

# **Grundlagen der Immunologie**

*17. Vorlesung*

**Immunglobulinvermittelte humorale  
Effektormechanismen**

# Hauptstadien der adaptiven Immunantwort

**Antigenerkennung**

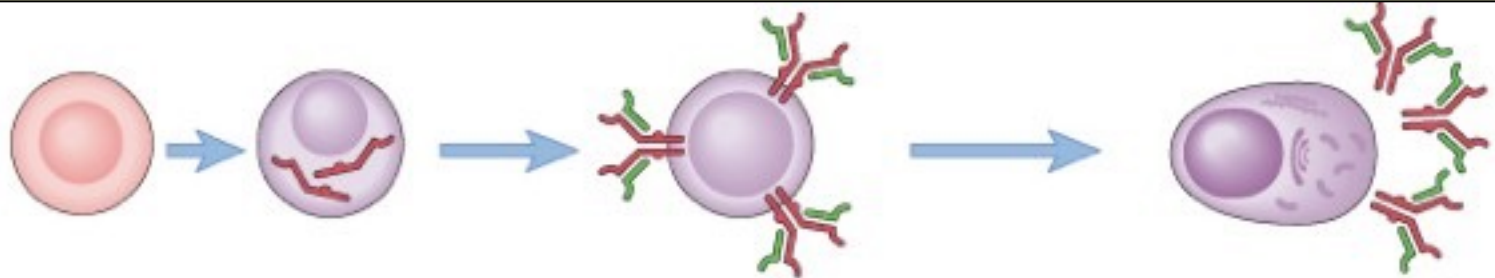


**Aktivierung, Differenzierung**



**Effektorfunktionen**

# B-Zell Reifung



Stage of maturation	Stem cell	Pre-B cell	Immature B cell	Mature B cell	Activated B cell	Antibody-secreting cell
Pattern of immunoglobulin production	None	Cytoplasmic $\mu$ heavy chain	Membrane IgM	Membrane IgM, IgD	Low-rate Ig secretion; heavy chain isotype switching; affinity maturation	High-rate Ig secretion; reduced membrane Ig

# B-Zell Aktivierung

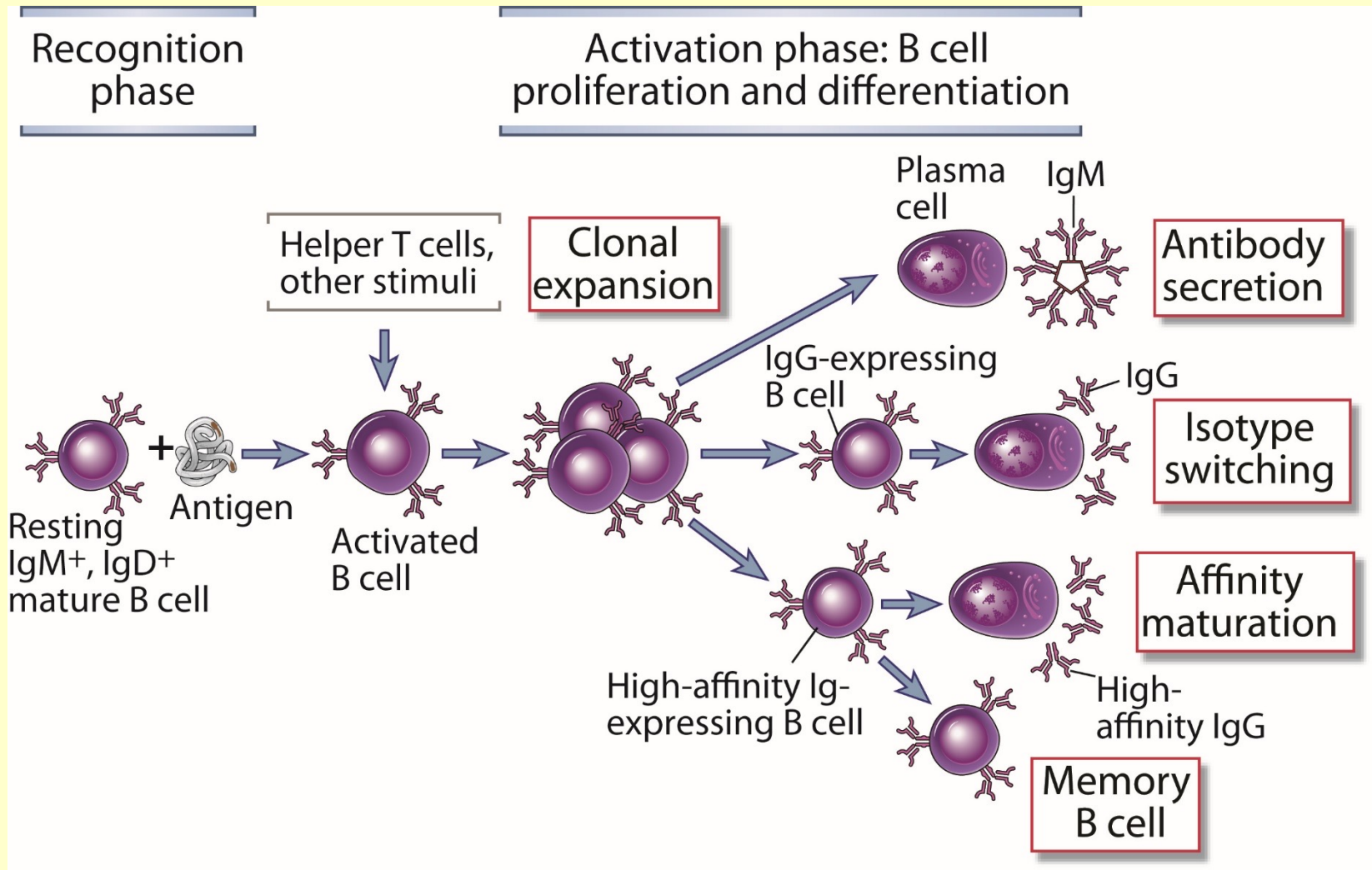


Fig. 11-1

# Antikörper Produktion

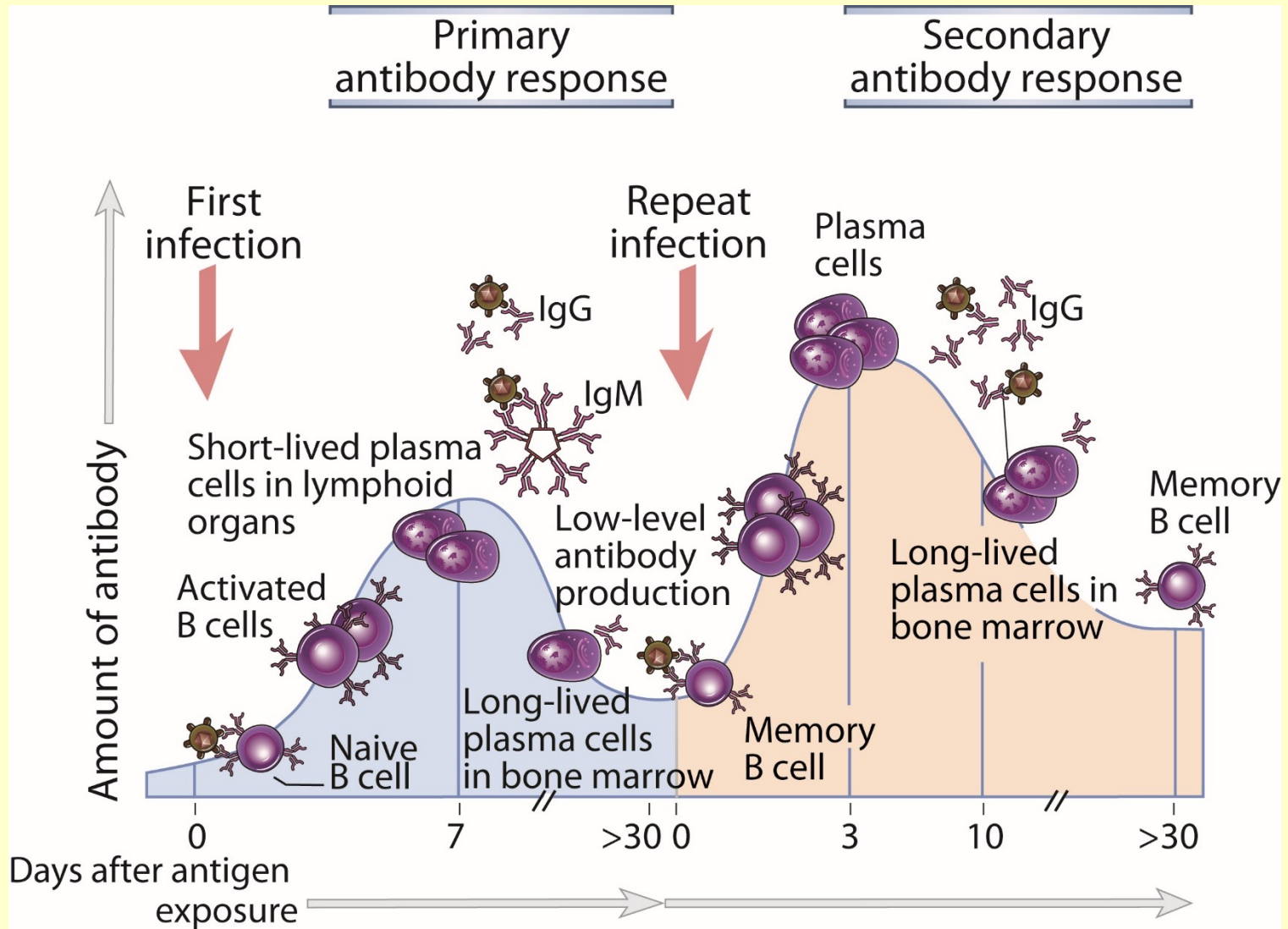
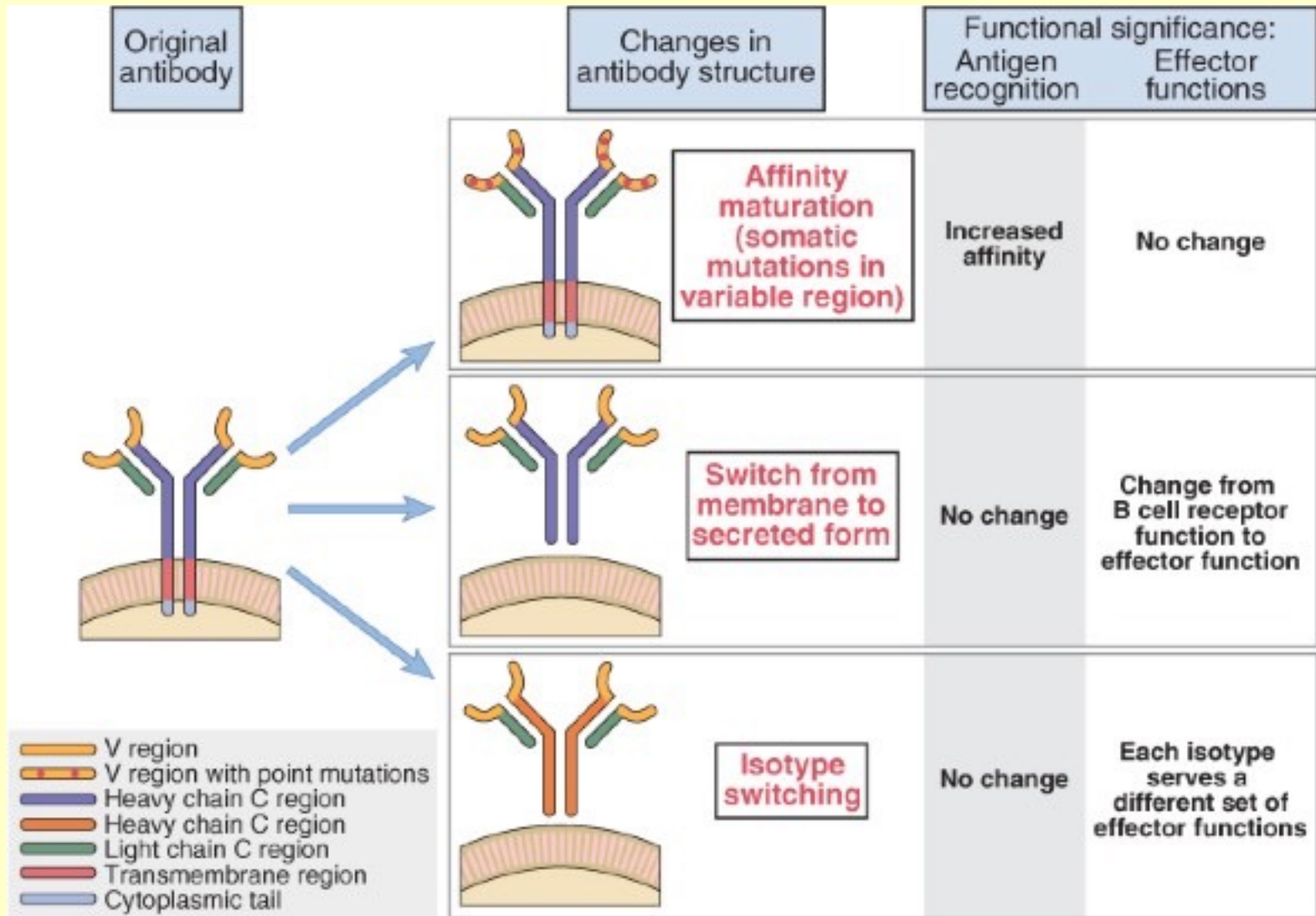
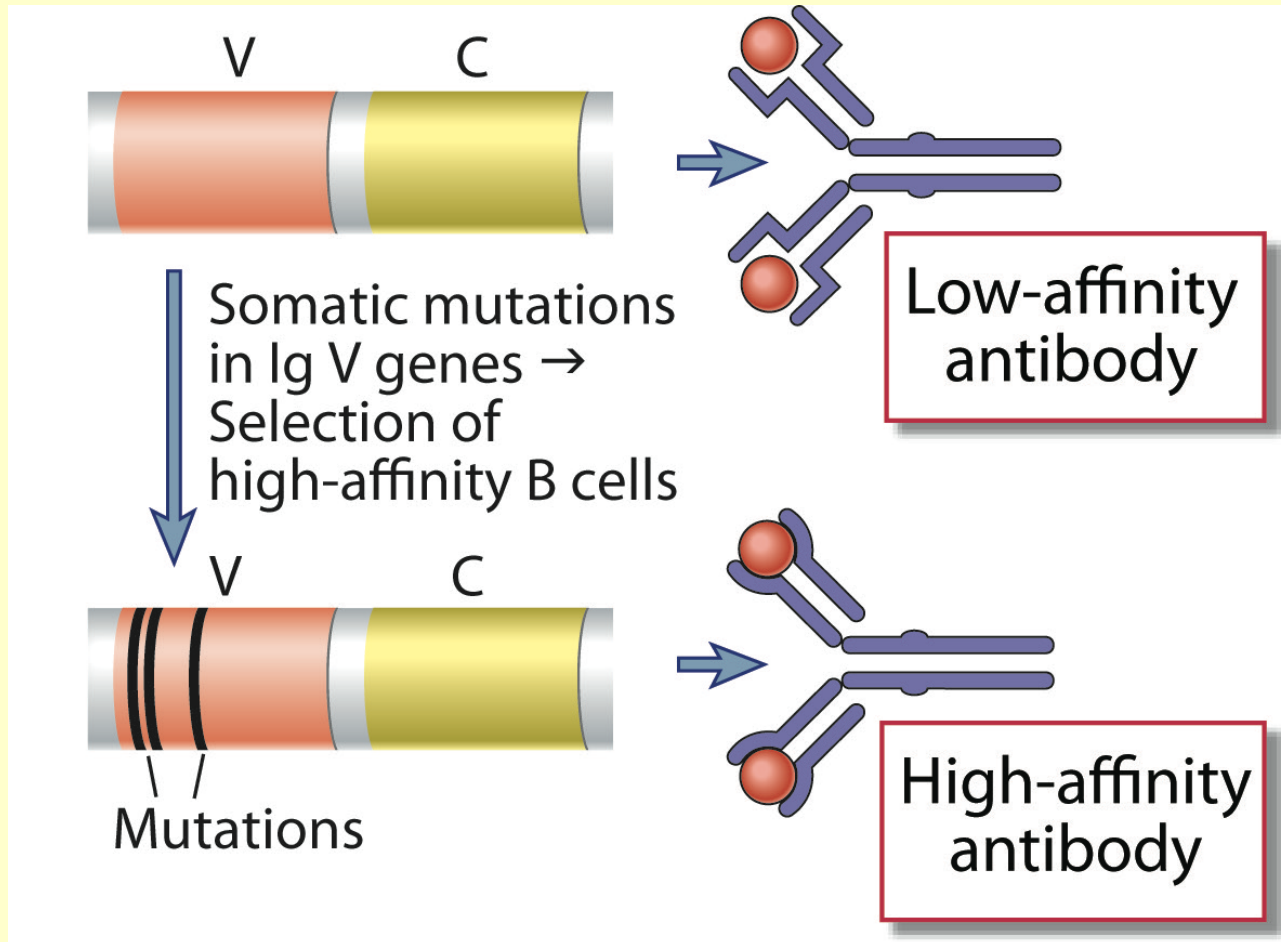


Fig. 11-2

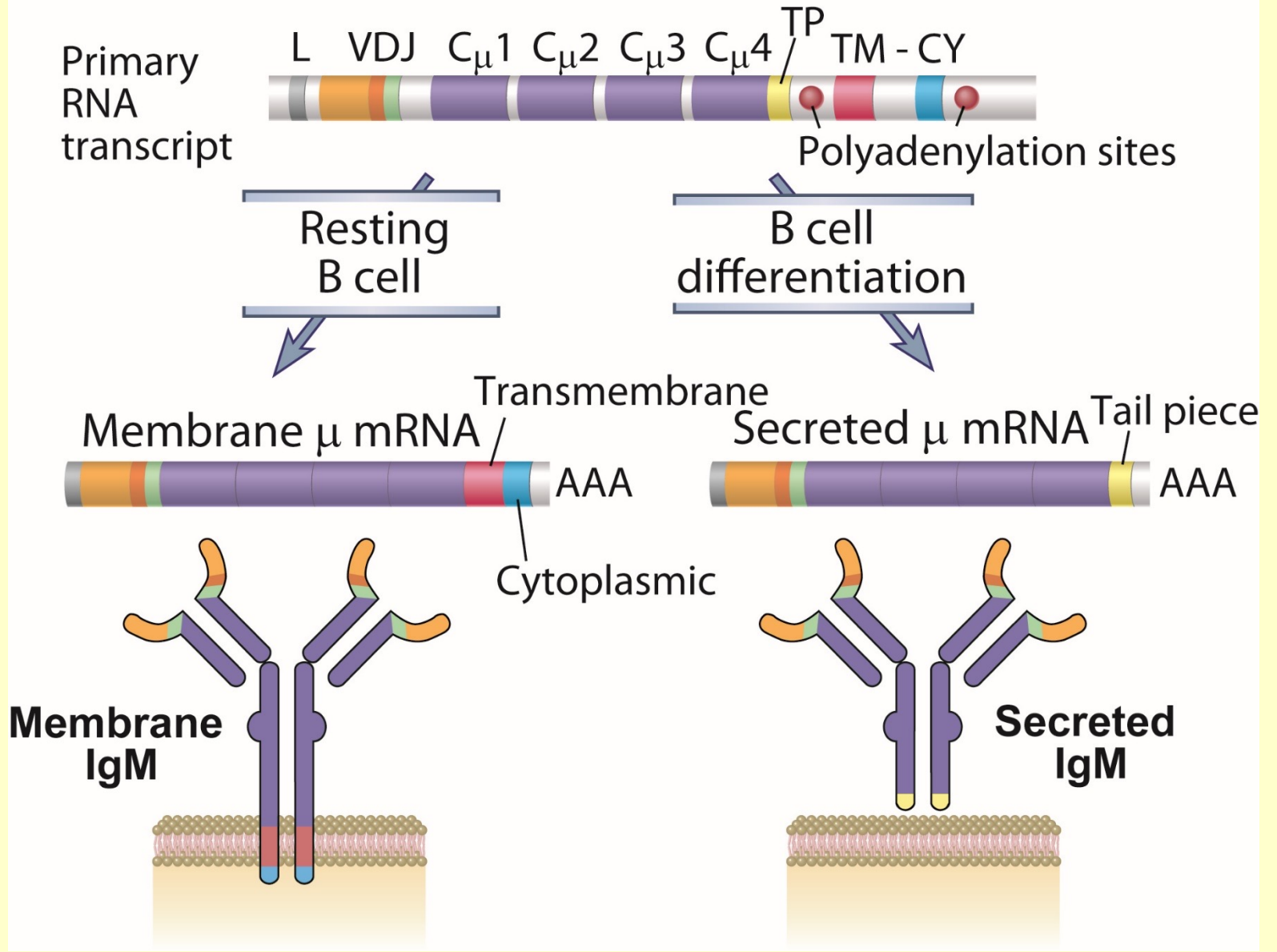
# Veränderungen der Antikörper Molekül



# Somatische Hypermuation der variablen Abschnitte der Ig-Gene → Affinitätsreifung

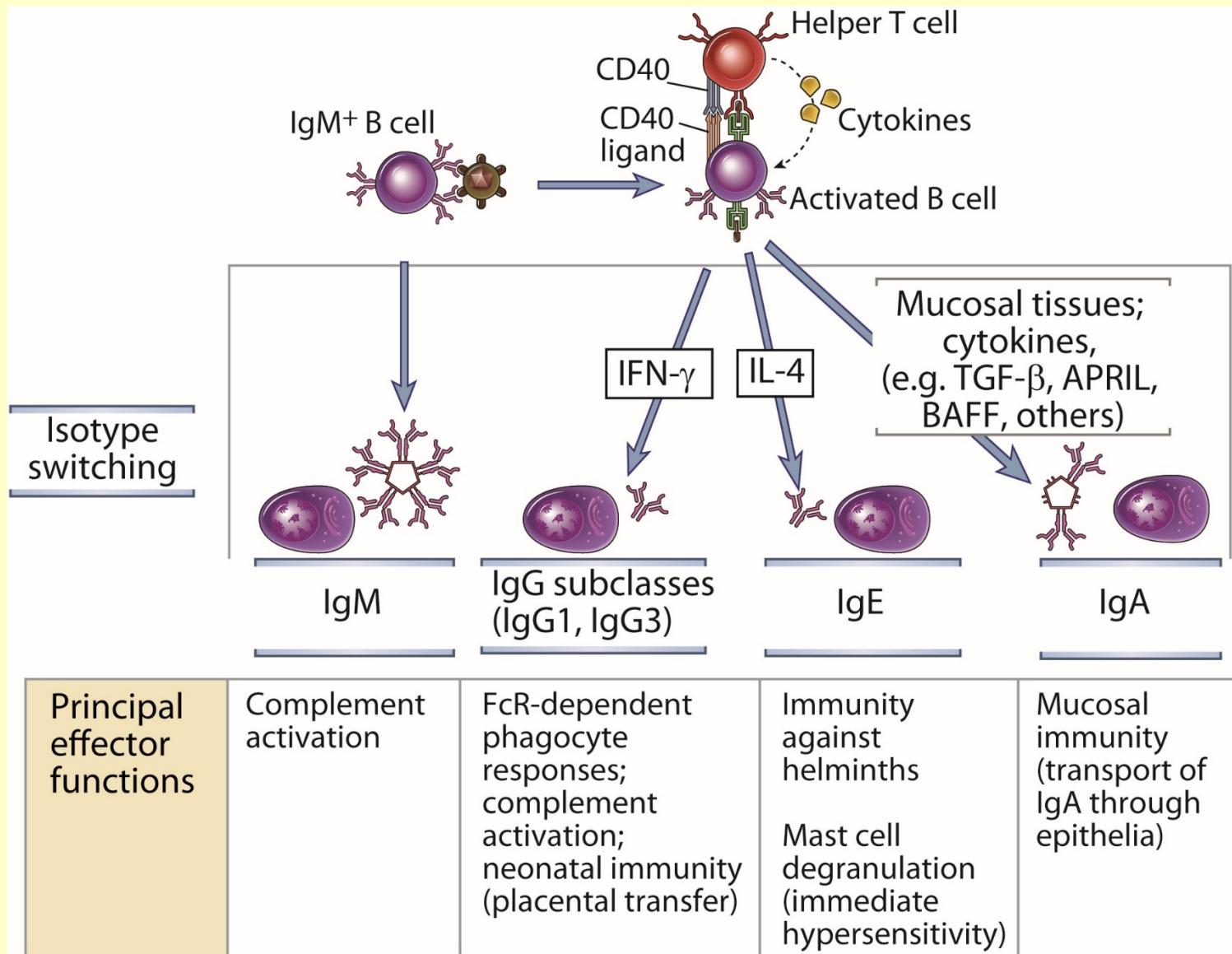


# Membran (mlg) oder Sezernierte (slg) Immunglobulin 2.





# Klassenwechsel-Rekombination → Isotypenwechsel



# Helper T-Zell Aktivierung der B-Zellen

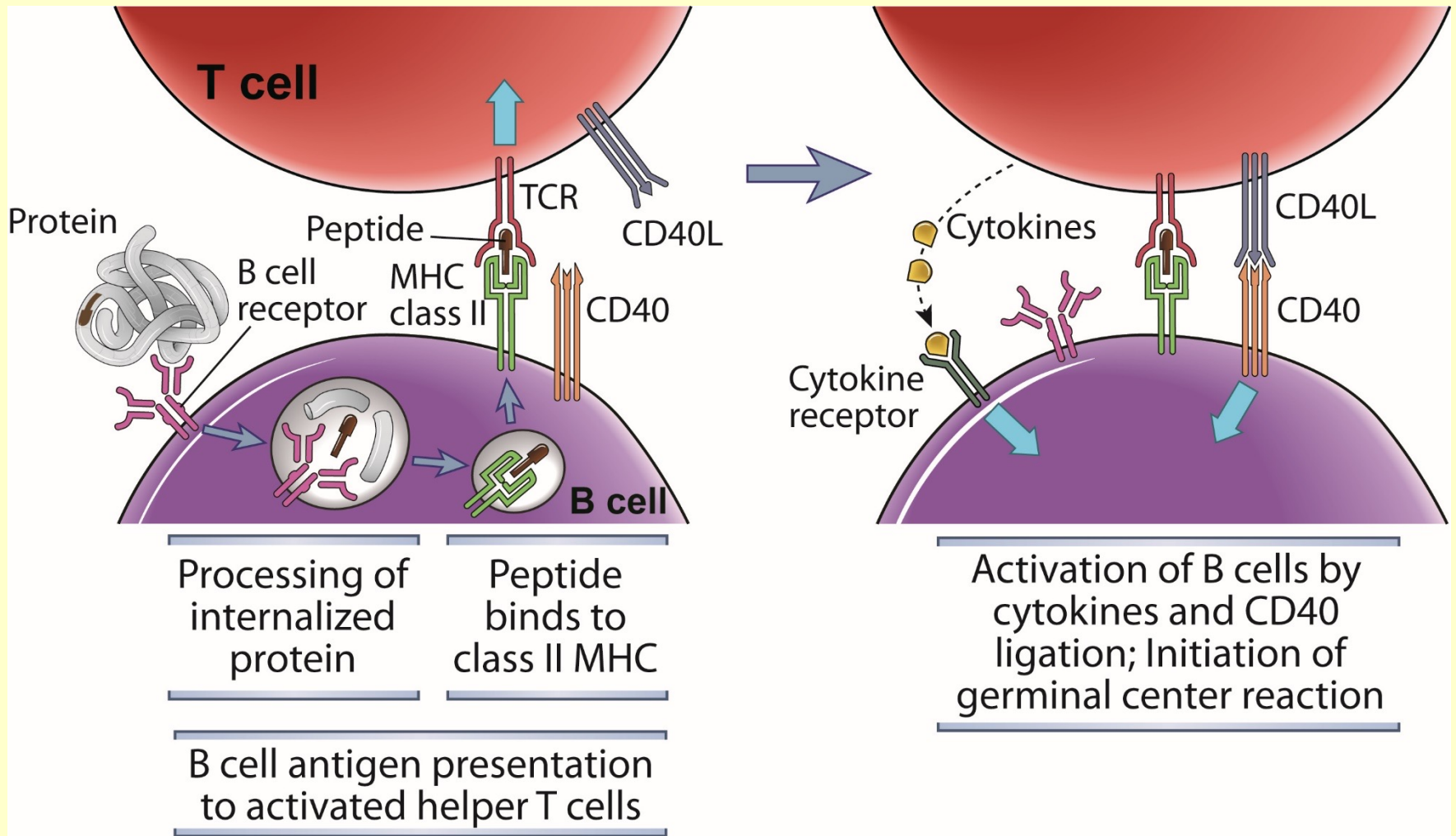
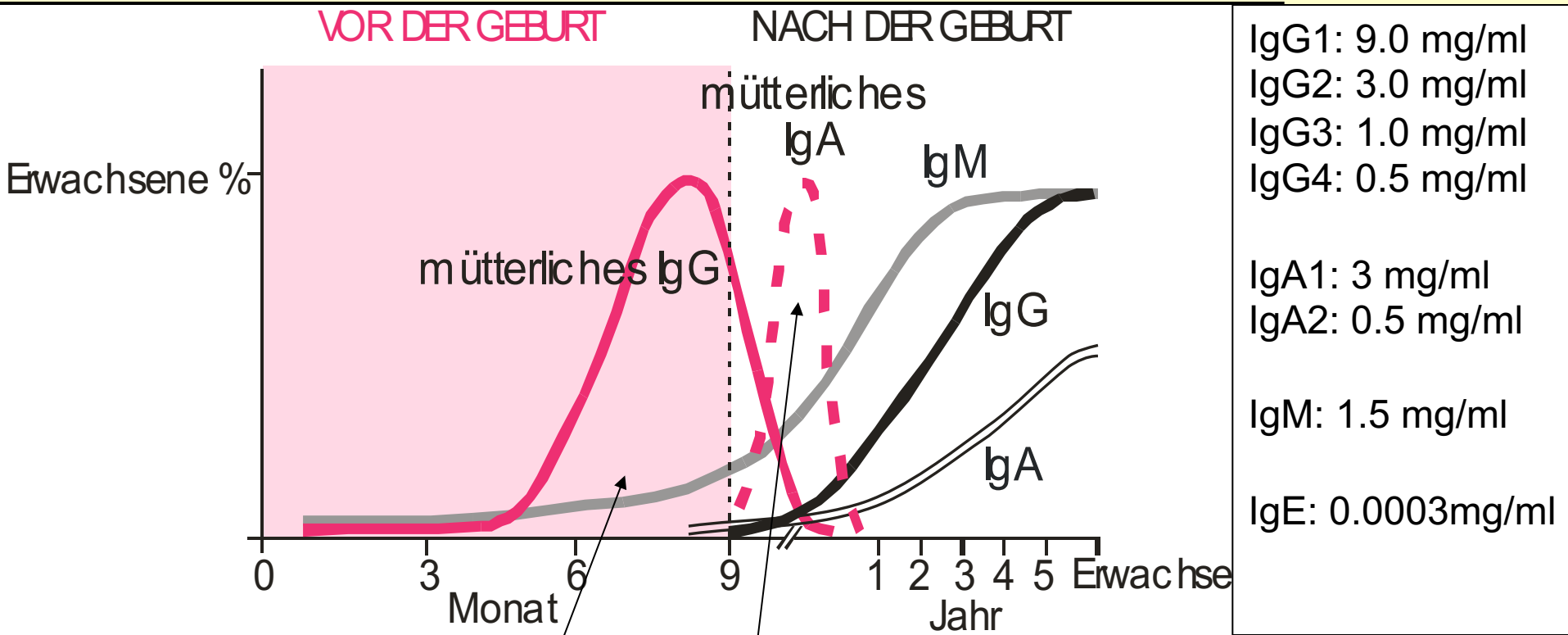


Fig. 11-10

# Humorale Effektormechanismen

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

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



Durch Plazenta übertretende IgG

Stillzeit

# Charakter der Immunglobuline

- ***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.

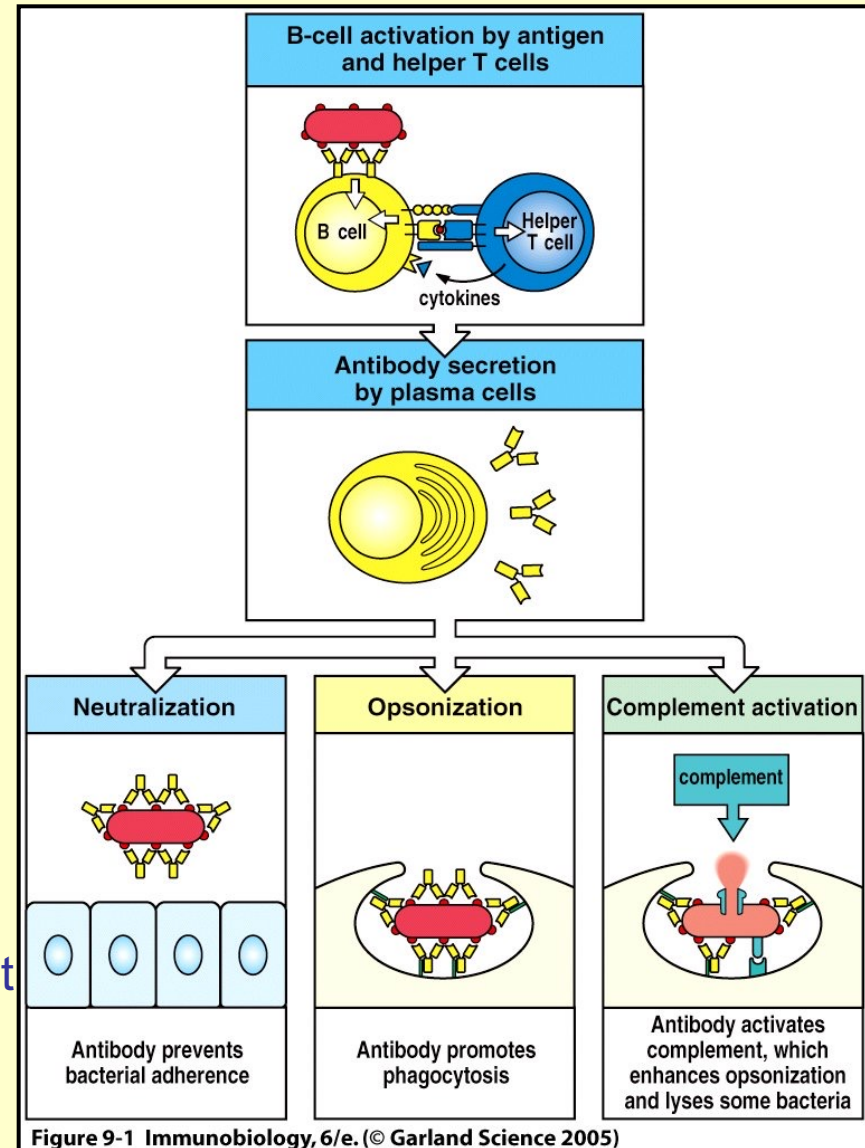
# Die Verbreitung der Immunglobulinklassen

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 <sup>-1</sup> )	1.5	0.04	9	3	1	0.5	2.1	3×10 <sup>-5</sup>

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)



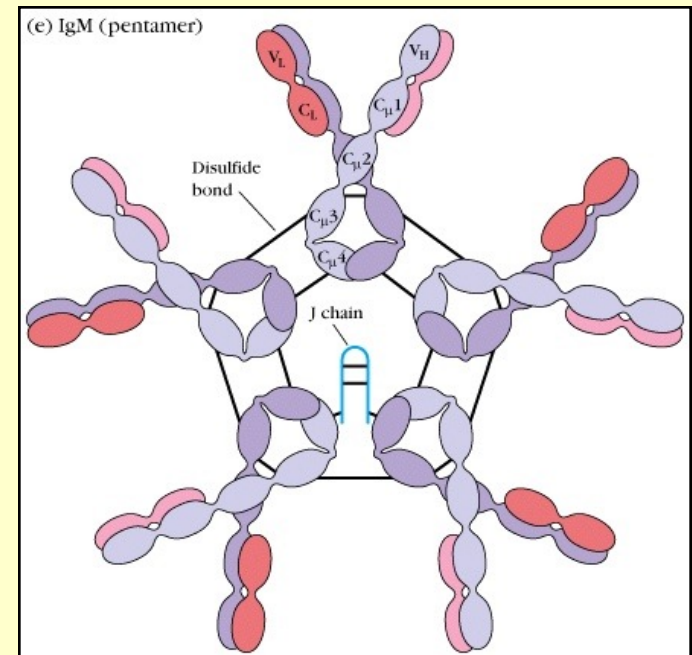
# Funktionen der IgM

**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

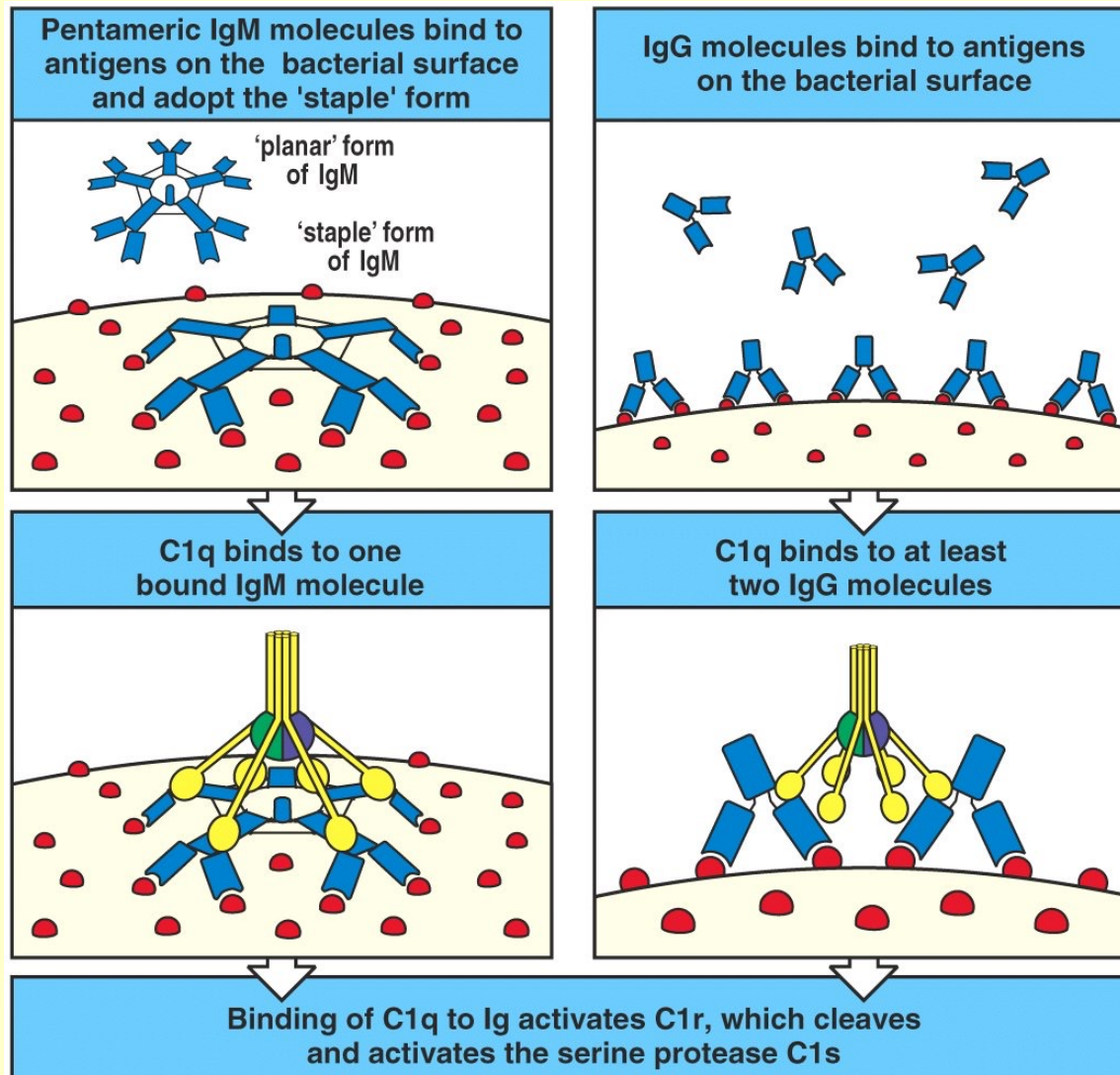
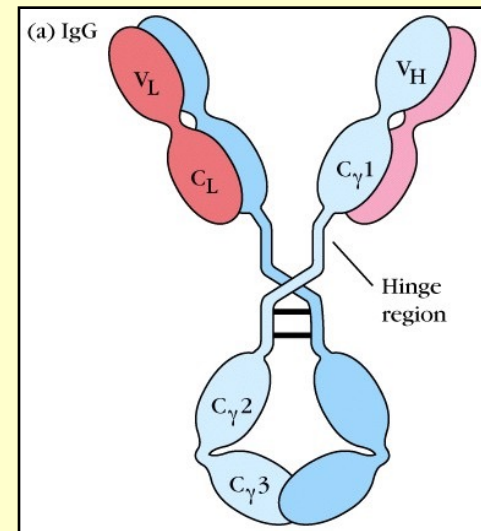


Figure 9-28 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

# Funktion der IgG-Klasse

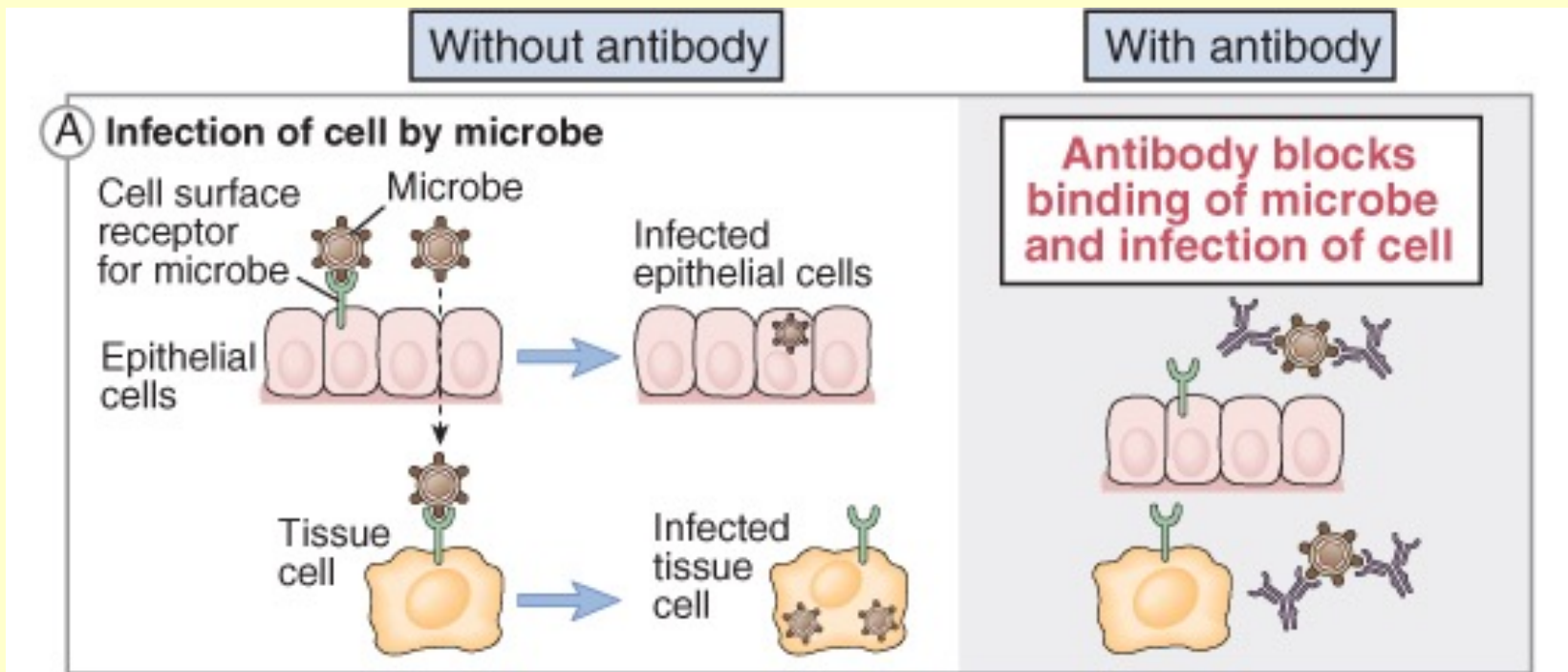
## IgG (Mw 150 kD)

- 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**



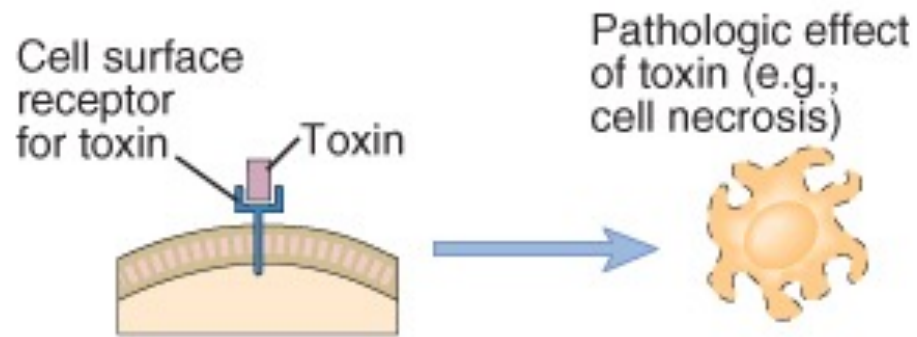
# NEUTRALISIERUNG

# Neutralisierung der Bakterien

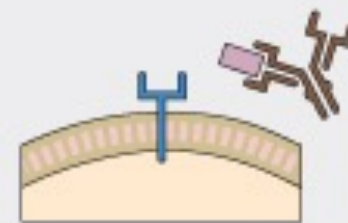


# Toxin- Neutralisierung

## C Pathologic effect of toxin

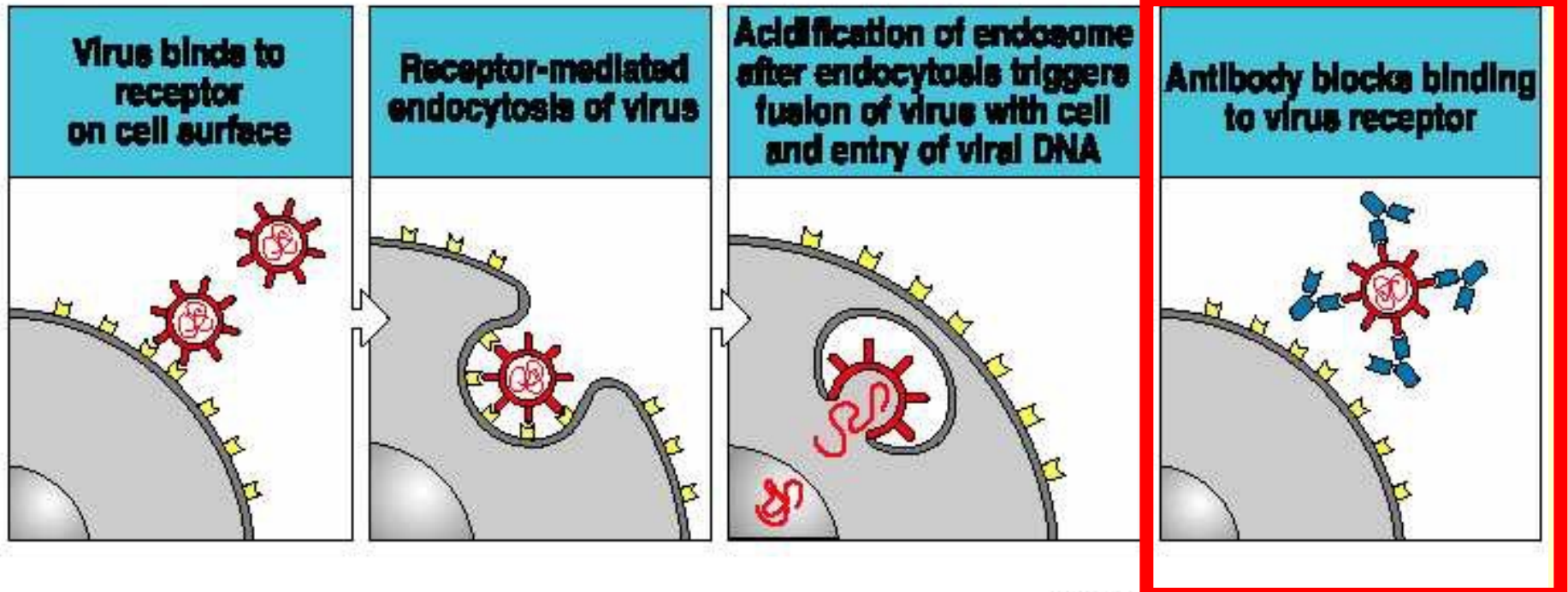


**Antibody blocks binding of toxin to cellular receptor**



# Virusneutralisierung

Figure 7.21a



# Impfung führt zur Bildung neutralisierender Antikörper

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

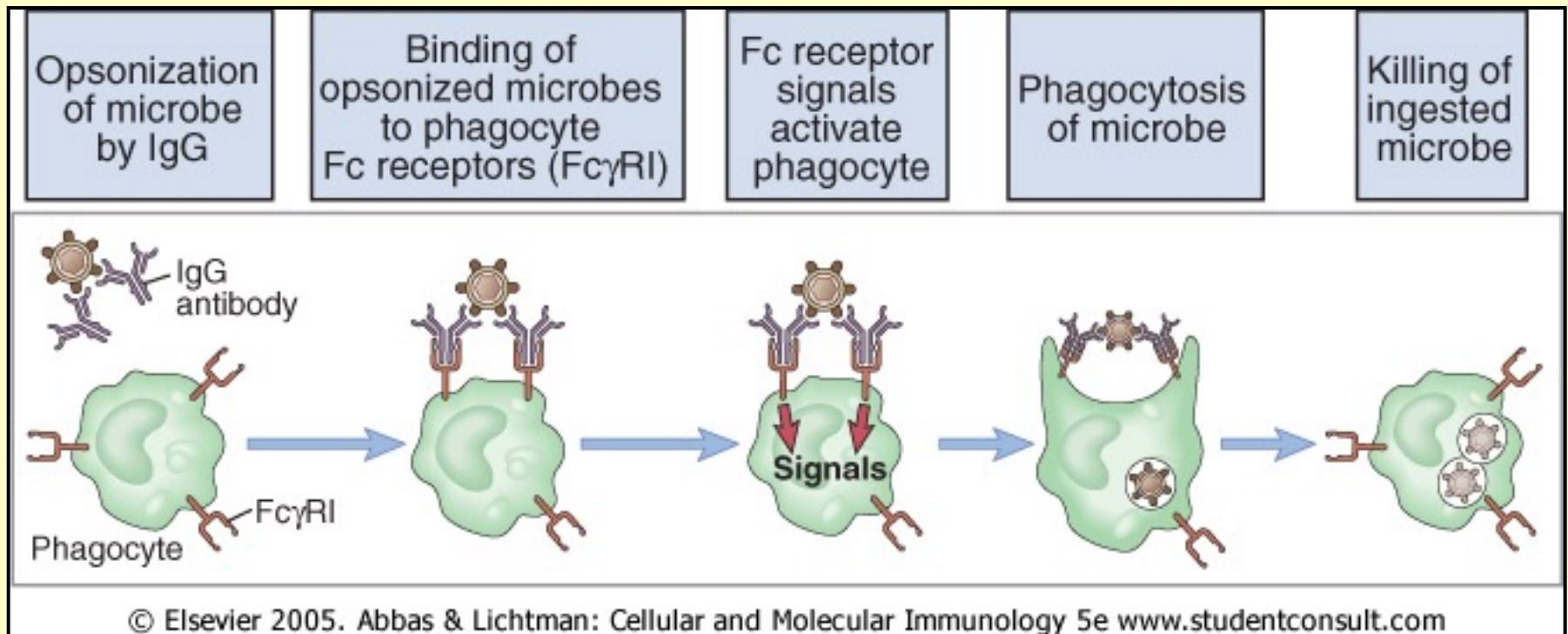


# Impfung führt zur Bildung neutralisierender Antikörper

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

# **Bindung an Fc-Rezeptoren der Phagozyten**

# Opsonisierung mit IgG, FcR Bindung



# Untereinheiten von Fc $\gamma$ -Rezeptoren

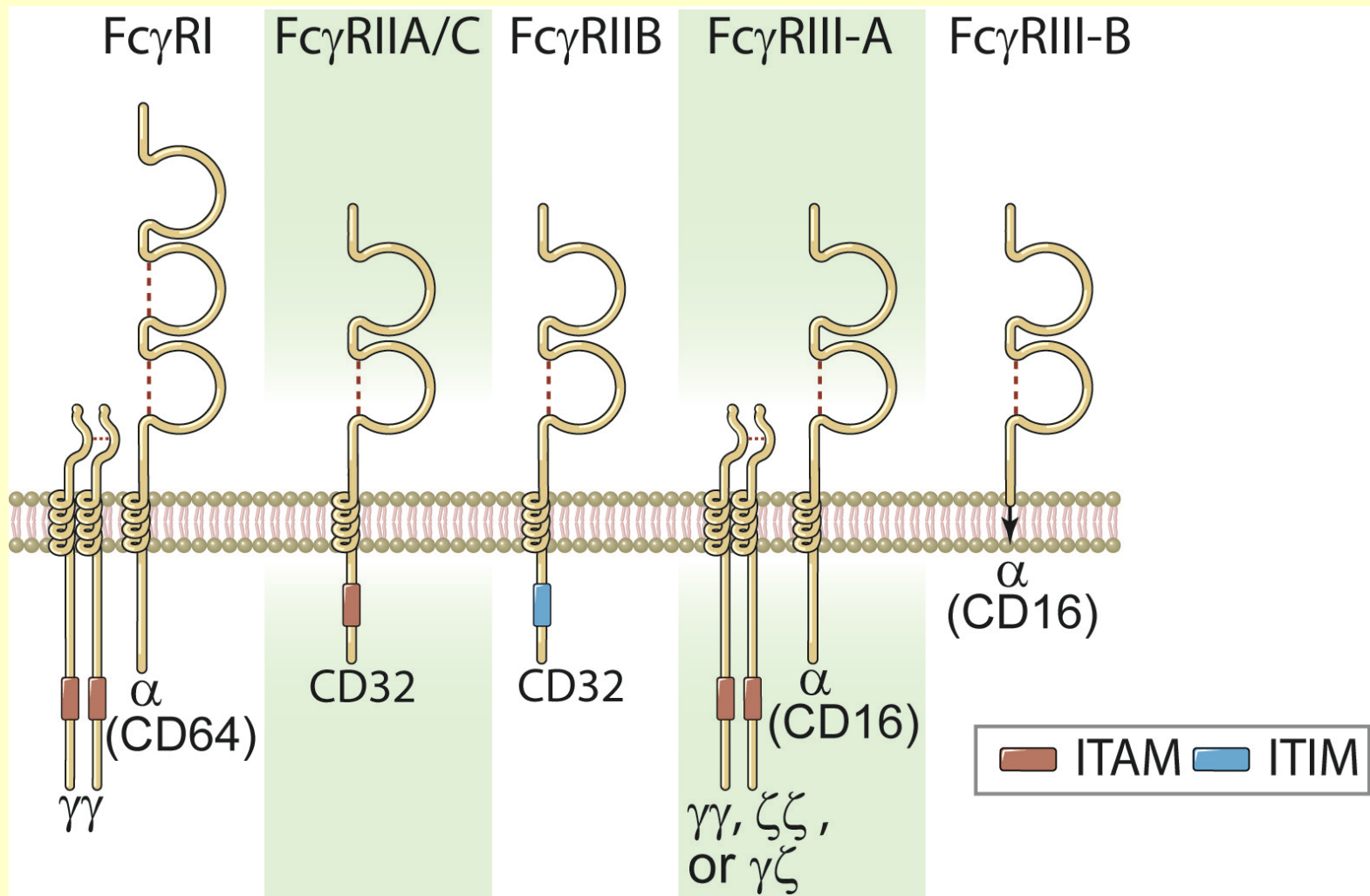


Fig. 12-3

# Fc-Rezeptoren (FcR)

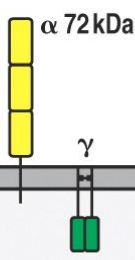
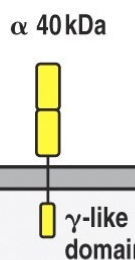
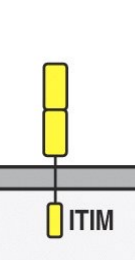
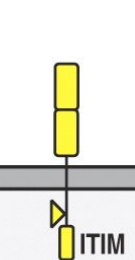
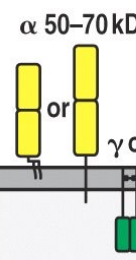
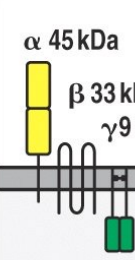
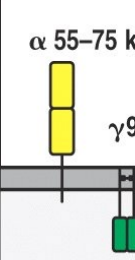
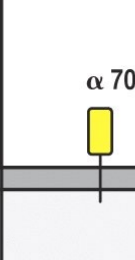
Receptor	FcγRI (CD64)	FcγRII-A (CD32)	FcγRII-B2 (CD32)	FcγRII-B1 (CD32)	FcγRIII (CD16)	FcεRI	FcαRI (CD89)	Fcα/μR
Structure	 <p>α 72 kDa γ</p>	 <p>α 40 kDa γ-like domain ITIM</p>	 <p>ITIM</p>	 <p>ITIM</p>	 <p>α 50–70 kDa γ or ζ</p>	 <p>α 45 kDa β 33 kDa γ 9 kDa</p>	 <p>α 55–75 kDa γ 9 kDa</p>	 <p>α 70 kDa</p>
Binding	IgG1	IgG1	IgG1	IgG1	IgG1	IgE	IgA1, IgA2	IgA, IgM
Order of affinity	$10^8 \text{ M}^{-1}$ 1) IgG1=IgG3 2) IgG4 3) IgG2	$2 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$ 1) IgG1 2) IgG3=IgG2* 3) IgG4	$2 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$ 1) IgG1=IgG3 2) IgG4 3) IgG2	$2 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$ 1) IgG1=IgG3 2) IgG4 3) IgG2	$5 \times 10^5 \text{ M}^{-1}$ IgG1=IgG3	$10^{10} \text{ M}^{-1}$	$10^7 \text{ M}^{-1}$ IgA1=IgA2	$3 \times 10^9 \text{ M}^{-1}$ 1) IgM 2) IgA
Cell type	Macrophages Neutrophils <sup>†</sup> Eosinophils <sup>†</sup> 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 <sup>†</sup> Basophils	Macrophages Neutrophils Eosinophils <sup>†</sup>	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

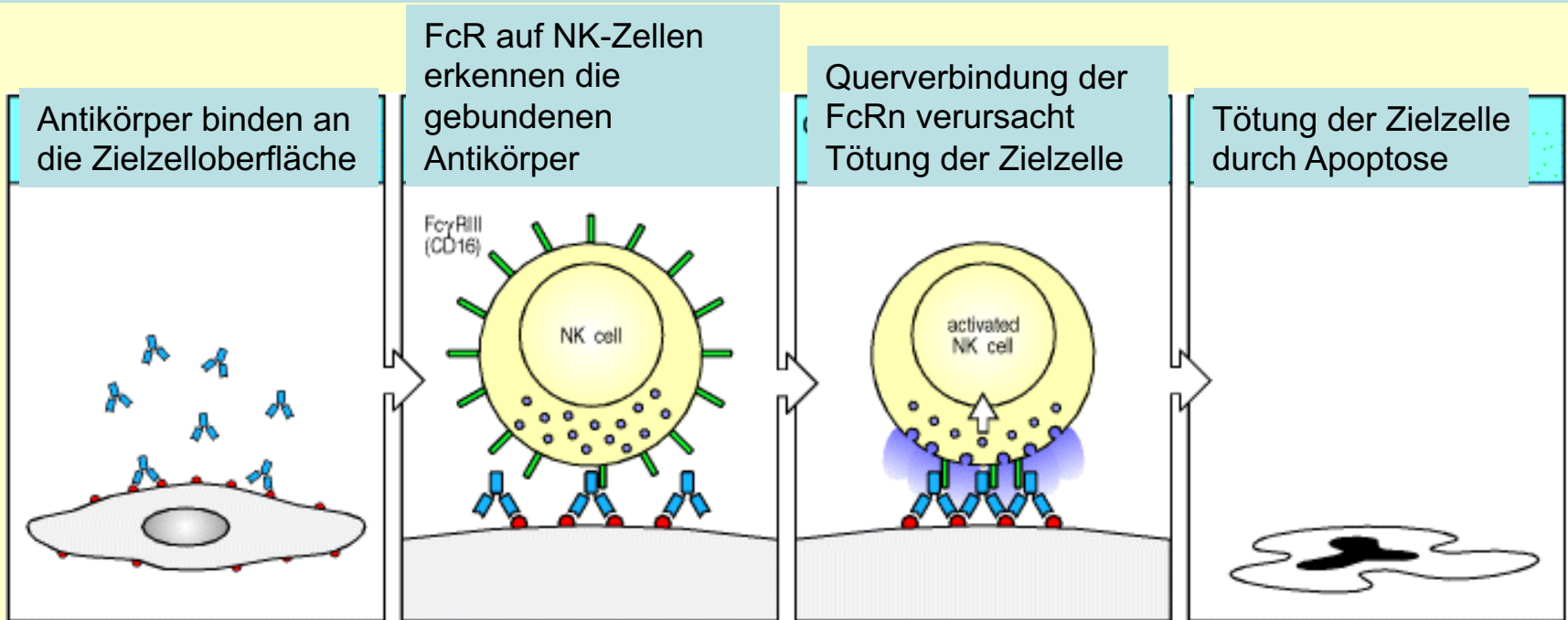
Figure 9-30 part 1 of 2 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

munobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

**Antikörper-abhängige zellvermittelte  
Zytotoxizität =**

**ADCC**

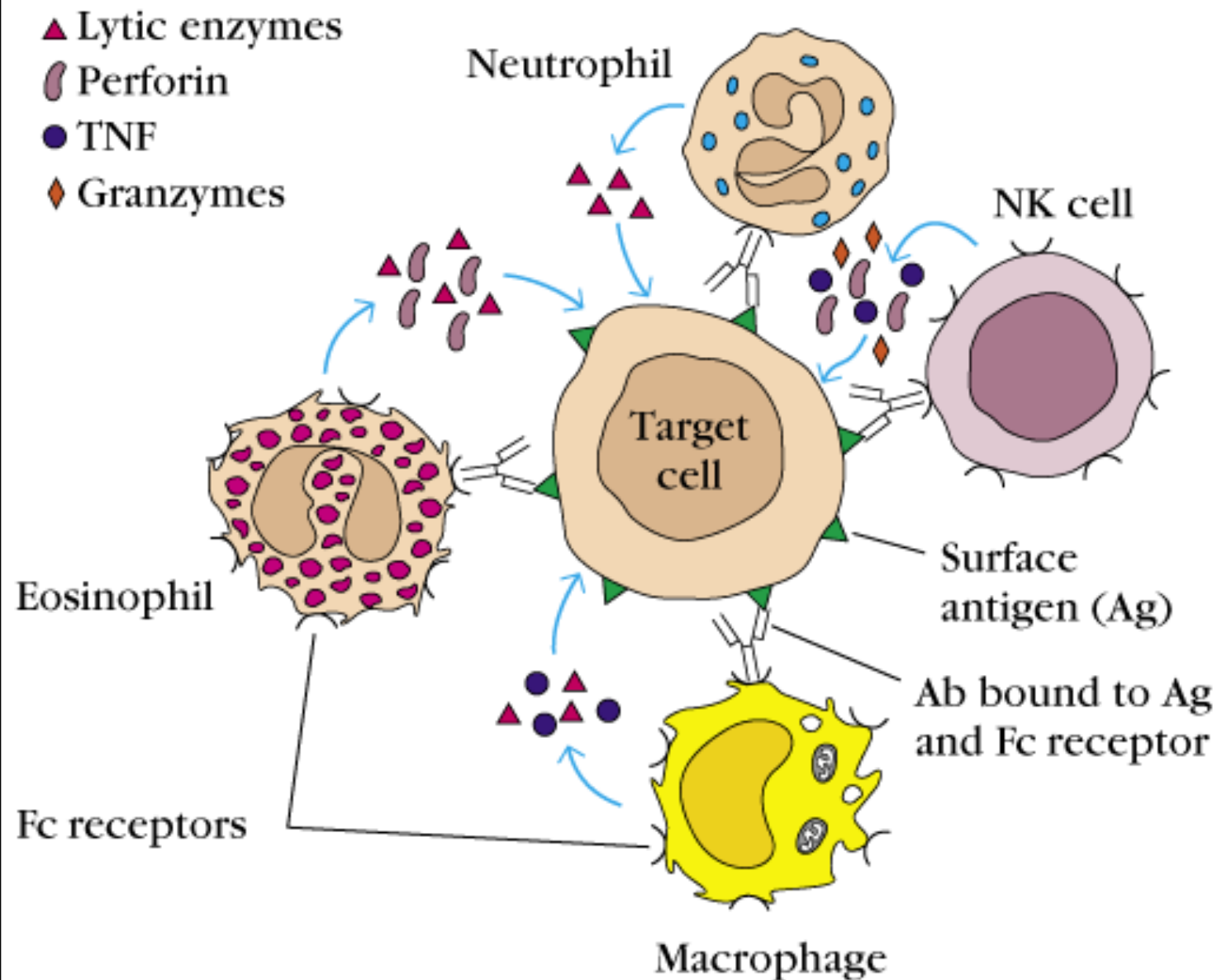
# IgG-vermittelte antikörperabhängige Zytotoxizität - ADCC



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 PIP<sub>3</sub> to PIP<sub>2</sub>

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

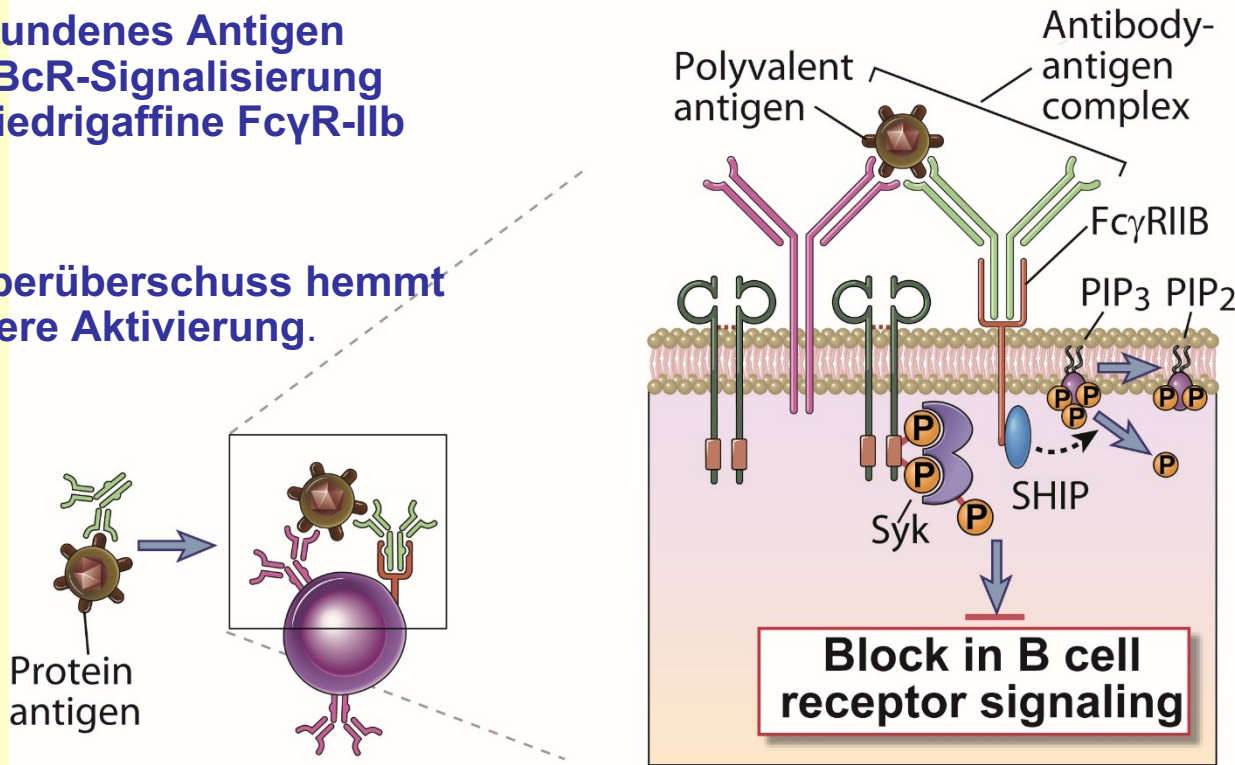
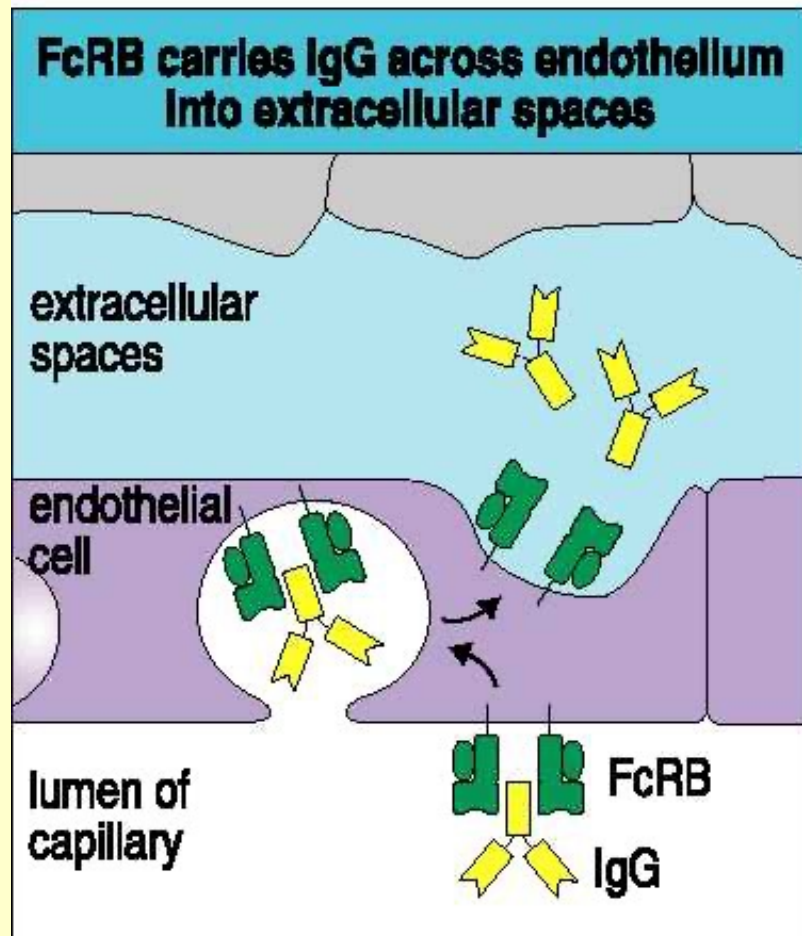


Fig. 11-21

# Plazentatransfer von Immunglobulinen

Figure 11.10



-Subklassen IgG1 und IgG3

- Transzytose mit FcRn (neonatal)  
auf Synzytiotrophoblasten

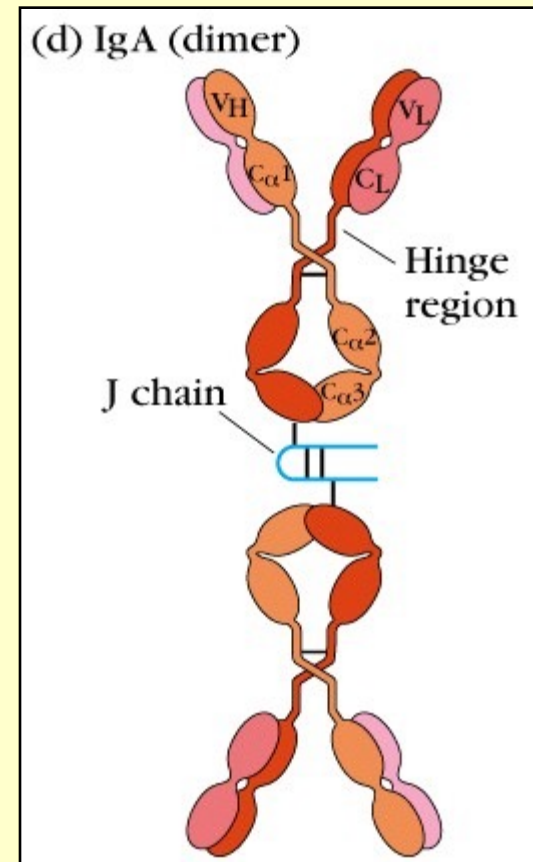
# Funktion der IgA

**IgA** (Mw 150-600 kD,

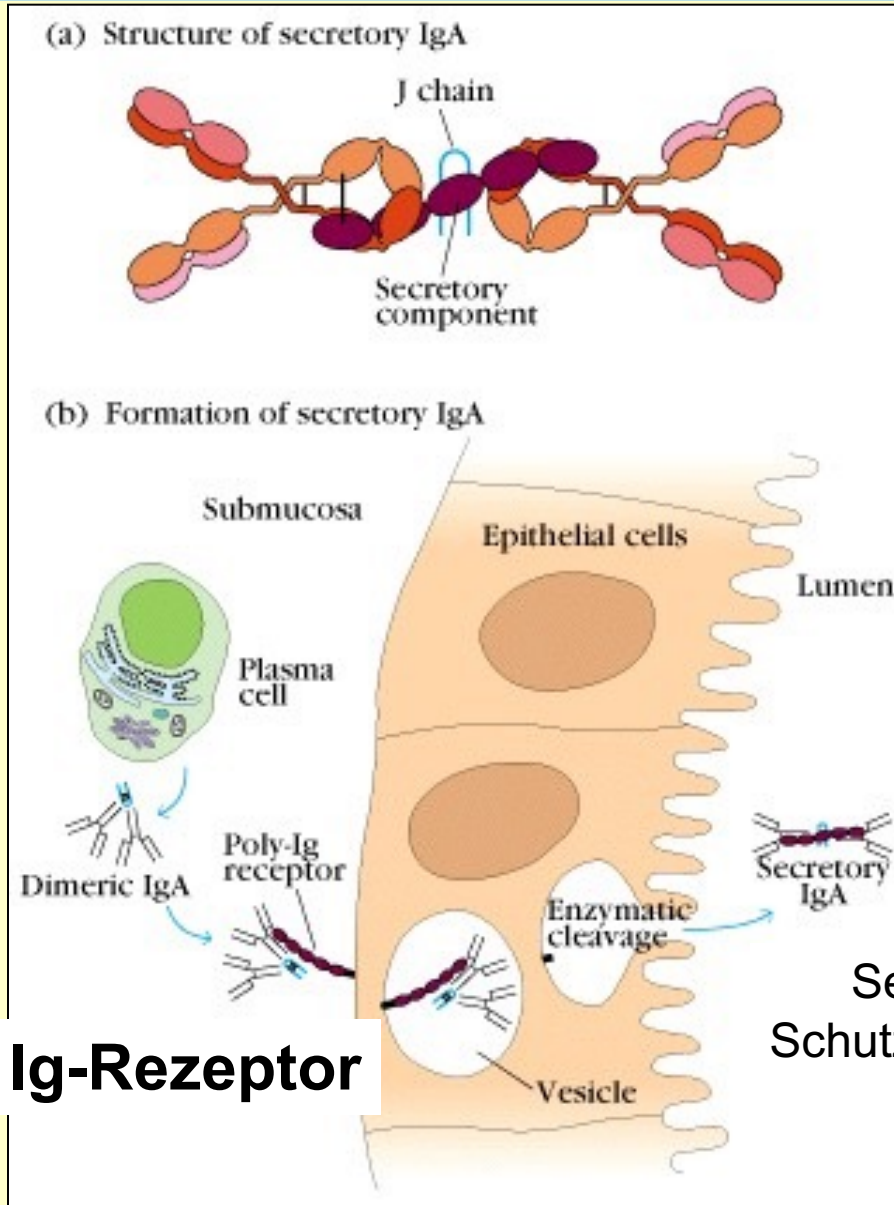
- Monomere Form in Serum (IgA1 > IgA2) - Blut
- dimere Struktur – sekretorische IgA

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

- Funktion: Neutralisierung
- Komplementaktivierung
- Fc $\alpha$ R-Bindung → Phagozytose



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



Transepithelialer Transport der IgA-Dimere

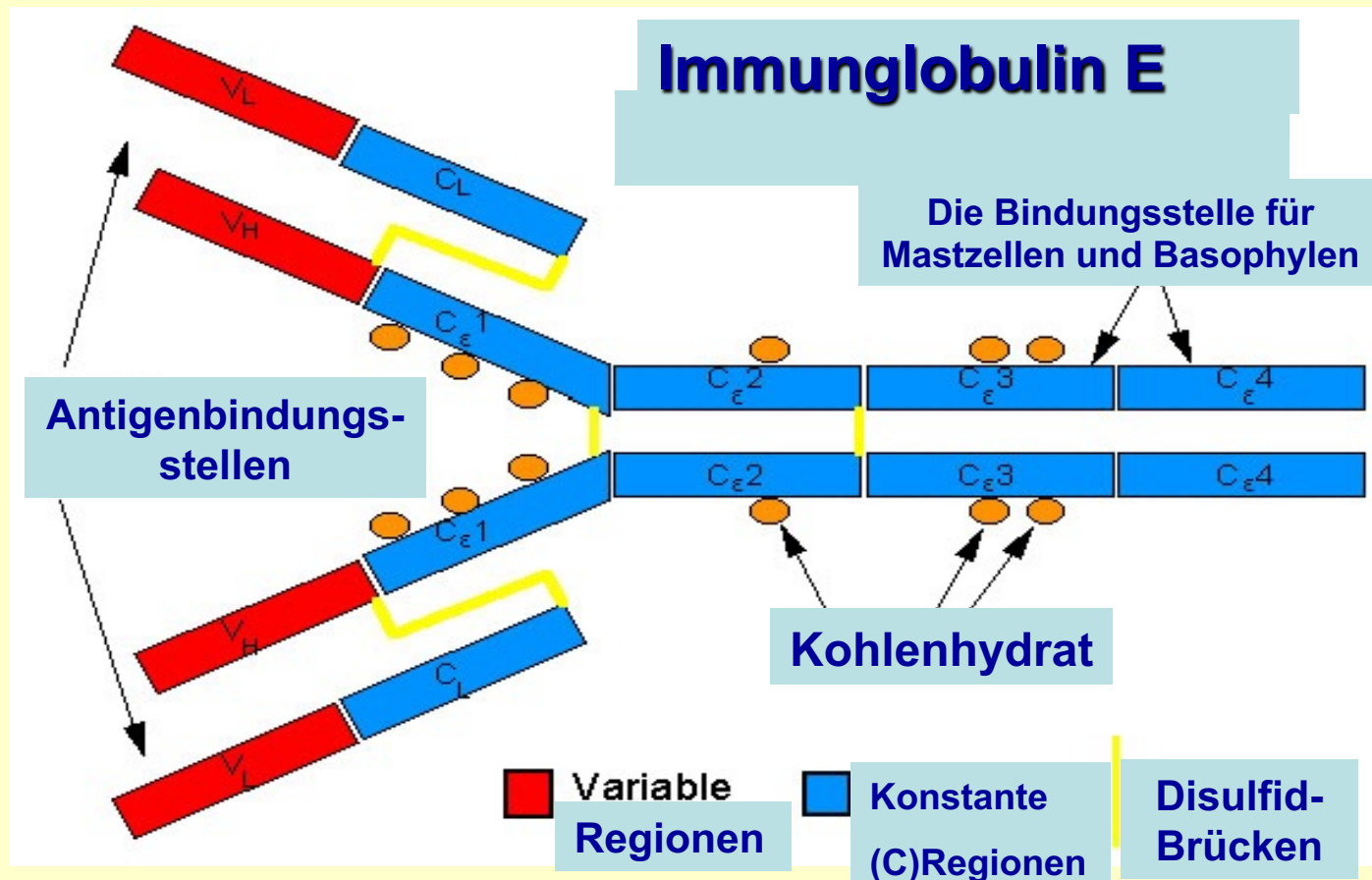
Schützt IgA vor Abbau

Sekretorische Komponente → Schutz gegen proteolytische Enzyme

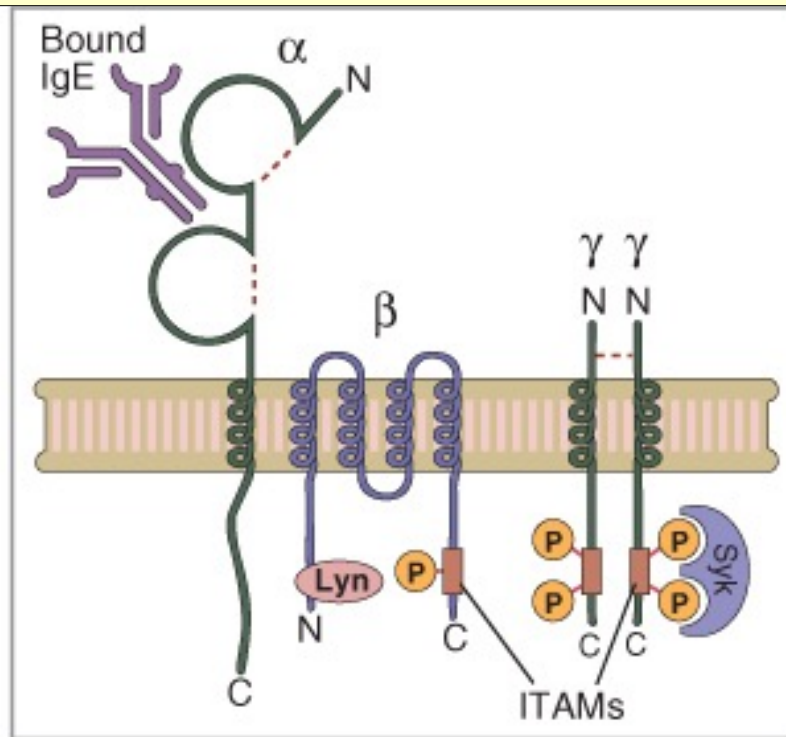
**Polymere Ig-Rezeptor**

# IgE (Mw 190 kD)

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



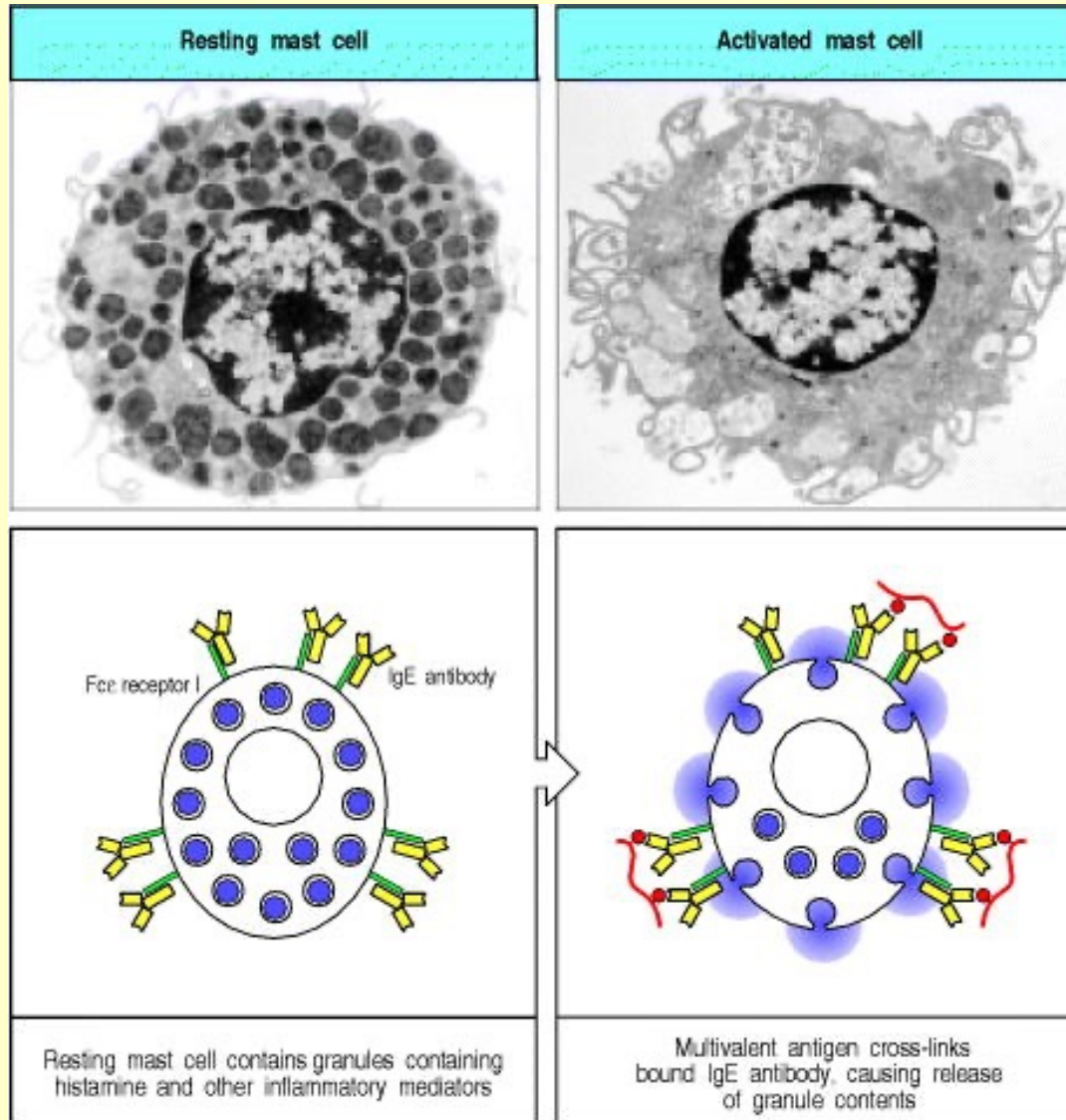
# Fc $\epsilon$ -Rezeptor



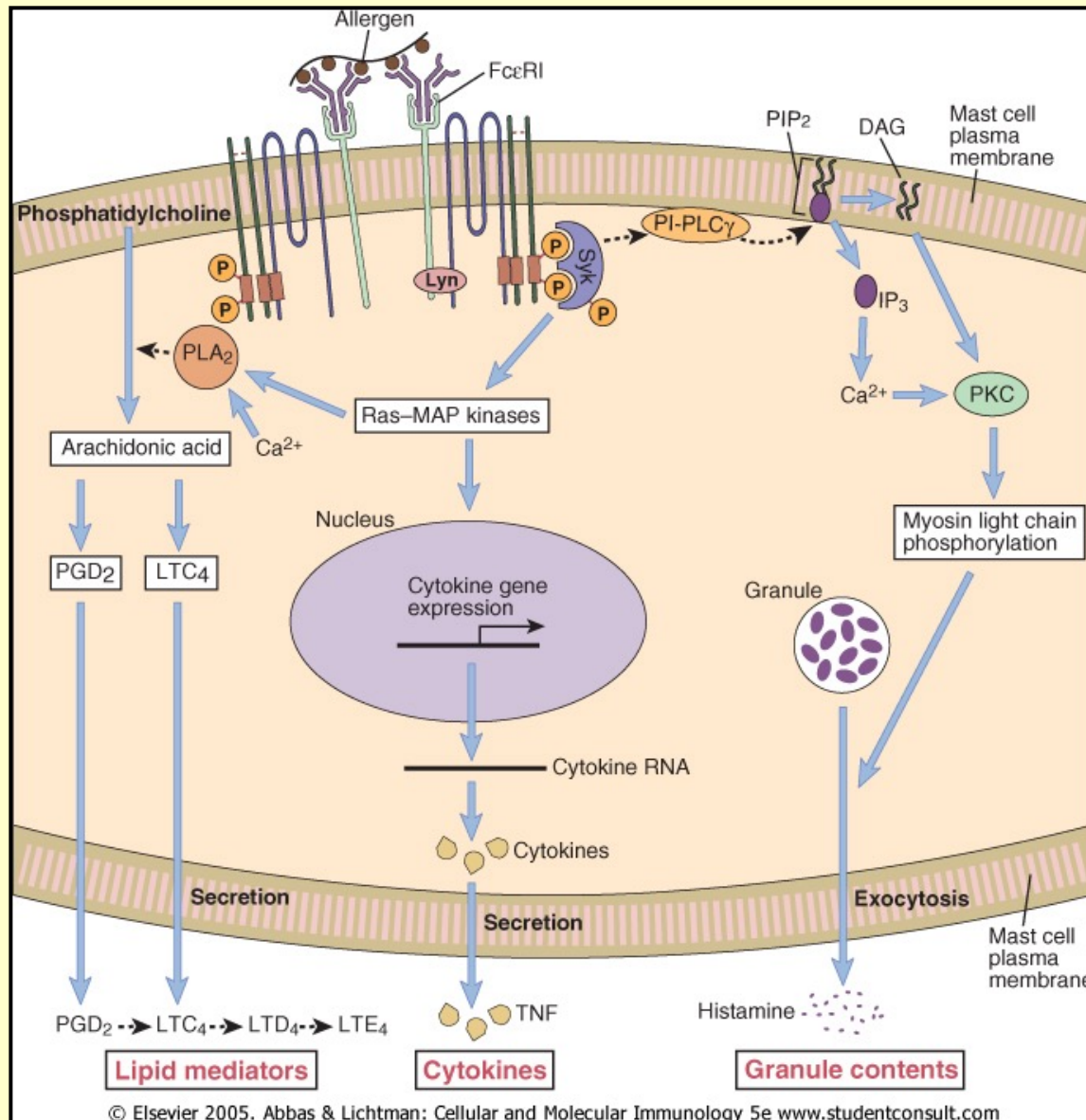
Mastzellen,  
Eosinophile  
Basophile  
Monozyten  
Langerhans-Zellen  
DC

→ Freisetzung von  
Granula

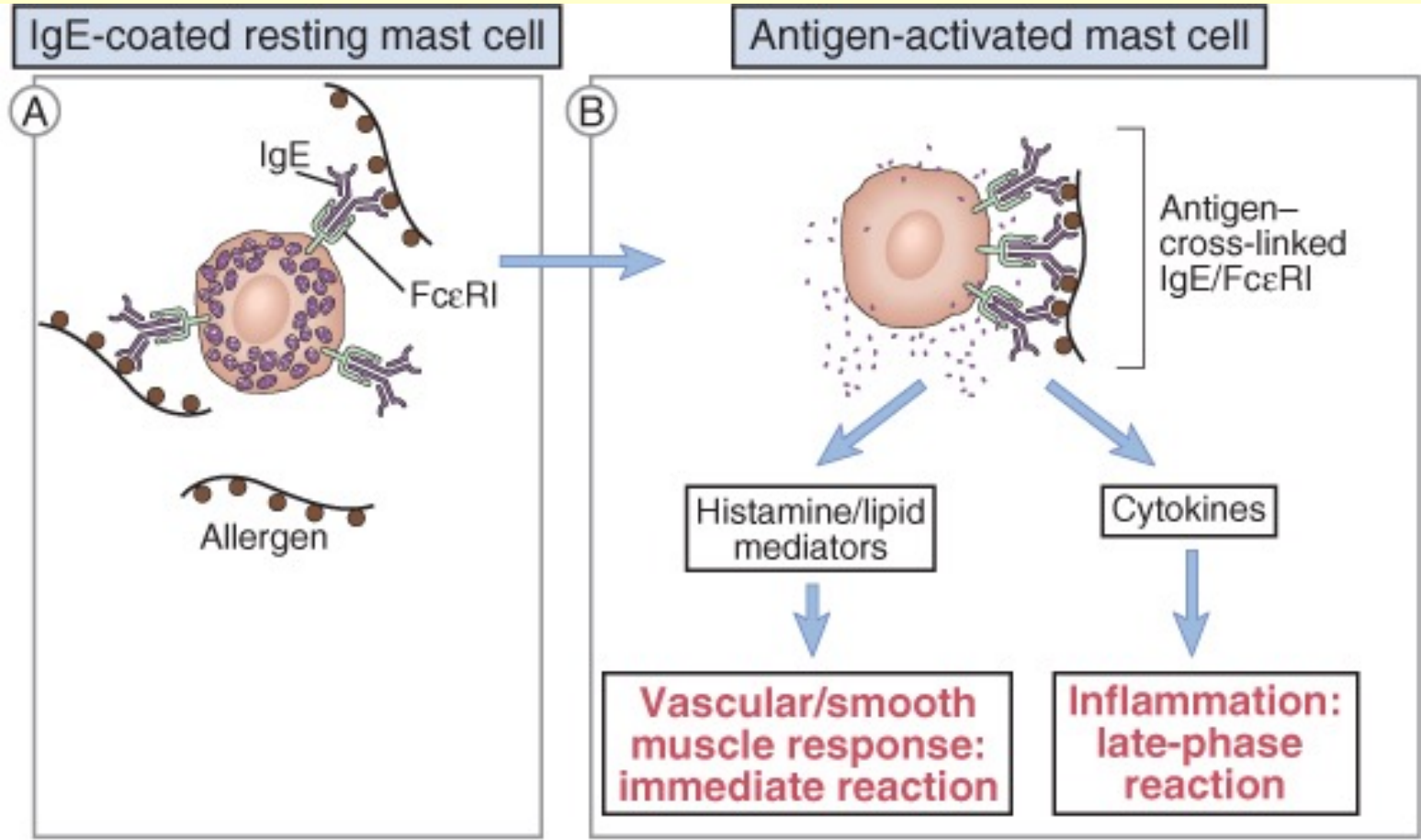
# Die Vernetzung von FcεR-gebundenen IgE-Antikörpern auf Mastzellen führt zur Freisetzung entzündungsspezifischer Mediatoren



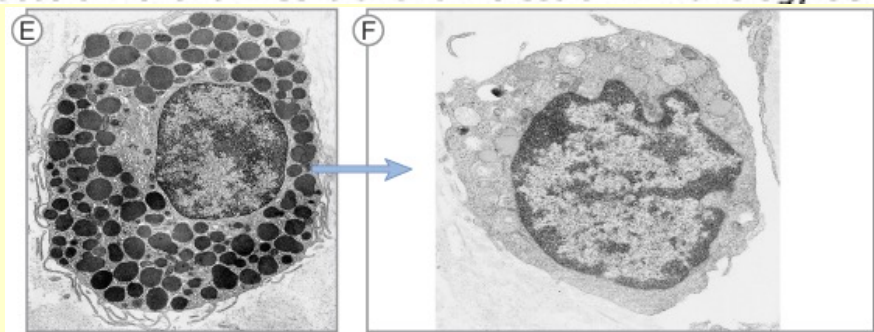
# Die IgE-Rezeptor Kreuzvernetzung über gebundene IgE führt zur Aktivierung von Mastzellen





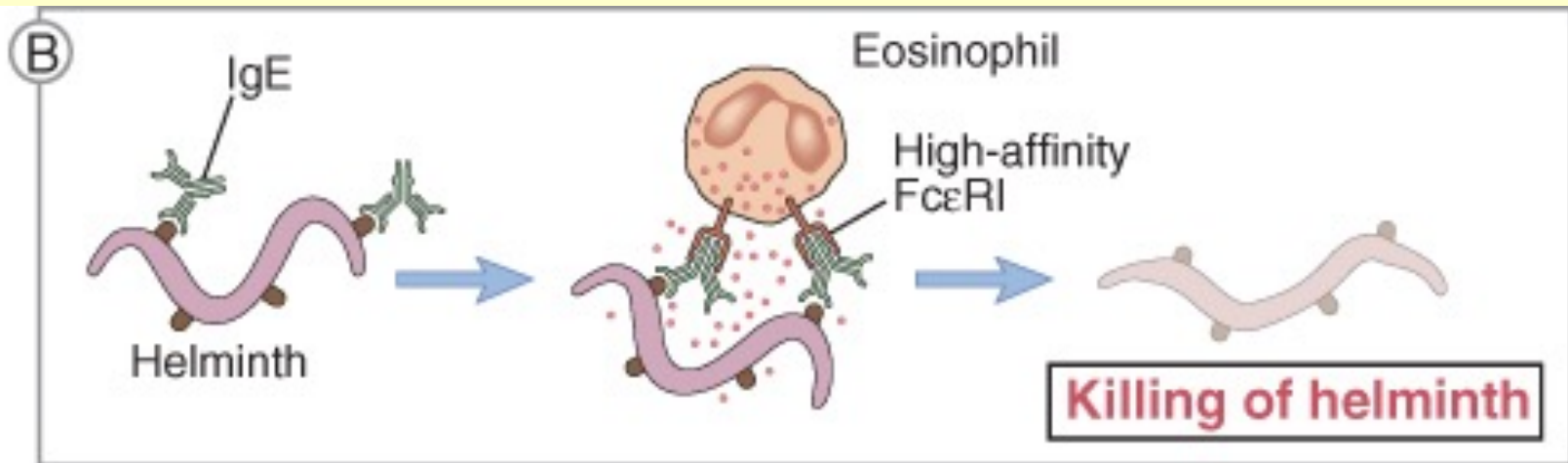


© Elsevier 2005. Abbas & Lichtman: Cellular and Molecular Immunology 5e www.studentconsult.com



© Elsevier 2005. Abbas & Lichtman: Cellular and Molecular Immunology 5e www.studentconsult.com

# IgE - vermittelte ADCC



# Mit IgE umhüllte Parasiten aktivieren eosinophile Granulozyten um ihre toxische Granula freizusetzen

Figure 7.25

