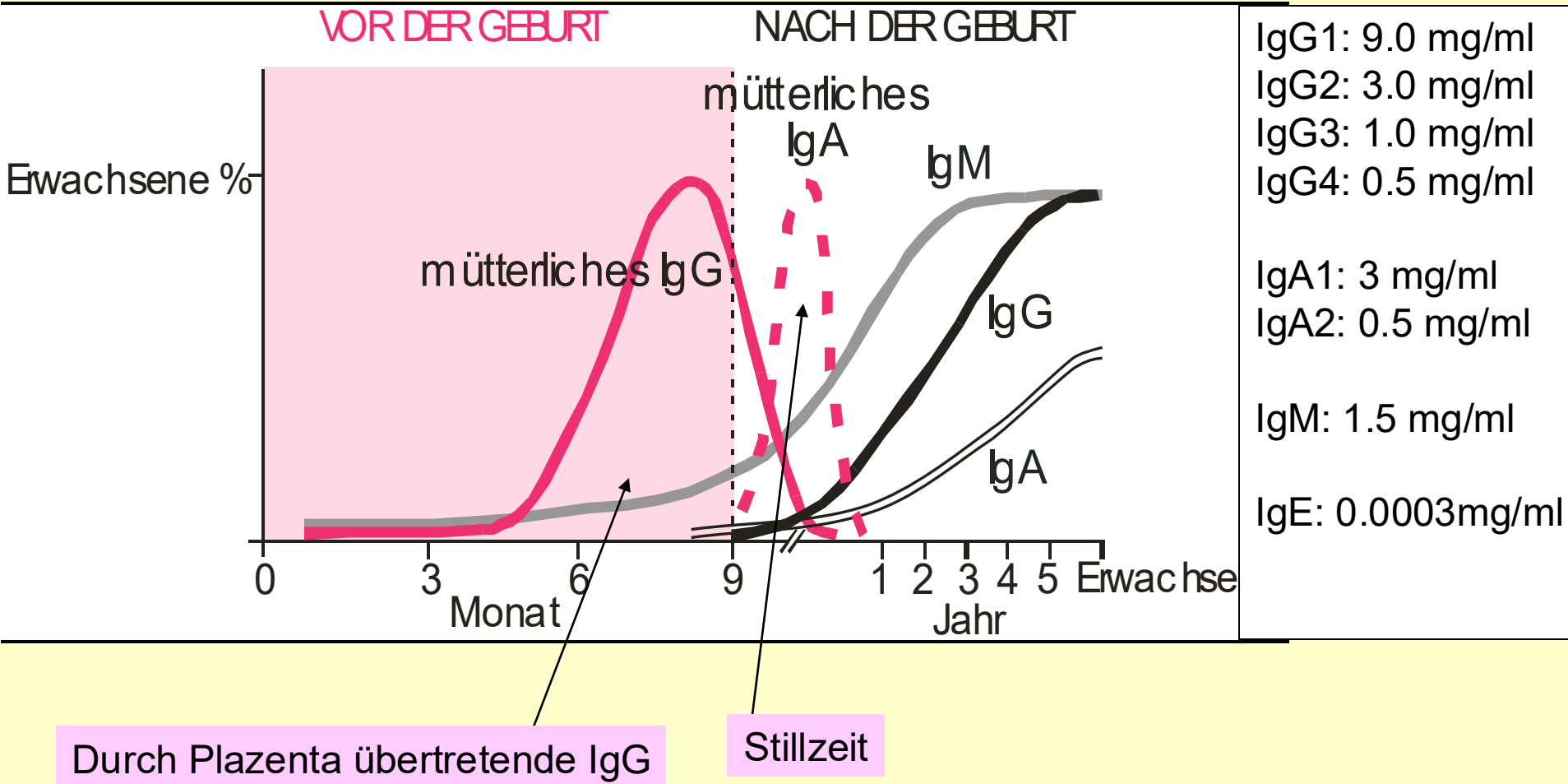


Fig. 11-10

Auftreten der Immunglobulinklassen (= Isotypen) im Blut im Laufe der Ontogenese



Charakter der Immunoglobuline

- ***Fab***: - ***monofunktionaler*** Charakter → spezifische Antigenerkennung und -bindung
- ***Fc***- ***polyfunktionaler*** Charakter als sezerniertes Immunglobulin ***nach*** der Antigenbindung →
 1. Aktivierung des Komplementsystems,
 2. Signaltransduktion,
 3. Bindung an unterschiedliche immunologische Effektorzellen durch Fc-Rezeptoren, usw.

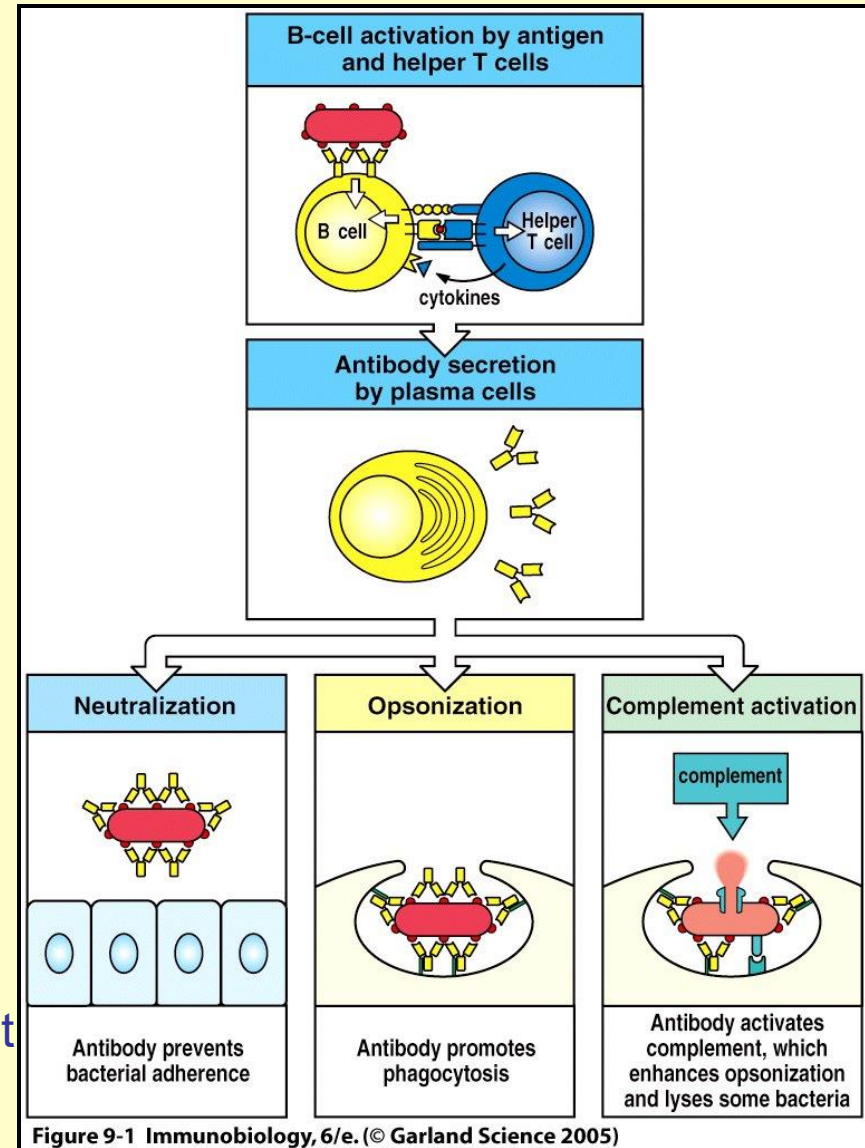
Die Verbreitung der Immunglobulinklassen

Distribution	IgM	IgD	IgG1	IgG2	IgG3	IgG4	IgA	IgE
Transport across epithelium	+	-	-	-	-	-	+++ (dimer)	-
Transport across placenta	-	-	+++	+	++	+/-	-	-
Diffusion into extravascular sites	+/-	-	+++	+++	+++	+++	++ (monomer)	+
Mean serum level (mg ml ⁻¹)	1.5	0.04	9	3	1	0.5	2.1	3 × 10 ⁻⁵

Figure 9-19 part 2 of 2 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

Funktion der Immunglobulin Klassen

1. **Neutralisierung**: Antikörper verhindern, dass sich Toxine und Bakterien auf Zelloberflächen festsetzen
2. **Opsonisierung**: Antikörper fördern Phagozytose (FcR)
3. **Aktivierung von Komplement**, das die Opsonisierung beschleunigt und einige Bakterien lysiert
4. **ADCC**: Antikörper -vermittelte Zytotoxizität



Immunglobulinklassen und ihre Funktionen

Functional activity	IgM	IgD	IgG1	IgG2	IgG3	IgG4	IgA	IgE
Neutralization	+	-	++	++	++	++	++	-
Opsonization	+	-	+++	*	++	+	+	-
Sensitization for killing by NK cells	-	-	++	-	++	-	-	-
Sensitization of mast cells	-	-	+	-	+	-	-	+++
Activates complement system	+++	-	++	+	+++	-	+	-

Figure 9-19 part 1 of 2 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

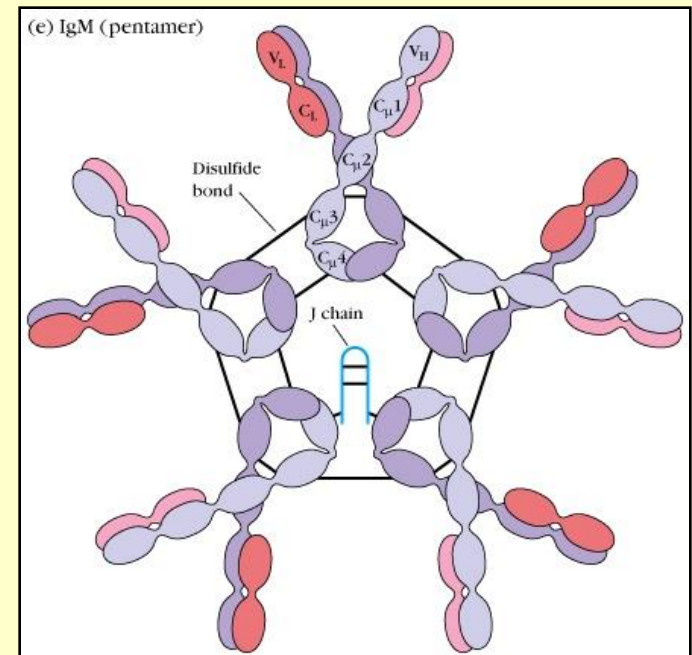
Funktionen der IgM

IgM Mw 900 kD

- **pentamere** Struktur - Blut, Lymphe
- auf der Zelloberfläche: **monomere** Struktur, existiert als **B-Zell-Rezeptor**
- bei der primären Immunantwort zuerst erscheinender Antikörper

Funktion:

- Neutralisierung (agglutination)
- Komplementaktivierung,
- Schutz der Schleimhäute



IgG und IgM Antigen-Antikörper- Komplexe aktivieren das Komplementsystem

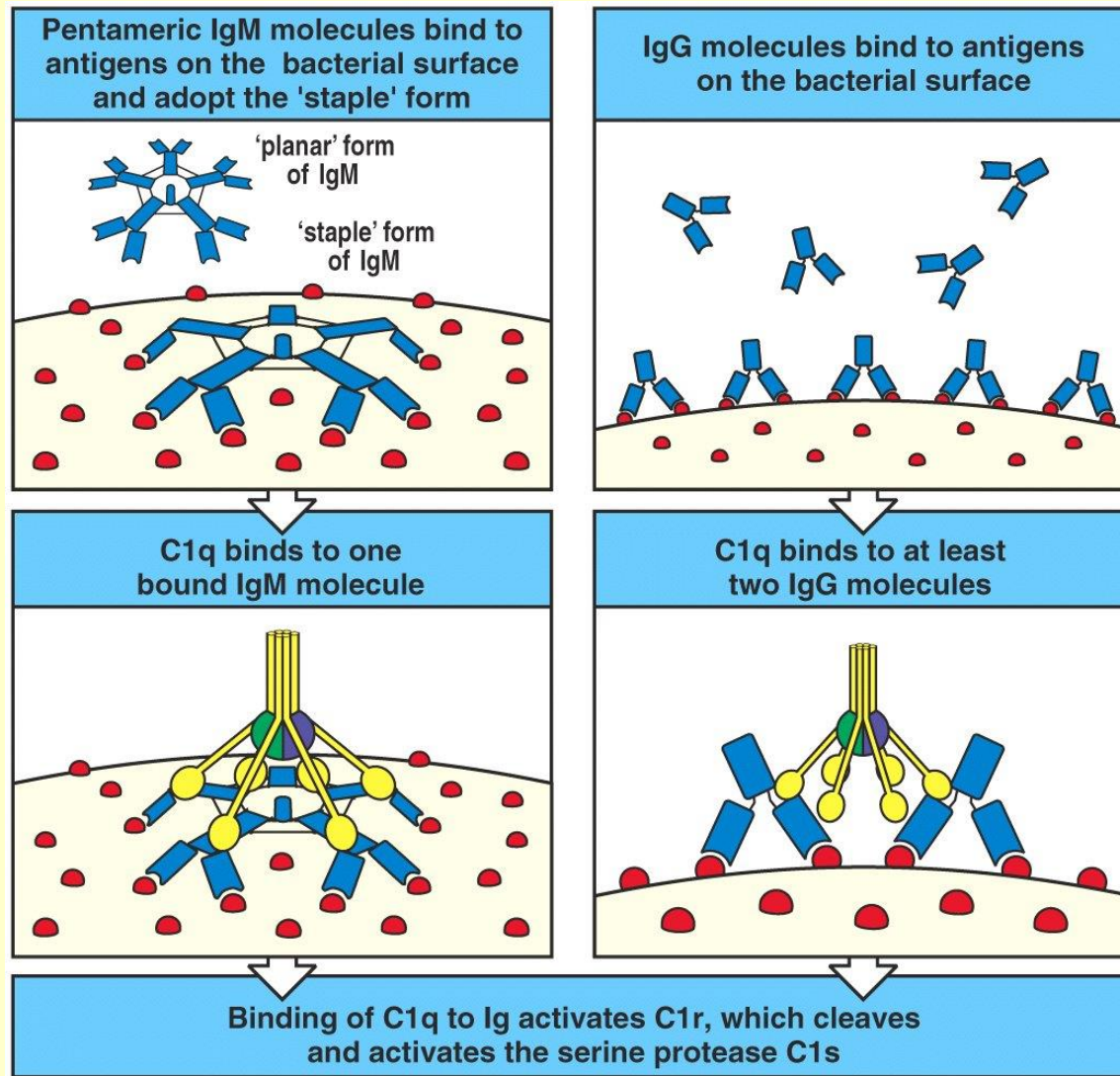
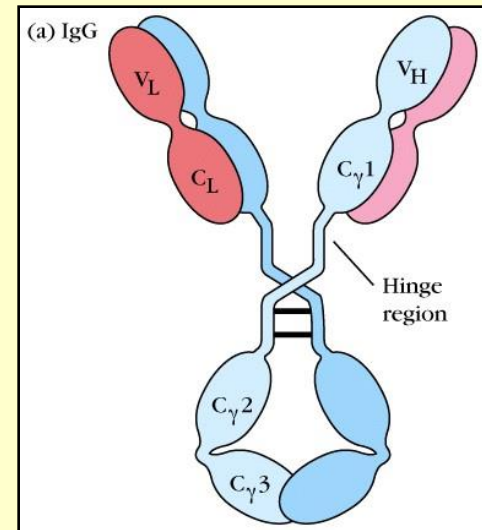


Figure 9-28 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

Funktion der IgG-Klasse

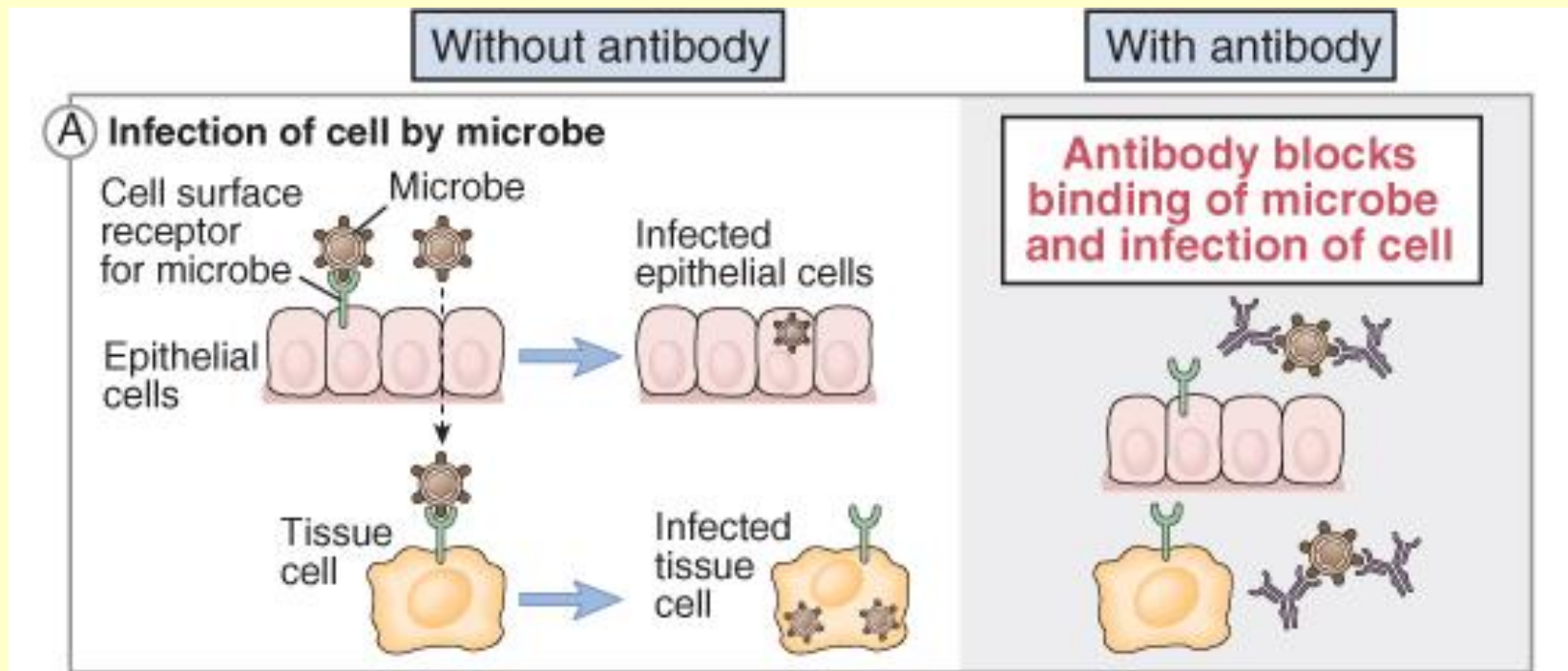
IgG (Mw 150 kD)

- 80% des zirkulierenden Immunglobulins im Blut, der Körperflüssigkeit und der Lymphe.
- die längste Halbwertszeit: ~ 3 Wochen
- Nur IgG mütterlichen Ursprungs können die **Plazenta**wand durchdringen - FcRn
- **Neutralisierung** der Giftstoffe und Viren,
- **Bindung an Fc-Rezeptoren der Phagozyten**
- **Komplementaktivierung**
- **Antikörper-abhängige zellvermittelte Zytotoxizität = ADCC**



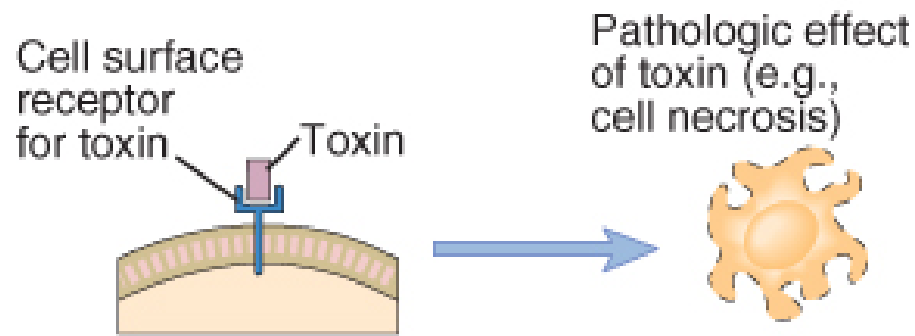
NEUTRALISIERUNG

Neutralisierung der Bakterien

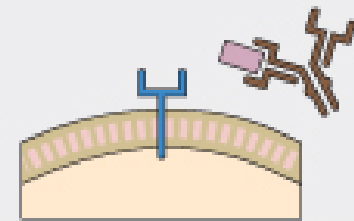


Toxin- Neutralisierung

C Pathologic effect of toxin

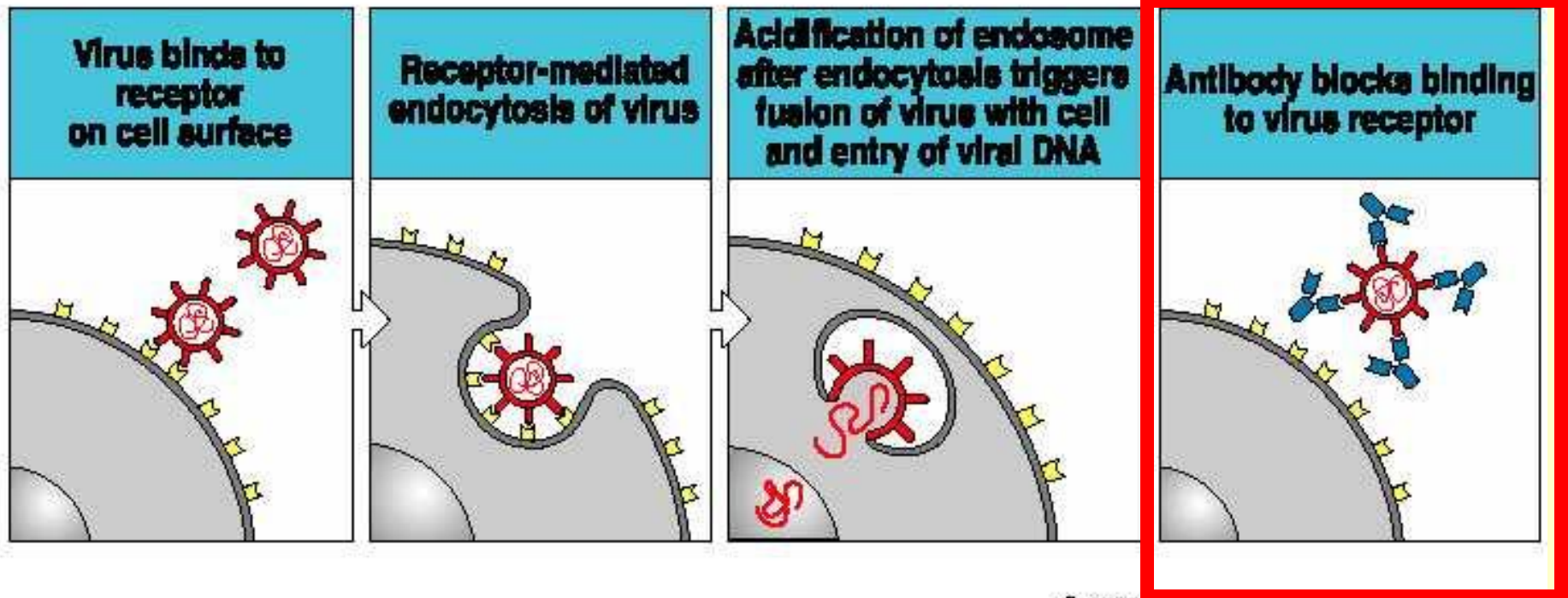


Antibody blocks binding of toxin to cellular receptor



Virusneutralisierung

Figure 7.21a



Impfung führt zur Bildung neutralisierender Antikörper

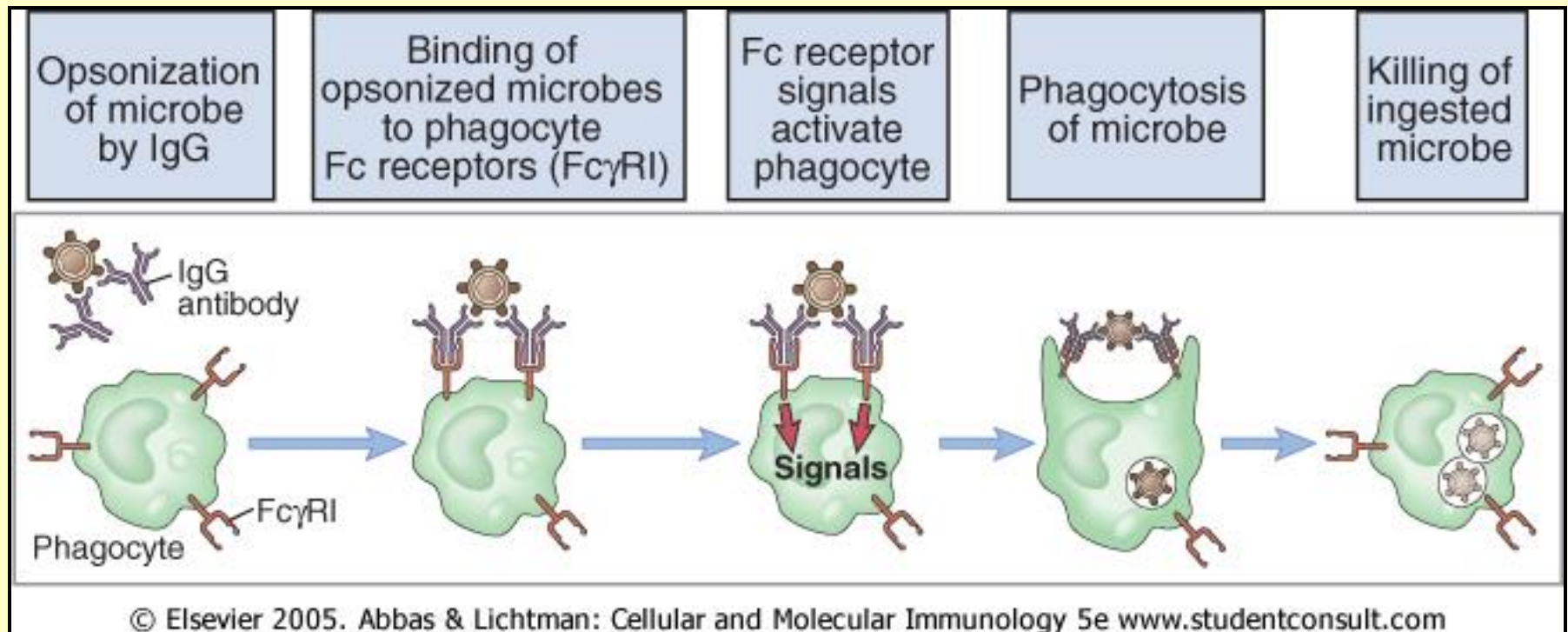
Infektionskrankheit	Impfstoff	Abwehrmechanismus
Polio	Oral attenuiertes Virus	Neutralisierung des Virus durch mukosales IgA
Tetanus, Diphtherie	Toxoid (verändertes Toxin)	Toxinneutralisierung durch systemisches IgG
Hepatitis A,B	Rekombinantes virales Hülleprotein	Virusneutralisierung durch systemisches IgG
Pneumococcus und Haemophilus Pneumonie	Konjugierte Vakzine: Bakteriell Kapselpolysaccharid mit einem Protein gekoppelt	IgM und IgG vermittelte Opsonisierung und Phagozytose. Komplementaktivierung

Impfung führt zur Bildung neutralisierender Antikörper

Infektionskrankheit	Impfstoff	Abwehrmechanismus
Polio	Oral attenuiertes Virus	Neutralisation des Virus durch mukosalen IgA
Tetanus, Diphtherie	Toxoid (verändertes Toxin)	Toxinneutralisierung durch systemisches IgG
Hepatitis A,B	Rekombinantes virales Hülleprotein	Virusneutralisierung durch systemisches IgG
Pneumococcus und Haemophilus Pneumonie	Konjugierte Vakzine: Bakteriell Kapselpolysaccharid mit einem Protein gekoppelt	IgM und IgG vermittelte Opsonisation und Phagozytose. Komplementaktivierung

Bindung an Fc-Rezeptoren der Phagozyten

Opsonisierung mit IgG, FcR Bindung



This fluorescence micrograph shows a brain section with green and red fluorescence. The green signal is distributed throughout the tissue, while the red signal is more concentrated in the lower central region, indicating the presence of specific markers or structures.

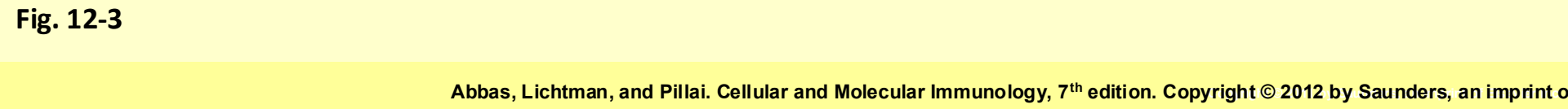


Fig. 12-3

Fc-Rezeptoren (FcR)

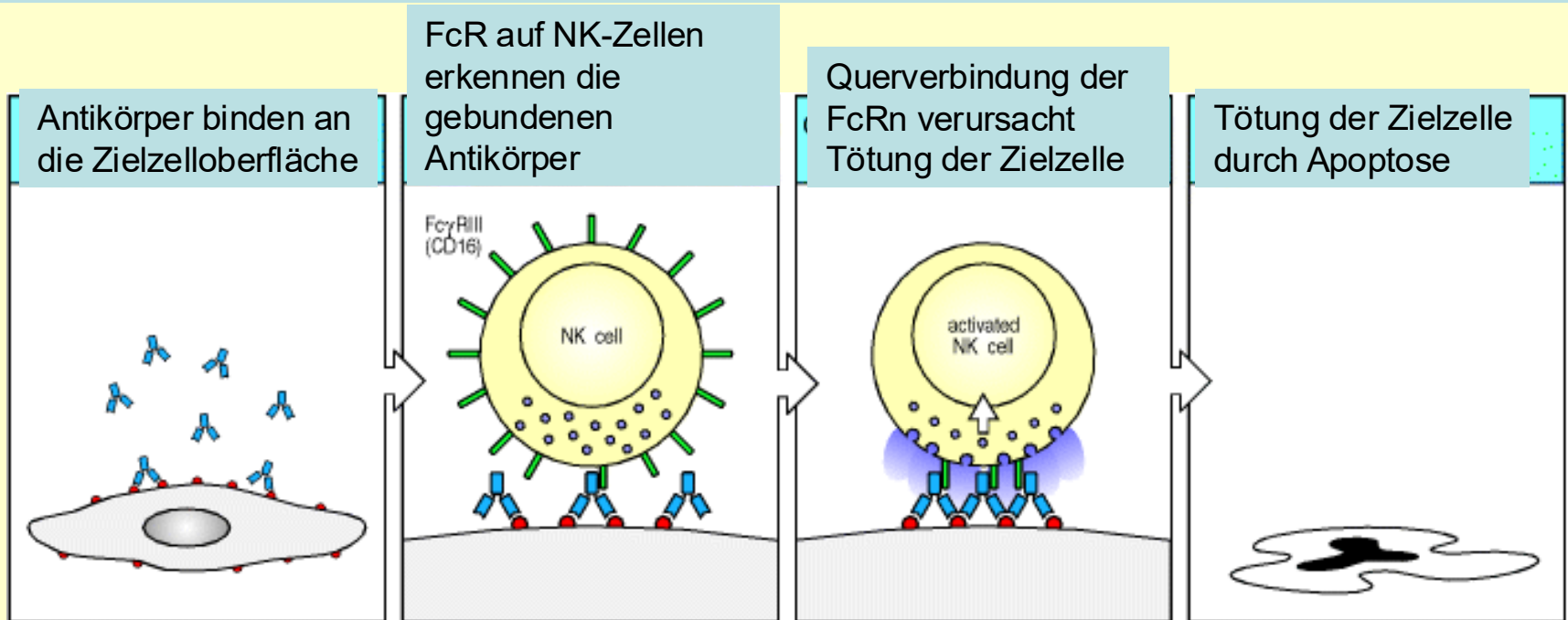
Receptor	FcγRI (CD64)	FcγRII-A (CD32)	FcγRII-B2 (CD32)	FcγRII-B1 (CD32)	FcγRIII (CD16)	FcεRI	FcαRI (CD89)	Fcα/μR
Structure								
Binding	IgG1 10^8 M^{-1}	IgG1 $2 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$	IgG1 $2 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$	IgG1 $2 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$	IgG1 $5 \times 10^5 \text{ M}^{-1}$	IgE 10^{10} M^{-1}	IgA1, IgA2 10^7 M^{-1}	IgA, IgM $3 \times 10^9 \text{ M}^{-1}$
Order of affinity	1) IgG1=IgG3 2) IgG4 3) IgG2	1) IgG1 2) IgG3=IgG2* 3) IgG4	1) IgG1=IgG3 2) IgG4 3) IgG2	1) IgG1=IgG3 2) IgG4 3) IgG2	IgG1=IgG3		IgA1=IgA2	1) IgM 2) IgA
Cell type	Macrophages Neutrophils† Eosinophils† Dendritic cells	Macrophages Neutrophils Eosinophils Platelets Langerhans' cells	Macrophages Neutrophils Eosinophils	B cells Mast cells	NK cells Eosinophils Macrophages Neutrophils Mast cells	Mast cells Eosinophils† Basophils	Macrophages Neutrophils Eosinophils†	Macrophages B cells
Effect of ligation	Uptake Stimulation Activation of respiratory burst Induction of killing	Uptake Granule release (eosinophils)	Uptake Inhibition of stimulation	No uptake Inhibition of stimulation	Induction of killing (NK cells)	Secretion of granules	Uptake Induction of killing	Uptake

Figure 9-30 part 1 of 2 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

**Antikörper-abhängige zellvermittelte
Zytotoxizität =**

ADCC

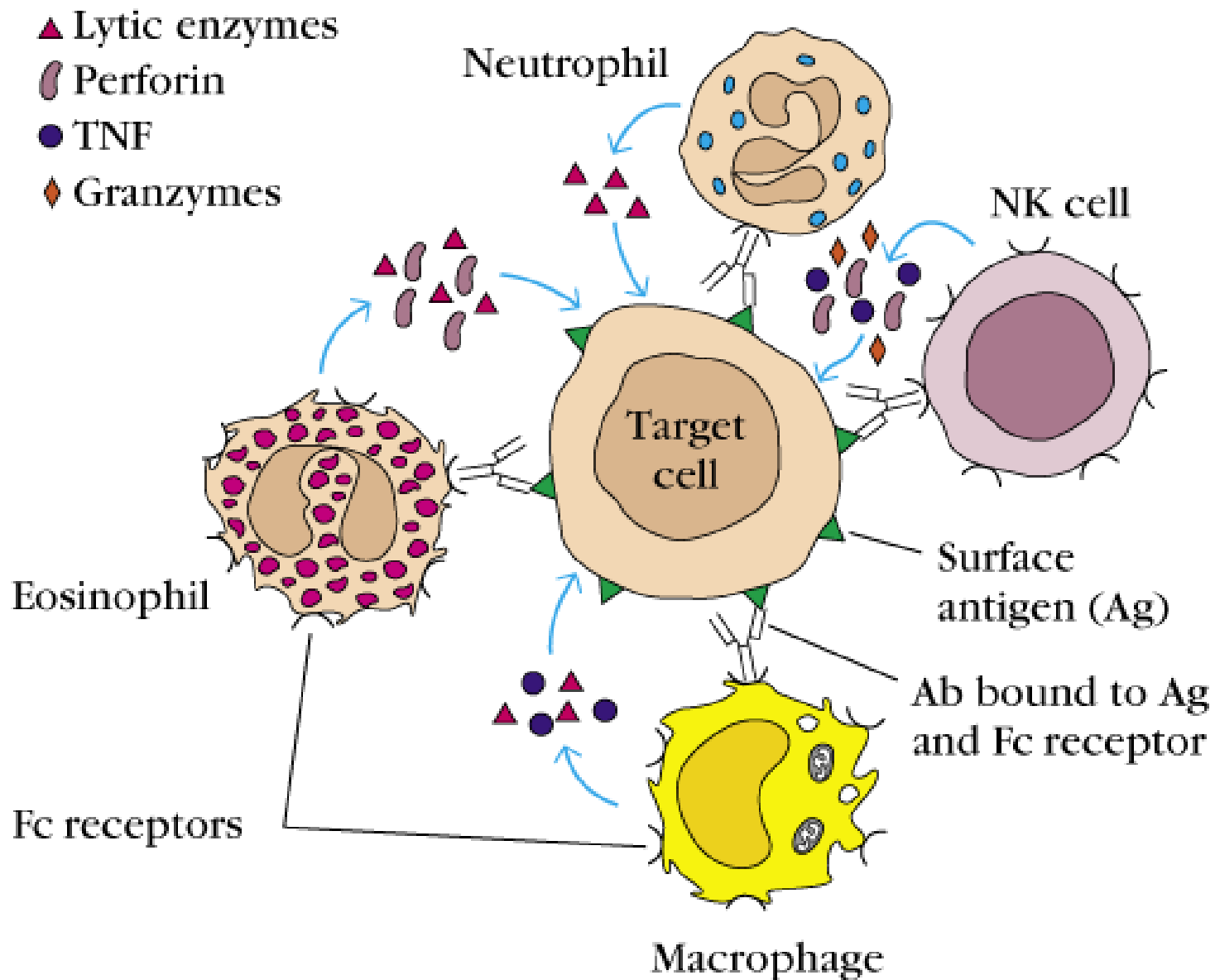
IgG-vermittelte antikörperabhängige Zytotoxizität - ADCC



Die opsonisierte Zielzelle bindet an den **Fcγ-Rezeptor-III** der Killerzelle, woraufhin der Rezeptor in die Zelle aktivierende Signale leitet.

→ Mediatoren werden aus den Granulen der NK-Zellen freigesetzt, die die Zielzelle abtöten.

ADCC



Regulation von B-Zellaktivierung mit FcγRIIB

Secreted antibody forms complex with antigen

Antigen-antibody complex binds to B cell Ig and Fc receptor

Fc receptor-associated phosphatase, SHIP, converts PIP₃ to PIP₂

- **IgG-gebundenes Antigen hemmt BcR-Signalisierung durch niedrigaffine FcγR-IIb (ITIM)**
- **Antikörperüberschuss hemmt die weitere Aktivierung.**

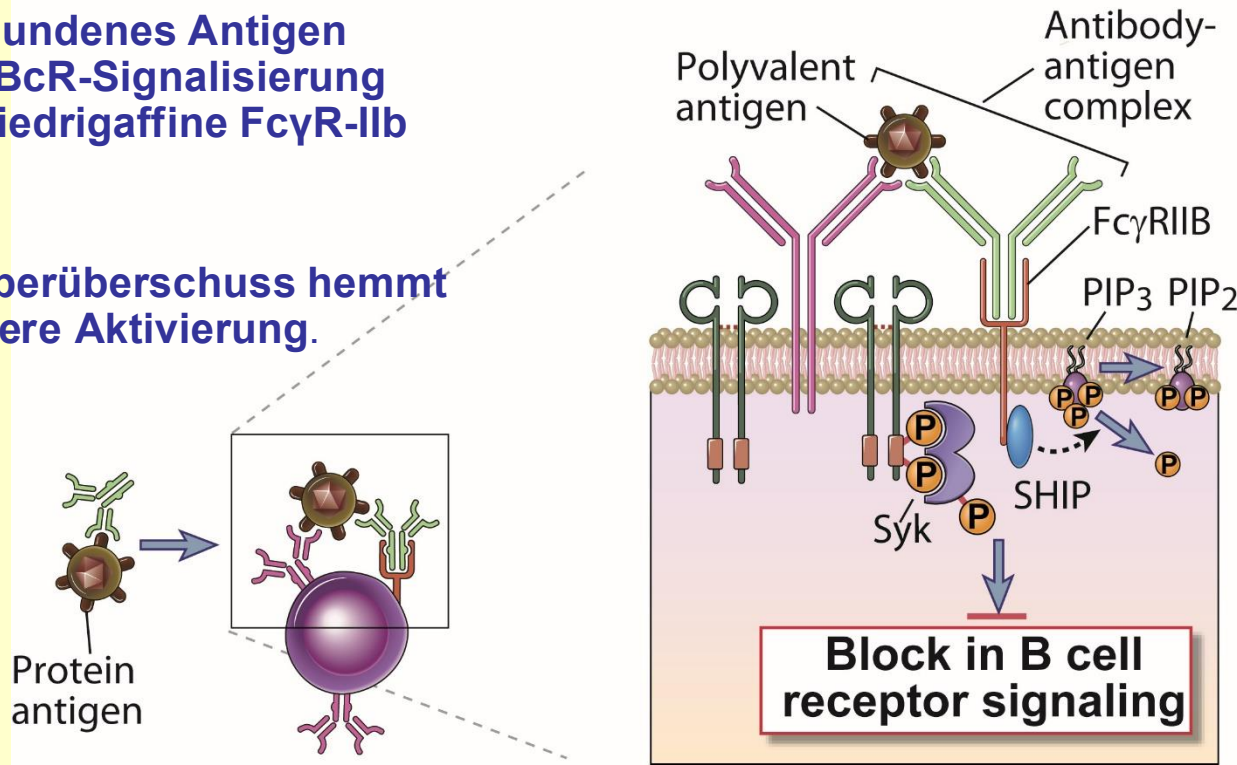
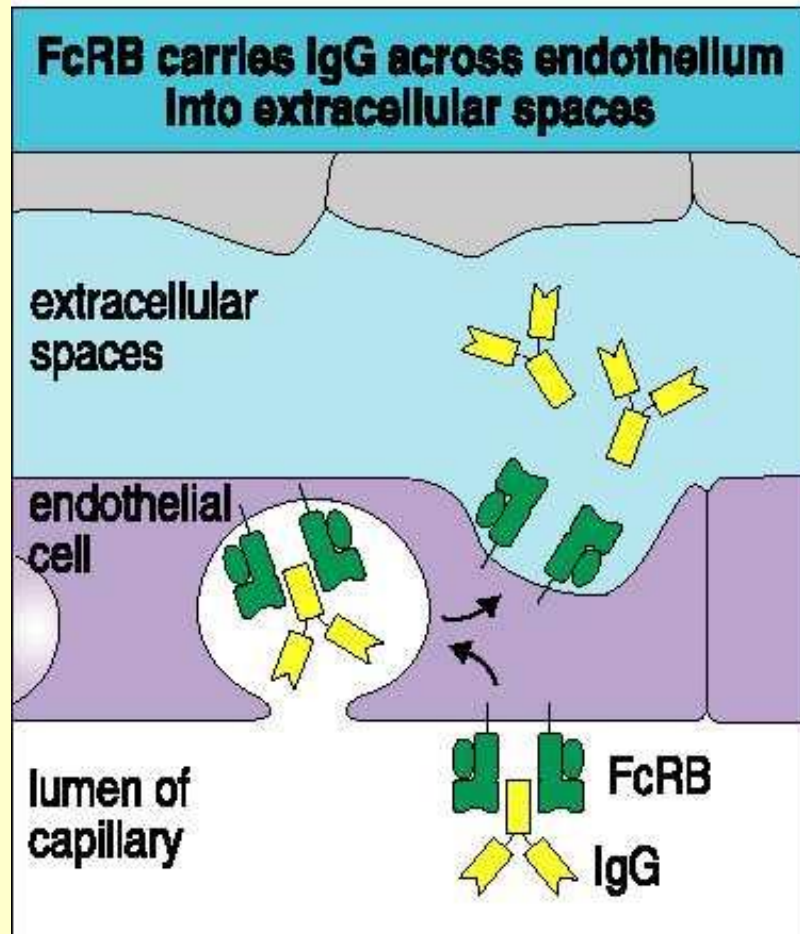


Fig. 11-21

Plazentatransfer von Immunglobulinen

Figure 7.10



- Subklassen IgG1 und IgG3
- Transzytose mit FcRn (neonatal) auf Synzytiotrophoblasten

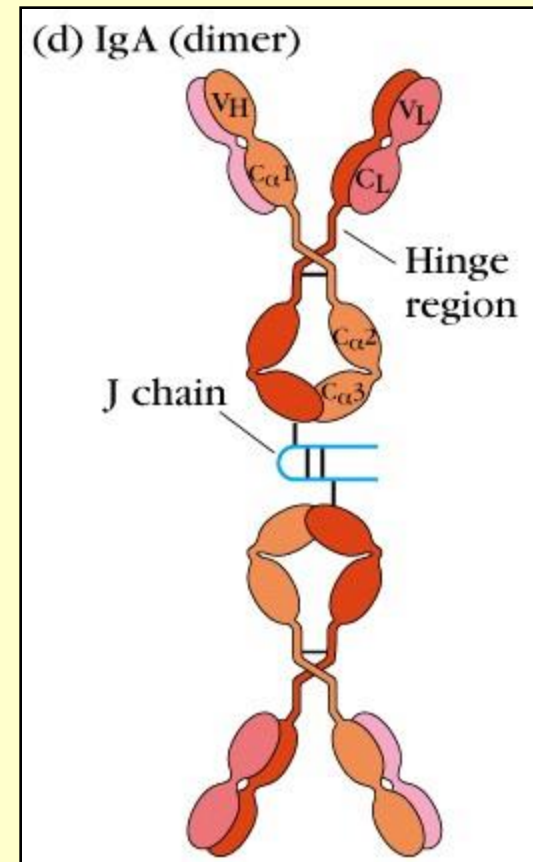
Funktion der IgA

IgA (Mw 150-600 kD,

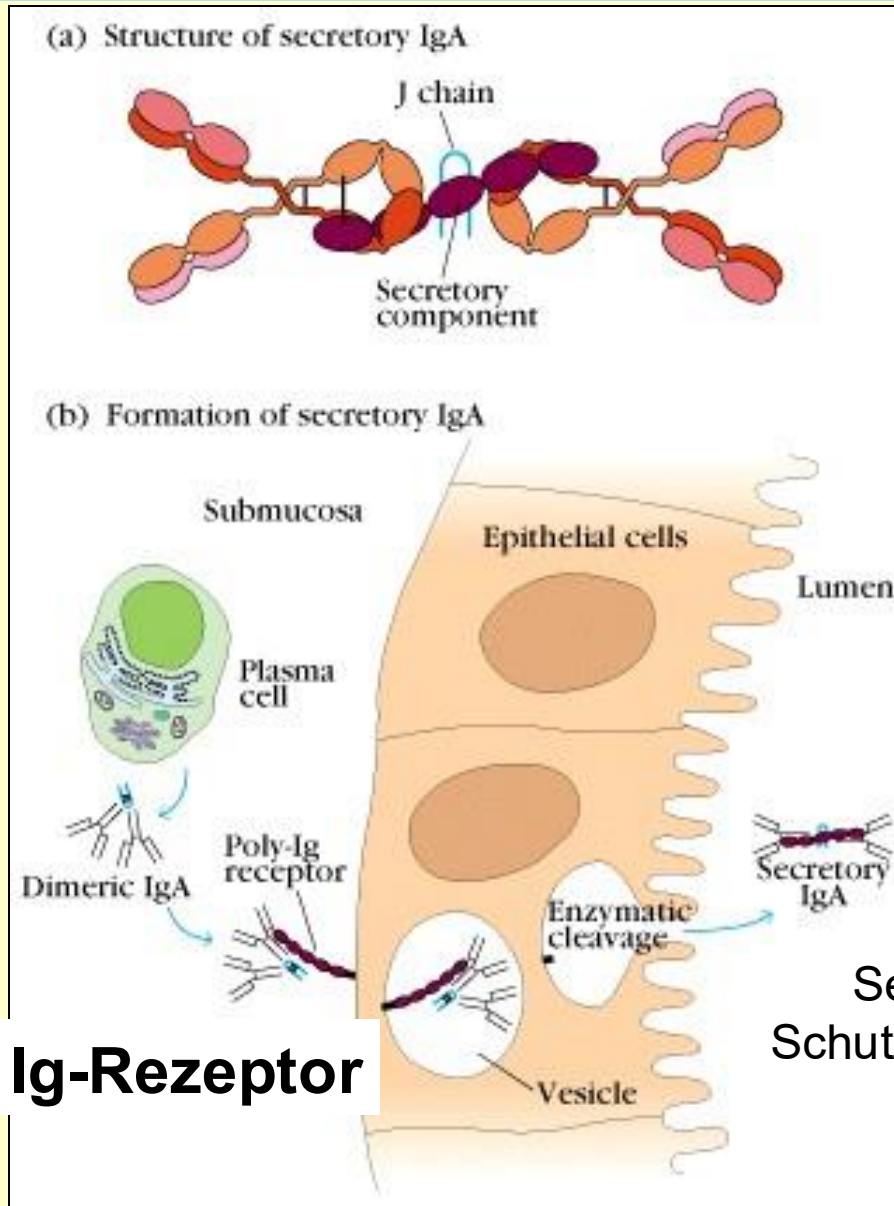
- Monomere Form in Serum (IgA1>IgA2) - Blut
- dimere Struktur – sekretorische IgA

-> **Schleimhaut-Oberfläche**, MALT,
Muttermilch

- Funktion: Neutralisierung
- Komplementaktivierung
- Fc α R-Bindung → Phagozytose



IgM und IgA Isotypen können mit Poly-Immunglobulin-Rezeptoren durch Epithelzellen auf die Mukosaoberfläche transportiert werden



Transepithelialer Transport
der IgA-Dimere

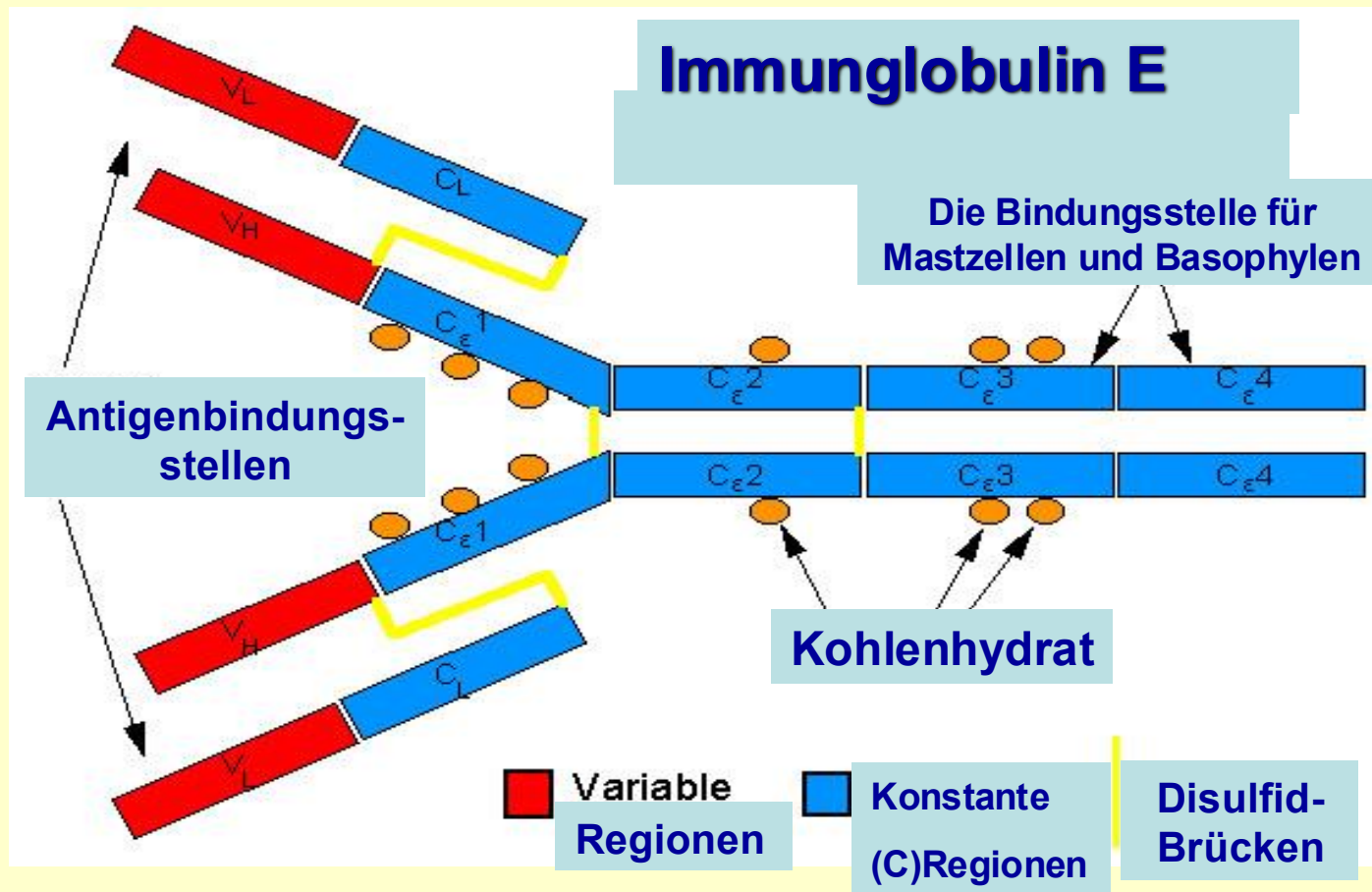
Schützt IgA vor Abbau

Sekretorische Komponente →
Schutz gegen proteolytische Enzyme

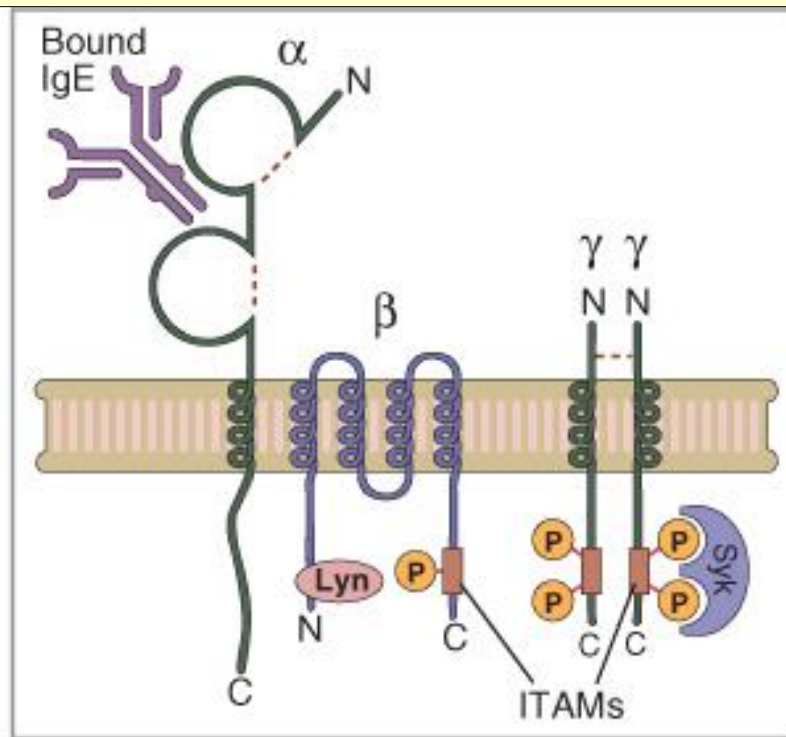
Polymere Ig-Rezeptor

IgE (Mw 190 kD)

- Blut und Lymphe (bindungsfähig an Basophyle oder Mastzellen)
- Abwehr gegen **Parasiten**
- verursacht **allergische Reaktionen**



Fc ϵ -Rezeptor



Mastzellen,
Eosinophile
Basophile
Monozyten
Langerhans-Zellen
DC

→ Freisetzung von
Granula

Die Vernetzung von FcεR-gebundenen IgE-Antikörpern auf Mastzellen führt zur Freisetzung entzündungsspezifischer Mediatoren

