

ALFRED BERGER
ROBERT HIERNER
NORBERT PALLUA
Herausgeber

PLASTISCHE CHIRURGIE

FORSCHUNG
HANDCHIRURGIE
RHINOPLASTIK
GESICHTS-
TRANSPLANTATION

A. Berger · R. Hierner · N. Pallua · (Hrsg.)

PLASTISCHE CHIRURGIE

Band V: Forschung – Handchirurgie –
Rhinoplastik – Gesichtstransplantation



PLASTISCHE CHIRURGIE

Band I: Grundlagen – Prinzipien – Techniken

Band II: Kopf und Hals

Band III: Mamma – Stamm – Genitale

Band IV: Extremitäten

Band V: Forschung – Handchirurgie – Rhinoplastik – Gesichtstransplantation

A. Berger · R. Hierner · N. Pallua
(Hrsg.)

PLASTISCHE CHIRURGIE

Band V Forschung
Handchirurgie
Rhinoplastik
Gesichtstransplantation

Mit 243 Abbildungen und 39 Tabellen

Unter Mitarbeit von

S. Archibald · A. Berger · L. Bratani · J. Dolderer
C. I. Günter · U. Hinderer † · P. Jaminet · M. Krause
H.-G. Machens · P. Mailänder · R. Mazzola
H. Millesi · B. Mohammadi · C. Neuhann-Lorenz
A. Nusche · N. Pallua · H.-E. Schaller · E. Scharnagl
F. Siemers · M. Siemionow · S. Spindel · S. Stahl
C. Suschek · C. M. Volkmar · O. Welling
M. Wiedner · T. P. Wolter · F. Zor · C. Zwick

UNIV.-PROF. DR. MED. ALFRED BERGER
UNIV.-PROF. DR. MED. ROBERT HIERNER
UNIV.-PROF. DR. DR. MED., PROF. H.C. MULT. NORBERT PALLUA

ISBN 978-3-662-48848-5 eISBN 978-3-662-48849-2
DOI 10.1007/978-3-662-48849-2

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

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017

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 Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

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.

Cover design: deblik, Berlin

Illustrationen: R. Henkel, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature.

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg.

Die Plastische Chirurgie hat in den letzten Jahren eine explosionsartige Entwicklung erfahren. Der Einzelne kann alle Facetten dieses so interessanten Faches nicht mehr überblicken. Trotzdem besteht der Wunsch, über die gesamte Plastische Chirurgie informiert zu werden und ein Nachschlagewerk zur Verfügung zu haben, um sich die notwendigen Informationen zu beschaffen. Aus diesem Grund haben Gesamtdarstellungen nach wie vor ihren Platz.

Naturgemäß ist es eine schwere Aufgabe, ein solches Projekt zu einem guten Ende zu bringen. Es bedarf einer sorgfältigen Auswahl der Mitarbeiter, die in ihrem Teilgebiet kompetent sein müssen und auch die Bereitschaft zeigen, ihren Beitrag vollständig und zeitgerecht abzuliefern. Die Auswahl der Mitarbeiter und die Gliederung des Werkes sind Grundvoraussetzungen für das Gelingen. Wenn man sich die Liste der Mitarbeiter anschaut, muss man sagen, dass eine hervorragende Auswahl getroffen wurde und die Spitzen der Plastischen Chirurgie im Autorenverzeichnis vertreten sind.

Der Erfolg eines solchen Unternehmens steht und fällt aber mit dem Koordinator, der das ganze Gebiet überblicken muss, damit das ganze Werk wie aus einem Guss dasteht und der Leser fugenlos von einem Teilgebiet in das andere geführt wird. Alfred Berger weist zweifellos die Voraussetzungen dafür auf, ein solches Unternehmen zu planen und zu einem erfolgreichen Abschluss zu führen. Ich bin überzeugt, dass er diese schwierige Aufgabe meistern wird und wünsche schon jetzt einen erfolgreichen Abschluss der Arbeiten, einen glückhaften Start und dem Werk einen würdigen Platz in der deutschsprachigen Fachliteratur.

UNIV.-PROF. DR. HANNO MILESI

Die Plastische Chirurgie umfasst neben der Prävention die Erkennung, Wiederherstellung und Verbesserung angeborener oder durch Krankheit, Degeneration, Tumor, Unfall oder Alter verursachter sichtbar gestörter Körperfunktionen und Körperformen bei beiden Geschlechtern in jedem Lebensalter durch operative und konservative Behandlungsmaßnahmen.

Die Plastische Chirurgie ist daher ein Fach der Techniken, ein rein methodisch orientiertes Spezialgebiet. Sie ist ein interdisziplinäres Fach. Unzählige von Plastischen Chirurgen entwickelte Techniken finden sich in anderen Fächern wieder. Auch die Plastische Chirurgie lernt und lernt von den anderen Fächern und adaptiert für ihre Indikationen deren Techniken, wenn sie in das Konzept einer speziellen Behandlungsmethode aufgenommen werden sollen.

Es ist daher notwendig, dass Plastische Chirurgen auch die Grundlagen und Behandlungstechniken vieler anderer Fächer kennen. In einem Fach der Techniken werden hohe Anforderungen an die behandelnden Ärzte bzgl. Durchführung und Ergebnissen gestellt. Die Plastische Chirurgie muss daher immer in Bewegung sein, die Techniken im eigenen Fach stets weiterentwickeln, jede neue Technik kritisch begutachten und bewerten. Hier sei z.B. an die Mikrochirurgie, das Tissue Engineering oder Fremdgewebetransplantation des Gesichtes gedacht sowie an die neuen Wege in der Wundbehandlung, besonders der Verbrennungskrankheit und der Erforschung der Missbildungen und deren Behandlung. Es ist ein großes Fach und kann heute von einem Einzelnen nicht mehr komplett beherrscht werden.

Bildlich lässt sich der Inhalt der Plastischen Chirurgie wie ein Tempel darstellen (Abb. 1). Die Säulen stehen auf dem festen Fundament der Basischirurgie. Die einzelnen Säulen stellen die rekonstruktive Chirurgie, die ästhetische Chirurgie, die Verbrennungstherapie und die Handchirurgie dar. Im Dach finden sich Mikrochirurgie, Tissue Engineering und Gentechnologie.

Das vorliegende Werk in 5 Bänden soll dieser Entwicklung Rechnung tragen und der rasanten Entwicklung unseres Faches in den letzten 50 Jahren nachgehen. Die Mitwirkung der Autoren, die besondere Spezialisten in der Plastischen Chirurgie sind, ermöglicht es bewährte und neue Techniken und Ideen darzustellen als auch Zukunftswege aufzuzeigen, wohin dieses Fach gehen kann und gehen wird. Die richtige Methode für den einzelnen

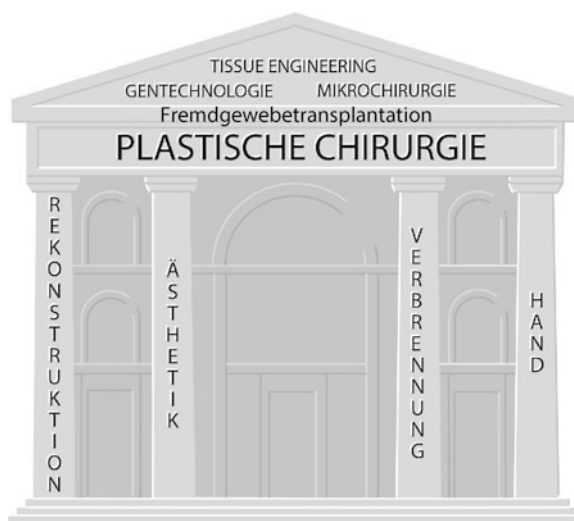


Abb. 1. Die Säulen der Plastischen Chirurgie

Fall zu finden, soll dieses Buch helfen. Es soll auch Anregungen geben, sich selbst weiterzuentwickeln.

In diesem Werk sollen nicht nur Auszubildende, angehende Fachärzte, erfahrene Plastische Chirurgen, sondern darüber hinaus jeder chirurgisch Tätige eine gut durchführbare und moderne Methode finden. Die Unterteilung in 5 Bänden:

- Grundlagen – Prinzipien – Techniken
- Kopf und Hals
- Mamma – Stamm – Genitale
- Extremitäten
- Forschung – Handchirurgie – Rhinoplastik – Gesichtstransplantation

stellt die gesamte Plastische Chirurgie dar und soll dem Leser ermöglichen, für seine speziellen Fragen brauchbare Antworten zu finden.

Hannover, im Sommer 2016

UNIV.-PROF. DR. MED. ALFRED BERGER

Moers, im Sommer 2016

UNIV.-PROF. DR. MED. ROBERT HIERNER

Aachen, im Sommer 2016

UNIV.-PROF. DR. DR. MED., PROF. H.C. MULT. NORBERT PALLUA

Danksagung

Die Herausgeber danken allen, die sich um das Entstehen dieses Buches verdient gemacht haben.

Den Autoren möchten wir für ihre ausgezeichneten Beiträge und die professionelle Zusammenarbeit danken.

Ein herzliches Dankeschön geht an Frau Gabriele Schröder vom Springer-Verlag, die die Entstehung dieses Werkes aus der ehemaligen Kirschner'schen Operationslehre möglich gemacht hat.

Die im Band enthaltenen anatomischen Zeichnungen hat wie für die bereits erschienenen Bände der Reihe Herr Reinhold Henkel angefertigt. Leider hat er uns schon frühzeitig verlassen – im Frühjahr 2013 ist er verstorben. Wir danken ihm sehr herzlich für seine von großem Fachwissen geprägte Arbeit.

Ein besonderer Dank geht auch an Frau Sigrid Berger für ihre unermüdliche und engagierte Arbeit beim Übersetzen und Kontrollieren der Textformate.

Ein herzliches Dankeschön möchten die Herausgeber auch dem Springer-Verlag sagen für die Organisation, das Copy Editing und die professionelle Begleitung während der Herstellungsphase.

Sommer 2016

UNIV.-PROF. DR. MED. ALFRED BERGER

Sommer 2016

UNIV.-PROF. DR. MED. ROBERT HIERNER

Sommer 2016

UNIV.-PROF. DR. DR. MED., PROF. H.C. MULT. NORBERT PALLUA

Abkürzungen

ABI anke-branchial systolic pressure index
AMG Arzneimittelgesetz

bFGF Basic Fibroblast Growth Factor

CD 105 = SH 2 Cluster of Differentiation 105

CD 133 Cluster of Differentiation 133

CD 14 Cluster of Differentiation 14

CD 166 = ALCAM Cluster of Differentiation 166

CD 37 Cluster of Differentiation 37

CD 45 Cluster of Differentiation 45

CD 71 = SH3-SH4 Cluster of Differentiation 71

CD 90 = Thy-1 Cluster of Differentiation 90

CD31 Cluster of Differentiation 31

CD34 Cluster of Differentiation 34

cPAVK chronische Periphere Arterielle Verschlusskrankheit

ECGF Epithelial cell growth factor

EGF Epidermal Growth Factor

eNOS endothelial Nitric Oxide Synthase

EPAS1 Endothelial PAS domain-containing protein 1

EPCs Endothelial Progenitor Cells

EPO Erythropoietin

EPO- β -Rezeptor Erythropoietin- β -Rezeptor

Ff Fibrinogen

FGF Fibroblast Growth Factor

FGF-2 Fibroblast Growth Factor-2

Fn Fibronectin

GCP Good Medical Practice

HIF-1 α Hypoxy Inducible Factor-1 α

HIF-2 α Hypoxy Inducible Factor-2 α

HIV Human immunodeficiency virus

IGF Insulin like growth factor

IL-1 Interleukin-1

IL-6 Interleukin-6

INEK InEK GmbH – Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus

MMP- 8 Matrix-Metalloproteinase-8

MMP- 9 Matrix-Metalloproteinase-9

MMP-1 Matrix-Metalloproteinase-1

MMP-13 Matrix-Metalloproteinase-13

MMP-2 Matrix-Metalloproteinase-2

Notch-1 Notch homolog 1, translocation-associated

NUB Neue Untersuchungs- und Behandlungsmethoden

Oct4 Octamer-binding transcription factor 4

On Osteonectin

OP Operation

PDAF Platelet-derived angiogenesis factor

PDEGF Platelet derived endothelial growth factor

PDGF Platelet Derived Growth Factor

PF4 Platelet factor 4

PRP Platelet-Rich Plasma

PTA Percutaneous Transluminal Angioplasty

TGF- β Transforming Growth Factor- β

TGF- β 1 Transforming Growth Factor- β 1

TGF- β 3 Transforming Growth Factor- β 3

TNF- α Tumornekrosefaktor- α

TSP-1 Thrombospondin-1

VEGF Vascular Endothelial Growth Factor

VEGF165 Vascular Endothelial Growth Factor165

Vn Vitronectin

Inhaltsverzeichnis

1	Adulte Stammzellen des Fettgewebes in der regenerativen Medizin	1	2	Neue Trends in der Plexuschirurgie	35
	N. Pallua, C.V. Suschek, C.M. Volkmar			H. Millesi	
1.1	Weichteilgewebssubstitution	1	2.1	Allgemeines	35
1.1.1	Weichteilgewebsäquivalente	2	2.1.1	Grundlagen	35
1.1.1.1	Autologes Fettgewebe	2	2.1.2	Aktuelle Situation 1969	36
1.1.1.2	Alloplastische und allogene Materialien	2	2.1.3	Die weitere Entwicklung	36
1.1.2	Autologe Fetttransplantation	3	2.1.4	Das Krankengut	36
1.1.3	Aufbau und Funktionen des Fettgewebes	3	2.2	Chirurgisch relevante Anatomie	37
1.2	Tissue-Engineering-basierte Kultivierung Fettgewebe-äquivalenten Gewebes	5	2.2.1	Begriffsbestimmungen	37
1.2.1	Tissue Engineering	6	2.2.2	Gleitgewebe und Faszienräume	37
1.2.1.1	Historisches	6	2.3	Diagnose	38
1.2.1.2	Prinzipien der Gewebszüchtung	6	2.3.1	Stellung der Detaildiagnose	38
1.2.1.3	Tissue Engineering „dreidimensionaler Gewebe“	6	2.3.2	Indikation zur Operation und optimaler Zeitpunkt	38
1.2.1.4	Matrizen	7	2.4	Spezielle Techniken	39
1.2.2	Biomaterialien in der Fettgewebszüchtung	9	2.4.1	Neue Trends der operativen Behandlung	39
1.2.2.1	Biomaterialien aus biopolymeren Konstrukten	10	2.4.1.1	Freilegung des Plexus brachialis	39
1.2.2.2	Biogele als Biomaterialien	12	2.4.1.2	Fortsetzung der Operation supraclaviculär	39
1.2.2.3	Matrixkomponenten und ihre Effekte auf Präadipozyten	14	2.4.1.3	Fortsetzung der Operation infraklavikulär	39
1.2.3	Reifes Fettgewebe als Quelle multipotenter Stammzellen	14	2.4.1.4	Darstellung des Plexus brachialis im Sulcus deltoideopectoralis	40
1.2.3.1	Präadipozyten – ideales Füllmaterial?	15	2.4.1.5	Partielle Läsionen	40
1.2.3.2	Faktoren der Adipozytendifferenzierung	18	2.4.1.6	Komplette Läsionen	41
1.2.3.3	Molekulare Basis der Differenzierung	20	2.4.2	Neurolyse	44
1.2.4	Blutversorgung bioartifiziellen Gewebes	21	2.4.2.1	Äußere Neurolyse	44
1.2.4.1	Angiogenese	21	2.4.2.2	Paraneuriektomie	45
1.2.4.2	Dreidimensionale Modelle	23	2.4.2.3	Innere Neurolyse	45
1.2.4.3	Differenzierung von stromalen vaskulären Zellen zu Endothelzellen	25	2.5	Zentrum, Reizleitung und Erfolgsorgan als Einheit	45
1.3	Schlussfolgerung	28	2.6	Schlussfolgerung	45
Weiterführende Literatur	31		Weiterführende Literatur	46	
			3	Nervenwiederherstellung mittels Tuben (Röhrchen)	47
				S.J. Archibald, A. Berger (Übersetzer)	
			3.1	Allgemeines	47
			3.1.1	Operationsmikroskop	47

3.1.2	Instrumente	47			
3.1.3	Neurorrhaphie	48			
3.2	Relevante Anatomie	48			
3.3	Spezielle Techniken	48			
3.3.1	„Short gap entubulation repair“ (SGER)	49			
3.3.2	Kurzstreckige Wiederherstellung	49			
3.3.3	Mechanische Überlegungen	49			
3.3.4	Perineurium und Spannung	49			
3.4	Endoneurale Vorwölbung	50			
3.4.1	Spannung	50			
3.4.2	Nervendurchmesser	51			
3.4.3	Nervenverletzungen	51			
3.4.4	Möglichkeiten der Nervenwiederherstellung	51			
3.5	Histologie	52			
3.5.1	Schicksal der Axone	52			
3.5.2	Kurzstreckenwiederherstellung	52			
3.5.3	Plasma-/Fibrinklotz	53			
3.6	Rolle der Schwann-Zellen	53			
3.7	Entubulationstechnik	54			
3.7.1	Röhrchendurchmesser	54			
3.8	Fibrinkleber	55			
3.8.1	Entwicklung des Materials für die Röhrchenwiederherstellung	55			
3.8.2	Kriterien für „short gap“	57			
3.9	Entwicklung der Typ-1-Kollagen- Nervenführung	57			
3.9.1	Mechanische Kompression	57			
3.9.2	„Spinning mandrel“	58			
3.9.3	Semipermeablen Eigenschaften	59			
3.9.4	Permeabilitätstest	59			
3.9.4.1	Primatenstudien	59			
3.9.4.2	Vergleich der Wiederherstellungstechniken	60			
3.9.5	Klinische Anwendungen	60			
	Weiterführende Literatur	61			
4	Veränderungen der kortikalen Aktivitäten bei peripheren Nervenverletzung	63			
	B. Mohammadi, A. Berger				
4.1	Allgemeines	63			
4.2	Technik	63			
4.2.1	Motorische Aufgabe	63			
4.3	fMRT-Untersuchungen	64			
4.3.1	Korrespondierende Areale im Gehirn	64			
4.3.1.1	Patient 1	65			
4.3.1.2	Patient 2	66			
4.4	Zusammenfassung	67			
	Weiterführende Literatur	67			
5	Lipofilling und Liposkulptur	69			
	N. Pallua, T.P. Wolter				
5.1	Allgemeines	69			
5.1.1	Liposkulpturing	70			
5.1.2	Geschichte	70			
5.1.3	Standardisierung der Technik	70			
5.2	Chirurgisch relevante Anatomie	70			
5.2.1	Zelluläre Abläufe	70			
5.2.2	„Fettläppchen“	71			
5.3	Indikationen und Kontraindikationen	71			
5.3.1	Indikationen (nach Gutowski 2009)	71			
5.3.2	Kontraindikationen	72			
5.3.3	Komplikationen	72			
5.3.4	Potentielle Tumorinduktion	72			
5.4	Therapie	72			
5.4.1	Set für den Lipotransfer	72			
5.4.2	Aufbereitung des Aspirats	74			
5.4.3	Probleme	75			
5.4.4	Übersicht	75			
5.4.4.1	Coleman-Technik	75			
5.4.4.2	Lipivage	75			
5.4.4.3	Tissu-Trans	75			
5.4.4.4	Khouri-Technik	76			
5.4.4.5	Beauli-Methode	76			
5.4.4.6	Stroma- und stammzellangereichertes Fetttransplantat	76			
5.5	Spezielle Techniken	76			
5.5.1	Lipotransfer für ästhetische und rekonstruktive Eingriffe an der Brust	76			
5.5.2	Lipotransfer für Brustvergrößerung	76			
5.5.3	BRAVA	77			
5.5.4	Facelift (Lipofacelift)	77			
5.5.5	Narbentherapie	78			
5.5.6	Kryokonservierung	79			
5.6	Gesetzliche Grundlage	79			
	Weiterführende Literatur	79			
6	Körperformung – Body Contouring	83			
	E. Scharnagl, M. Wiedner, S. Spindel				
6.1	Allgemeines	83			
6.2	Chirurgisch relevante Anatomie	84			
6.2.1	Allgemein	84			
6.2.1.1	Obere Extremität	84			
6.2.1.2	Axilla-laterale Thoraxwand	85			
6.2.1.3	Bauchdecke	85			
6.2.1.4	Lymphgefäße	85			
6.3	Diagnostik	86			
6.4	Klassifikation	87			
6.5	Therapie	88			

6.5.1	Markierung	88	7.9	Typische Komplikationen	122
6.5.1.1	Stamm	88	7.10	Zusammenfassung	123
6.5.1.2	Arme	90		Weiterführende Literatur	123
6.5.1.3	Beine	90			
6.5.1.4	Lipodystrophe Areale	90			
6.5.2	Operation – chirurgische Techniken	90	8	Anti-Aging-Medizin	125
6.5.2.1	Allgemeine chirurgische Techniken	90		M. Krause	
6.5.2.2	Spezielle chirurgische Techniken	96	8.1	Wir werden immer älter	125
6.5.3	Komplikationen	105	8.2	Theorien des Alterns	126
6.5.3.1	Somatische Komplikationen	105	8.2.1	Die Lebensrate-Theorie	126
6.5.3.2	Formfehler – ästhetische Komplikationen	105	8.2.2	Theorie der freien Radikale	126
6.5.3.3	Komplikationen im eigenen Krankengut	105	8.2.3	Molekulargenetische Ursachen des Alterns	127
	Weiterführende Literatur	107	8.2.4	Epigenetik und Proteomik	128
			8.3	Immunsystem und Altern	128
			8.4	Hormonsystem und Alter	128
			8.5	Fazit	129
7	Körperformung nach massivem Gewichtsverlust	109	8.6	Lifestyle	129
	E. Scharnagl, M. Wiedner, S. Spendel		8.6.1	Ernährung	130
7.1	Allgemeines	109	8.6.2	Ernährung – Entzündung – Alterung	131
7.1.1	Problem Adipositas	109	8.6.3	Insulinresistenz	131
7.1.2	Komorbiditäten (Aly A 2006)	110	8.6.4	Bewegung	133
7.2	Chirurgisch relevante Anatomie	110	8.6.5	Stress	134
7.3	Epidemiologie	111	8.6.6	Hormonkosmetik	137
7.3.1	Kinder und Jugendliche	111	8.6.7	Hormonersatztherapie	137
7.3.2	Erwachsene	111		Weiterführende Literatur	138
7.4	Chirurgische Behandlung der Adipositas	111			
7.5	Body Mass Index (BMI)	111	9	Botulinumtoxin in der Plastischen und Ästhetischen Chirurgie	139
7.6	Klassifikation des (Über)Gewichts	111		C. Neuhann-Lorenz	
7.7	Diagnostik	112	9.1	Allgemeines	139
7.7.1	Anamnese des Deformitätsstatus	112	9.2	Geschichte	140
7.7.2	Erhebung des BMI und der Phänomenologie des Erscheinungsbildes	112	9.3	Pharmakologie	140
7.7.3	Stabilität des erzielten Körpergewichts	112	9.3.1	Serotypen	141
7.7.4	Erhebung von Begleiterkrankungen	112	9.3.2	Wirkmechanismus	141
7.7.5	Psychischer/psychosozialer Status	112	9.3.2.1	Bindung an den präsynaptischen Rezeptor	141
7.7.6	Wünsche und Erwartungen der Patienten (Aufklärung)	113	9.3.2.2	Hemmung der Exozytose von Acetylcholin	142
7.7.7	Behandlungsplan – operative Abfolge	113	9.4	Präparate	143
7.7.8	Therapie	113	9.5	Indikationen	143
7.8	Spezielle Techniken	113	9.6	Kontraindikationen	146
7.8.1	Unterkörperspannung: Beltlift, zirkumferenzieller Lift	114	9.7	Nebenwirkungen	147
7.8.2	Oberkörperlift: Arm-, Brust, Thoraxflankenlift, Rückenstraffung	114	9.8	Komplikationen	147
7.8.2.1	Armlift/Thoraxflankenlift	114	9.8.1	Antidot	147
7.8.2.2	Brustkorrektur	116	9.9	Therapie	147
7.8.2.3	Rückenfalten – Backrolls-Flügel	122	9.9.1	Spezielle Indikationen und Technik	148
7.8.3	Adjuvante Eingriffe	122	9.9.1.1	Essentieller Blepharospasmus	149
			9.9.1.2	Protektive Ptosis	149

9.9.1.3	Hyperlakrimation (Krokodilstränen)	149	10.2.2.2	Nicht involutierendes kongenitales Hämangioen- dotheliom („non-involuting congenital hemangioendothe- lioma“ = NICH)	164
9.9.1.4	Brauenptosis	149	10.2.2.3	„Tufted Angioma“	164
9.9.1.5	Laterale orbitale Faltenbildung/ Krähenfüße	150	10.2.2.4	Kaposiformes kongenitales Hämangioendotheliom (KHE)	165
9.9.1.6	Reduktion von Gesichts- und Halsfaltenbildung	151	10.2.3	Therapie der vaskulären Tumoren	165
9.9.1.7	Glabellafalten/Zornesfalten	151	10.3	Vaskuläre Malformationen	166
9.9.1.8	Quere Stirnfalten/Denkerfalten	152	10.3.1	Kapilläre Malformationen	166
9.9.1.9	Falten an der Nasenwurzel/ Häschenfalten	152	10.3.1.1	Pathogenese	167
9.9.1.10	Laterale Periorbitalfalten/ Lachfältchen, Krähenfüße	152	10.3.1.2	Klinik	167
9.9.1.11	Falten am unteren Augenlid – Unterlidfalten	154	10.3.1.3	Therapie	167
9.9.1.12	Periorale Falten (Raucherfalten)	154	10.3.2	Venöse Malformationen	168
9.9.1.13	Labiomentale Faltenbildung/ Marionettenfalten	154	10.3.2.1	Pathogenese	168
9.9.1.14	Kinnfaltenbildungen/ Pflastersteinkinn	154	10.3.2.2	Klinik	168
9.9.2	Platysma/Halsfalten	155	10.3.2.3	Therapie	168
9.9.3	Reduktion von Pektoraliskontraktionen nach Mammarekonstruktion oder -aufbauplastik	155	10.3.3	Lymphatische Malformationen	170
9.9.4	Hyperhidrosisbehandlung	155	10.3.3.1	Pathogenese	170
9.9.5	Migräneprophylaxe	156	10.3.3.2	Klinik	170
Weiterführende Literatur	157	10.3.3.3	Therapie	171
<hr/>			10.3.4	Arterielle Malformationen	172
10	Angeborene Gefäßanomalien	159	10.3.5	Arteriovenöse Malformationen	172
	S. Spindel, M. Wiedner, E. Scharnagl		10.3.5.1	Pathogenese	172
10.1	Allgemeines	159	10.3.5.2	Klinik	172
10.1.1	Diagnostik	159	10.3.5.3	Therapie	173
10.1.1.1	Konventionelle Röntgenuntersuchungen	160	10.3.6	Gemischte Malformationen	174
10.1.1.2	Sonographie in Kombination mit Doppler	160	10.3.6.1	Klippel-Trénaunay-Syndrom	174
10.1.1.3	Computertomographie	160	10.3.6.2	Parkes-Weber-Syndrom	175
10.1.1.4	Magnetresonanztomographie (MRT)	160	Weiterführende Literatur	175
10.1.1.5	Konventionelle Angiographie	160	<hr/>		
10.1.2	Klassifikation	160	11	Innovative Therapien der Wundheilung	177
10.2	Vaskuläre Tumoren	162		H.-G. Machens, C.I. Günter	
10.2.1	Infantiles Hämangiom	162	11.1	Allgemeines	177
10.2.1.1	Pathogenese	162	11.2	Stadien der Wundheilung	178
10.2.1.2	Klinik	162	11.2.1	Exsudative Phase	179
10.2.2	Kongenitales Hämangioendotheliom (HE)	163	11.2.2	Regenerative Phase	179
10.2.2.1	Schnell involutierendes kongenitales Hämangioen- dotheliom („rapid involuting congenital hemangioendothe- lioma“ = RICH)	164	11.2.3	Reparative Phase	179
			11.3	Gestörte Wundheilung, chronische Wunden	179
			11.3.1	Diabetische Ulzera	182
			11.3.2	Ulcus cruris venosum	183
			11.3.3	Ulcus arteriosum	184
			11.3.4	Dekubitus/Druckulzera	184
			11.3.5	Keloide und hypertrophe Narben	185
			11.3.6	Narbenfreie Heilung des Embryos	186
			11.4	Innovative progenerative Therapieansätze	186
			11.4.1	Wachstumsfaktoren	188
			11.4.2	Platelet-rich-Plasma	189
			11.4.3	Gentherapie	191

11.4.4	Stammzellen	191	12.6.2	Amputationen	212
11.4.5	Tissue Engineering	192	12.6.3	Adjuvante Therapiemaßnahmen	212
11.4.6	Primär zellularisierte Matrices	193	12.6.3.1	Bestrahlung	212
11.5	Traditionelle Behandlungsmethoden	193	12.6.3.2	Chemotherapie	214
11.5.1	Präventive Maßnahmen	194	12.6.4	Neoadjuvante Therapieoptionen	214
11.5.2	Verbandsmaterialien und Methoden	194	12.6.5	Funktionelle Ergebnisse	216
11.5.3	Physikalische Verfahren	195	12.6.6	Nachsorge	216
11.5.4	Bioaktive Verbände	195	12.6.7	Lokalrezidive	216
11.6	Schlussfolgerungen	195	12.6.8	Palliativmaßnahmen	217
Weiterführende Literatur		196	12.6.9	Operative Konzepte bei palliativen Behandlungsmaßnahmen	217
<hr/>			12.6.10	Prognose	218
12	Weichteilsarkome der Extremitäten	199	12.6.11	Perspektiven	218
	F. Siemers, P. Mailänder		Weiterführende Literatur		218
<hr/>			<hr/>		
12.1	Allgemeines	199	13	Sekundäre Rhinoplastik	223
12.1.1	Anamnese	201		R. Mazzola, A. Berger (Übersetzer)	
12.1.2	Differentialdiagnose	201	13.1	Allgemeines	223
12.1.3	Verlauf	201	13.1.1	Analyse der Veränderungen	224
12.2	Chirurgisch relevante Anatomie	201	13.1.1.1	Zonen der Nase	224
12.3	Diagnostik	202	13.1.1.2	Nasenzwurzel	224
12.3.1	Bildgebende Diagnostik	202	13.1.1.3	Nasenzücken	225
12.3.2	Probeexzision (PE)	202	13.1.1.4	Nasenspitze	226
12.4	Klassifikation	204	13.1.1.5	Innerer Abschnitt der Nase	232
12.4.1	Histologie	204	13.1.2	Fotografische Dokumentation	234
12.4.2	Liposarkom/atypischer lipomatöser Tumor	205	13.1.3	Diagnostische Untersuchungen	235
12.4.3	Leiomyosarkom	205	13.1.4	Besprechung mit dem unzufriedenen Patienten	235
12.4.4	Fibrosarkom	205	13.1.5	Planen des chirurgischen Vorgehens	236
12.4.5	Malignes fibröses Histiocytom (MFH)	205	13.1.5.1	Operative Abfolge der sekundären Rhinoplastik	236
12.4.6	Rhabdomyosarkom (RMS)	205	13.2	Klinische Fälle	248
12.4.7	Ewing-Tumor-Gruppe	205	13.2.1	Niedere Nasenzwurzel	248
12.4.8	Synovialsarkome (SySa)	206	13.2.2	Hohe Nasenzwurzel	249
12.4.9	Besondere Entitäten	206	13.2.3	Stufenförmige Deformitäten der knöchernen Seitenfläche	249
12.4.9.1	Aggressive Fibromatose vom Desmoidtyp	206	13.2.4	Ausgeprägte Enge der Nasenknochen	249
12.4.9.2	Grading	206	13.2.5	Sattelnase	249
12.4.9.3	Staging	206	13.2.6	Eingedrückte Seitenwand der Nase, verbunden mit einer umgedrehten V-Deformität	249
12.4.9.4	Metastasen	207	13.2.7	„Supra tip“ oder „parrot beak“ (Papageienschnabelverformung)	250
12.5	Therapie	207	13.2.8	Nasenspitzenabweichung	250
12.5.1	Resektion	207	13.2.9	Fehlende Nasenspitzenprojektion	251
12.5.1.1	Kompartimentresektion	207	13.2.10	Überschießende Nasenspitzenprojektion	251
12.5.1.2	Wide Excision	207	13.2.11	Absinkende Nasenspitze	251
12.5.1.3	Marginale Resektion	207	13.2.12	Columella Show	253
12.5.1.4	Intraläsionale Resektion	207	13.2.13	Eingedrückte Nasenspitze	253
12.5.2	Nachresektionen	208	13.2.14	Eingedrückte Nase	253
12.6	Spezielle Techniken	208	13.2.15	Retraktion der Nasenflügel	254
12.6.1	Plastisch-chirurgische Rekonstruktionsmöglichkeiten	208	13.2.16	Verwachsungen der Nasenlöcher	254
12.6.1.1	Knochen	212			
12.6.1.2	Gelenke	212			
12.6.1.3	Sehnen	212			
12.6.1.4	Nerven	212			
12.6.1.5	Gefäße	212			

13.2.17	Kurze Nase	254	15.2	Spezielle Techniken	271
13.2.18	Narbenkontrakturen als Folge einer weiträumigen Entfernung des intranasalen Linings	254	15.2.1	Männliche Epispadie	271
13.3	Schlussfolgerung	254	15.2.2	Weibliche Epispadie	275
	Weiterführende Literatur	255		Weiterführende Literatur	276
<hr/>					
14	Gesichtstransplantation	257	16	Handgelenkganglien	277
	M. Siemionow, F. Zor, A. Berger (Übersetzer)			S. Stahl, H.-E. Schaller	
14.1	Allgemeines	257	16.1	Allgemeines	277
14.2	Chirurgische Anatomie	258	16.1.1	Chirurgisch relevante Anatomie	277
14.2.1	Gefäßversorgung der Lappen	259	16.1.2	Pathophysiologie	277
14.2.2	Sensible und motorische Innervation des Gesichts	260	16.1.3	Indikation	278
14.2.3	Gesichtslappen	260	16.1.4	Therapie	279
14.3	Diagnostik	261	16.2	Spezielle Technik	279
14.3.1	FACES-Score – funktioneller Status	262	16.2.1	Sehnenscheidenganglien (Hygrome)	279
14.3.2	FACES-Score – ästhetische Defizitkategorie	262	16.2.2	Intraossäre Ganglien	280
14.3.3	FACES-Scores – Nebenerkrankungen	262	16.2.3	Mukoidzysten	282
14.3.4	FACES-Score – exponiertes Gewebe	262		Weiterführende Literatur	283
14.3.5	FACES-Score – chirurgische Anamnese	262	<hr/>		
14.4	Klassifikation	262	17	Vaskuläre Fehlbildungen an der Hand	285
14.4.1	Unteres zentrales Gesichtsallograft (Typ 1)	263		C. Zwick, H.-E. Schaller	
14.4.2	Mittelgesichtsallograft (Typ 2)	263	17.1	Allgemeines	285
14.4.3	Oberes Gesichtsallograft (Typ 3)	263	17.2	Klassifikation	285
14.4.4	Totale Gesichtstransplantation (Typ 4)	263	17.3	Chirurgisch relevante Anatomie	285
14.4.5	Totale Gesichtstransplantation und Kopfhaut (Typ 5)	263	17.3.1	Hämangiome	285
14.4.6	Subtyp A und B	263	17.3.2	Vaskuläre Malformationen	286
14.5	Therapie	263	17.3.2.1	Venöse Malformationen	286
14.5.1	Übereinstimmung von Spender und Empfänger	263	17.3.2.2	Kapilläre Malformationen	286
14.5.2	Chirurgische Technik	265	17.3.2.3	Lymphatische Malformation	286
14.5.3	Medikation	265	17.3.2.4	Arteriovenöse Malformationen	286
14.5.4	Immunologisches Monitoring	266	17.4	Diagnose	287
14.6	Ästhetisches und funktionelles Ergebnis	266	17.4.1	Bildgebende Diagnostik	287
14.7	Physiotherapie und psychologische Betreuung	267	17.4.1.1	Hämangiome	287
14.8	Soziale und ethische Überlegungen	267	17.4.1.2	Venöse und lymphatische Malformationen	287
14.9	Spezielle Techniken	267	17.4.1.3	Arteriovenöse Malformationen	287
14.10	Zukunftsaussichten und Schlussfolgerungen	268	17.5	Therapie	287
	Weiterführende Literatur	268	17.5.1	Hämangiome	288
<hr/>					
15	Epispadie	271	17.5.1.1	Konservative Behandlung	288
	U. Hinderer †		17.5.1.2	Kryotherapie	288
15.1	Allgemeines	271	17.5.1.3	Medikamentöse Therapie	288
15.1.1	Chirurgisch relevante Anatomie	271	17.5.1.4	Lasertherapie	288
15.1.2	Techniken	271	17.5.1.5	Chirurgische Exzision	288
			17.5.2	Venöse Malformationen	289
			17.5.2.1	Konservative Behandlung	289
			17.5.2.2	Perkutane Sklerosierung	289
			17.5.2.3	Chirurgische Therapie	289
			17.5.2.4	Lasertherapie	289
			17.5.3	Kapilläre Malformationen	295
			17.5.4	Lymphatische Malformationen	295
			17.5.5	Arteriovenöse Malformationen	295
				Weiterführende Literatur	296

18	Neurofibrom	297	22.1.1	Epidemiologie	305
	O. Welling, H.-E. Schaller		22.1.2	Lokalisation	305
18.1	Allgemeines	297	22.1.3	Pathologie	305
18.2	Ätiologie	297	22.2	Klinik	306
18.3	Diagnostik	297	22.3	Radiologische Diagnostik	306
18.4	Klassifikation	298	22.4	Therapie	306
18.5	Therapie	298	22.5	Nachsorge	306
18.6	Spezielle Technik	298	Weiterführende Literatur		306
	Weiterführende Literatur	298			
19	Fibrome	299	23	Riesenzelltumor (Osteoklastom)	
	L. Bratani, O. Welling, H.-E. Schaller			des Handskeletts	309
19.1	Allgemeines	299		P. Jaminet, J. H. Dolderer, H.-E. Schaller	
19.2	Ätiologie	299	23.1	Riesenzelltumoren des Knochens	309
19.3	Diagnostik	299	23.1.1	Allgemeines	309
19.4	Sonderformen	300		23.1.1.1 Lokalisation	309
19.4.1	Kalzifizierender fibröser Tumor	300		23.1.1.2 Pathologie	309
19.4.2	Kalzifizierendes aponeurotisches Fibrom	300	23.1.2	Diagnostik	310
19.4.3	Desmoplastisches Fibroblastom	300		23.1.2.1 Klinik	310
19.5	Therapie	300		23.1.2.2 Radiologische Diagnostik	310
	Weiterführende Literatur	300	23.1.3	Therapie	310
			23.1.4	Nachsorge	310
20	Lipome	301	23.2	Riesenzelltumor der Sehnenscheide	310
	L. Bratani, O. Welling, H.-E. Schaller		23.2.1	Allgemeines	310
20.1	Allgemeines	301	23.2.2	Auftreten	311
20.2	Ätiologie	301	23.2.3	Ätiologie	311
20.3	Diagnostik	301	23.2.4	Diagnostik	311
20.4	Therapie	302		23.2.4.1 Klinisch	311
	Weiterführende Literatur	302		23.2.4.2 Makroskopisch	311
				23.2.4.3 Mikroskopisch	311
				23.2.4.4 Röntgen	311
			23.2.5	Therapie	312
				Weiterführende Literatur	312
21	Ekchondrome des Handskeletts	303			
	P. Jaminet, H.-E. Schaller		24	Osteoidosteom	315
21.1	Allgemeines	303		A. Nusche, H.-E. Schaller	
21.1.1	Epidemiologie	303	24.1	Allgemeines	315
21.1.2	Lokalisation	303	24.1.1	Ätiologie	315
21.2	Pathologie	303	24.1.2	Pathologie	316
21.3	Klinik	303	24.2	Diagnostik	316
21.4	Radiologische Diagnostik	304	24.3	Therapie	317
21.5	Therapie	304	24.4	Nachsorge	318
21.6	Nachsorge	304	Weiterführende Literatur		318
	Weiterführende Literatur	304			
22	Enchondrome des Handskeletts	305	Sachverzeichnis		319
	P. Jaminet, H.-E. Schaller				
22.1	Allgemeines	305			

Herausgeber- und Autorenverzeichnis

Archibald, S., Dr. (PhD)

Integra LifeSciences Corporation
103 Morgan Lane
Plainsboro, NJ 08536, USA

Berger, A., Univ.-Prof. Dr.

Em. Direktor der Klinik für Plastische, Hand- und
Wiederherstellungschirurgie
Schwerverbranntenzentrum der MHH
Carl-Neuberg-Str. 1, 30625 Hannover

Bratani, F. L., Dr.

Privatpraxis für Plastische und Ästhetische Chirurgie
Nordbahnhofstr. 115
70191 Stuttgart

Dolderer, J., PD Dr.

Zentrum für Plastische, Hand- und
Wiederherstellungschirurgie
Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Regensburg
Franz-Josef-Strauss-Allee 11
93053 Regensburg

Günter, C. I., Dr.

Klinik für Plastische Chirurgie und
Handchirurgie
Klinikum rechts der Isar
TU München
Ismaninger Str. 22
81675 München

Hierner, R., Univ.-Prof. Dr.

Plastische, Ästhetische, Wiederherstellungs-
und Handchirurgie
Stiftung Krankenhaus Bethanien
für die Grafschaft Moers
Bethanienstr. 21
47441 Moers

Hinderer, U. T. (+), Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. y cir., Dr. h.c.

Centro Misrasierra
Calle Cambrils, 8
28034 Madrid, Spanien

Jaminet, P., PD Dr.

Klinik für Plastische und Ästhetische Chirurgie,
Handchirurgie
St. Marien-Hospital Borken
Klinikum Westmünsterland
Am Boltenhof 7
46325 Borken

Krause, M., Dr.

Deutsches Zentrum für Individualisierte Prävention und
Leistungsverbesserung
Luisenstr. 5
30159 Hannover

Machens, H.-G. Univ.-Prof. Dr.

Klinik für Plastische Chirurgie und
Handchirurgie
Klinikum rechts der Isar
TU München
Ismaninger Str. 22
81675 München

Mailänder, P., Prof. Dr.

Sektion Plastische Chirurgie
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
Campus Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23538 Lübeck

Mazzola, R., Prof. Dr.

Specialista in Chirurgia Plastica Ricostruttiva ed Estetica
Università degli Studi di Milano
via Marchiondi 7
20122 Milano, Italia

Millesi, H., Univ.-Prof. Dr. med. Dr. h.c.

Millesi Center an der Wiener Privatklinik
Pelikangasse 15
1090 Wien, Österreich

Mohammadi, B., Prof. Dr.

Klinik für Neurologie
International Neuroscience Institute INI
Rudolf-Pichlmayr-Str. 4
30625 Hannover

Neuhann-Lorenz, C., Dr.

Plastische und Ästhetische Chirurgie
Theaterstr. 1
80333 München

Nusche, A., Dr.

BG-Unfallklinik
Plastische-, Hand-, Rekonstruktive- und
Verbrennungschirurgie an der
Eberhard-Karls-Universität
Schnarrenbergstr. 95
72076 Tübingen

Pallua, N., Univ.-Prof. Dr. Dr., Prof. h.c. mult.

Klinik für Plastische Chirurgie
Hand- und Verbrennungschirurgie
Universitätsklinikum der RWTH
Pauwelsstr. 30
52074 Aachen

Schaller, H.-E., Univ.-Prof. Dr.

BG-Unfallklinik
Plastische-, Hand-, Rekonstruktive- und
Verbrennungschirurgie an der
Eberhard-Karls-Universität
Schnarrenbergstr. 95
72076 Tübingen

Scharnagl, E., Univ.-Prof. Dr.

Ordination
Schumanngasse 25
8010 Graz, Österreich

Siemers, F., PD Dr.

Klinik für Plastische und Handchirurgie/
Brandverletzentrum
BG-Kliniken Bergmannstrost
Merseburger Str. 165
06112 Halle

Siemionow, M., MD, PhD

Professor of Orthopaedics
Department of Orthopaedics
University of Illinois at Chicago
900 South Ashland Avenue, 3356 MBRB
Chicago, 60607 IL, USA

Spendel, S., Univ.-Prof. Dr.

Klinische Abteilung für Plastische, Ästhetische und
Rekonstruktive Chirurgie
Landeskrankenhaus Universitätsklinikum
Auenbruggerplatz 29
8036 Graz, Österreich

Stahl, S., Dr.

BG-Unfallklinik
Plastische-, Hand-, Rekonstruktive- und
Verbrennungschirurgie an der
Eberhard-Karls-Universität
Schnarrenbergstr. 95
72076 Tübingen

Suschek, C., Prof. Dr.

Klinik für Unfall- und Handchirurgie
Universitätsklinikum der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Moorenstr. 5
40225 Düsseldorf

Volkmar, C. M., Dipl. Biol.

Klinik für Plastische Chirurgie
Hand- und Verbrennungschirurgie
Universitätsklinikum der RWTH
Pauwelsstr. 30
52074 Aachen

Welling, O., Dr.

Klinik für Plastische und Ästhetische Chirurgie,
Handchirurgie
St. Marien-Hospital Borken
Klinikum Westmünsterland
Am Boltenhof 7
46325 Borken

Wiedner, M., Dr.

Klinische Abteilung für Plastische, Ästhetische und
Rekonstruktive Chirurgie
Landeskrankenhaus Universitätsklinikum
Auenbruggerplatz 29
8036 Graz, Österreich

Wolter, T.P., PD Dr.

Klinik für Plastische Chirurgie
Hand- und Verbrennungschirurgie
Universitätsklinikum der RWTH
Pauwelsstr. 30
52074 Aachen

Zor, F., MD

Associate Professor of Plastic Surgery
Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery
Gulhane Military Medical Academy
Etlük, 06018, Ankara, Turkey

Zwick, C., Dr.

Andreas-Fauser-Str. 14
70567 Stuttgart

Adulte Stammzellen des Fettgewebes in der regenerativen Medizin

Inhalt

1.1	Weichteilgewebssubstitution	1
1.1.1	Weichteilgewebsäquivalente	2
1.1.1.1	Autologes Fettgewebe	2
1.1.1.2	Alloplastische und allogene Materialien	2
1.1.2	Autologe Fetttransplantation	3
1.1.3	Aufbau und Funktionen des Fettgewebes	3
1.2	Tissue-Engineering-basierte Kultivierung Fettgewebe-äquivalenten Gewebes	5
1.2.1	Tissue Engineering	6
1.2.1.1	Historisches	6
1.2.1.2	Prinzipien der Gewebszüchtung	6
1.2.1.3	Tissue Engineering „dreidimensionaler Gewebe“	6
1.2.1.4	Matrizen	7
1.2.2	Biomaterialien in der Fettgewebszüchtung	9
1.2.2.1	Biomaterialien aus biopolymeren Konstrukten	10
1.2.2.2	Biogele als Biomaterialien	12
1.2.2.3	Matrixkomponenten und ihre Effekte auf Präadipozyten	14
1.2.3	Reifes Fettgewebe als Quelle multipotenter Stammzellen	14
1.2.3.1	Präadipozyten – ideales Füllmaterial?	15
1.2.3.2	Faktoren der Adipozytendifferenzierung	18
1.2.3.3	Molekulare Basis der Differenzierung	20
1.2.4	Blutversorgung bioartifizellen Gewebes	21
1.2.4.1	Angiogenese	21
1.2.4.2	Dreidimensionale Modelle	23
1.2.4.3	Differenzierung von stromalen vaskulären Zellen zu Endothelzellen	25
1.3	Schlussfolgerung	28
	Weiterführende Literatur	31

1.1 Weichteilgewebssubstitution

Die Korrektur von Konturunregelmäßigkeiten und Volumendefiziten des Weichteilgewebes stellt nach wie vor eine Herausforderung in der Plastischen Chirurgie dar. Klinische Indikationen zur Rekonstruktion bzw. Substitution von Weichteilgewebe mittels Weichgewebsäquivalenten sind vielfältig und lassen sich im Wesentlichen in rekonstruktive und kosmetische Indikationen unterteilen. Der Leidensdruck der Patienten ist oft sehr hoch, denn entstellende Deformationen z. B. des Gesichts, der Extremitäten oder der Brust der Frau stigmatisieren, beeinträchtigen soziale Kontakte und führen oft zur gesellschaftlichen Isolation sowie zur professionellen und finanziellen Benachteiligung.

Zu den angeborenen Weichteilgewebsdefekten zählen u. a. die angeborene Mammahypoplasie, das Poland-Syndrom, ein einseitiger Fehlbildungskomplex von Brustdrüse, Brustmuskel, Haut und Anhangsgebilden mit eventueller Mitbeteiligung von Rippen- und Handfehlbildungen, die Mammaaplasie, auch Amazonensyndrom genannt, sowie die Hemiatrophia faciei progressiva.

Die erworbenen Weichteilgewebsdefekte sind weitaus vielfältiger. Hier lassen sich traumatische, postoperative, autoimmunreaktive, medikamentöse und infektiöse Ursachen unterscheiden. Infolge eines Traumas kann es zu Gewebeverlust oder Deformitäten kommen. Postoperative Weichgewebsverluste entstehen beispielsweise nach Mastektomie bei Mammakarzinom oder nach anderen Tumoresektionen. Zu den Autoimmunerkrankungen mit Weichteilgewebedefekt gehören u. a. Kollagenosen wie z. B. Sclerodermia en coup de sabre. Medikamentöse Ursachen sind bei HIV-Erkrankten mit High Active Anti-Retroviral Therapy (HAART)-Assoziation zu finden. Diese HIV-Kombinationstherapie aus Nukleosidalen, nukleotidalen Reverse-Transkriptase-Inhibitoren, nichtnukleotidalen Reverse-Transkriptase-Inhibitoren sowie Protease-Inhibitoren führt zu Fettgewebsfehlverteilungen mit Lipoatrophien im Gesicht und an den Extremitäten. Ansonsten sind noch Pannikulitiden zu nennen, die durch Entzündungen und Einschmelzungen der Subkutis gekennzeichnet sind.

Ein weiteres Feld für die Weichteilgewebssubstitution bietet sich in der kosmetischen Chirurgie. Hier kann der Weichgewebersatz bei der Therapie von eingezogenen Narben, Altersfalten sowie zur Augmentation im Nasolabial-, Lippen-, Glabella-, Wangen-, Stirn-, Kinn- und Handrückenbereich eingesetzt werden.

1.1.1 Weichteilgewebsäquivalente

In der Plastischen und Rekonstruktiven Chirurgie werden Weichgewebsdefekte, die mit einer Einschränkung der Funktion und Ästhetik einhergehen, durch unterschiedliche Verfahren wiederhergestellt. Autologes Gewebe ist zur Behandlung dieser Defekte naturgemäß am besten geeignet. Auch sonst sollte darauf geachtet werden, dass der Ersatz dem fehlenden Gewebe in möglichst vieler Hinsicht ähnelt.

1.1.1.1 Autologes Fettgewebe

Derzeit angewandte Verfahren zum Volumenersatz bzw. -substitution von Weichteilgewebe umfassen verschiedene Methoden und Materialien. Plastisch chirurgische Standardtherapien sind hierzu u. a. verschiedene lokal-regionale und freie Lappenplastiken. Diese Methode kann sowohl gestielt (mit den zugehörigen blutversorgenden Gefäßen und Nerven) als auch frei (mit Anschluss der Blutgefäße an die Blutversorgung der neuen Umgebung) durchgeführt werden. Ein wesentlicher Vorteil besteht in der Möglichkeit, größere Defekte zu bedecken. Weiterhin handelt es sich um autologes Material, wodurch immunologische Abstoßungsreaktionen verhindert werden. Die Anzahl der verfügbaren Lappenplastiken ist jedoch begrenzt und es kommt immer zu Hebedefekten am Entnahmeort.

Ein weiteres Verfahren ist die freie Fettgewebstransplantation, die zur Auffüllung von kleinen Defekten verwendet wird. Bei dieser Methode werden reife Adipozyten nach Aspirationslipektomie in den jeweiligen Defekt eingespritzt. Fettgewebe ist in fast jedem menschlichen Organismus ausreichend vorhanden, somit stellt die Verfügbarkeit kein Problem dar. Durch die Verwendung von autologem Material kommt es zu keinen Abstoßungsreaktionen. Ein Teil der Fettzellen wird jedoch durch die Aspirationslipektomie zerstört und es kann nach der Transplantation durch Resorption zur Ausbildung von Bindegewebe und Ölzysten und letztendlich zu einer Volumenminderung des Transplantats kommen. Weiterhin ist die Transplantation von freiem Fettgewebe durch die insuffiziente Neovaskularisation nur für kleine bis mittlere Defekte geeignet, da nur so die Adipozyten aufgrund der geringen Distanz durch Diffusion versorgt werden können. Durch die Resorption des Fettgewebes sind oft

weitere chirurgische Interventionen und Korrekturen notwendig. Dies erfordert einen erneuten Eingriff mit erneutem Risiko zur Deformation oder Vernarbung.

1.1.1.2 Alloplastische und allogene Materialien

Alternative Ansätze sehen die Verwendung alloplastischer und allogener Materialien wie z. B. Teflon, Silikon, humanes oder bovines Kollagen sowie Hyaluronsäurepräparate vor.

Silikon wird weltweit in der plastischen Chirurgie als Volumensubstitut für die Brustaugmentation verwendet. Grundsubstanz von Silikon ist Silizium. Makromoleküle, die abwechselnd Silizium- und Sauerstoffatome enthalten, werden als Polysiloxane oder Silikon bezeichnet. Cronin und Gerow entwickelten Silikongelimplantate, die erstmals von Cronin 1962 für die Brustaugmentation verwendet wurden. Silikonbrustimplantate existieren in einer Vielzahl verschiedener Größen und Formen, rund und anatomisch, mit hohem, mittlerem und flachem Profil. Trotz jener Vorteile hinsichtlich seiner universellen Verfügbarkeit und Vielfalt birgt Silikon auch einige Risiken in sich. Besonders die silikongefüllten Brustimplantate kamen aufgrund von gehäuften Vorfällen von Kapselkontrakturen, Autoimmunreaktionen und Revisionen in Verruf und wurden von 1992 bis 2005 von der Food and Drug Administration (FDA) in Amerika verboten. Eine genaue Analyse konnte die Vorwürfe jedoch nicht bestätigen. Bei flüssigem Silikon zur Injektion finden sich viele Berichte über multiple Knoten und Granulome, die vor allem bei fazialen Injektionen aufgetreten sind.

Kollagen wird in vielfältiger Form angeboten. Am häufigsten wurde bovines Kollagen in den letzten 20 Jahren eingesetzt. Mögliche Nebenwirkungen sind allerdings zahlreich, insbesondere Hypersensibilitätsreaktionen wie Erytheme, Indurationen oder Pruritus. Neben diesen typischen Nebenwirkungen können auch lokale Abszesse, Gewebsnekrosen und granulomatöse Fremdkörper auftreten. Bovines Kollagen ist auch in Verruf geraten, weil es eine mögliche Infektionsquelle für BSE sein könnte. Dies wurde jedoch bislang nicht bewiesen und ist aufgrund der Hygienevorschriften für die Produktion unwahrscheinlich. Vor allem den Hypersensibilitätsreaktionen kann vorgebeugt werden durch einen zweimaligen Hautsensibilitätstest im Abstand von 6 Wochen. Hauptrisiko bei humanem Kollagen sind Krankheitsübertragungen. Vorgebeugt wird diesem Risiko durch Suchtests für HIV, Hepatitis B und C sowie andere Krankheiten.

Auch *Hyaluronsäure* dient wie Kollagen zur Behebung kleinerer Weichteilvolumendefizite, z. B. der Lippenaugmentation und Glättung von Falten. Hyaluronsäure gehört zu den Makromolekülen der Glycosaminoglykane. Es stellt eine natürliche Komponente der extrazellulären

Matrix dar. Der hydrophile Anteil der Hyaluronsäure zieht Wasser aus dem Extrazellulärraum und erzeugt auf diese Weise ein Volumen. Der Vorteil von Hyaluronsäure ist, dass sie in allen Spezies identisch ist und somit selbst keine Hypersensibilitätsreaktionen hervorrufen sollte. Jedoch sind die Hyaluronsäurederivate häufig mit Hyaluronsäure-assoziierten Proteinen ausgestattet, die wiederum Hypersensibilitätsreaktionen hervorrufen können. Die Haltbarkeit beträgt zwischen 4 und 9 Monate.

Alloplastische Materialien können zur Migration neigen; zudem besteht das Risiko von Fremdkörperreaktionen, Kapselbildung und -kontrakturen, lokalen Infektionen sowie der Ausbildung allergischer Reaktionen. *Allogene* Materialien können ebenso allergische Reaktionen provozieren, bergen das Risiko der Krankheitsübertragung und zeigen in der Regel ungenügende Langzeitpersistenz bzw. erfordern in Folge der Implantatresorption multiple und wiederholte Anwendungen.

Alle genannten Techniken können mit Operations- und Infektionsrisiken, Kosten für Operation, Krankenhausaufenthalt und Nachbehandlung sowie Morbiditätsrisiken für Transplantat und Spenderstelle verbunden sein.

1.1.2 Autologe Fetttransplantation

Die bereits erwähnte autologe Fetttransplantation ist ein seit Ende des 19. Jahrhunderts bekanntes Verfahren, das nach anfänglichem Optimismus zunächst jedoch keine weitgehende Verbreitung fand. Seit den 1990er Jahren erlebt die Methode jedoch eine zunehmende Popularisierung, die vor allem durch die Arbeiten von Coleman angestoßen wurde. Für eine ausführliche Darstellung der Methode und deren Anwendungsmöglichkeiten wird auf Kap. 5 „Lipofilling und Liposkulptur“ verwiesen.

1.1.3 Aufbau und Funktionen des Fettgewebes

Die Größe des Fettorgans auf zellulärer Ebene wird durch die Größe und die Anzahl enthaltener Fettzellen determiniert. Über Jahrzehnte hinweg galt das Dogma, dass die Anzahl der Fettzellen im Kindesalter festgelegt wird und über die gesamte Lebensdauer konstant bleibt. Veränderungen der Fettgewebegröße können nach diesem Modell nur durch Modulation des Adipozytenvolumens erreicht werden. Nach neuesten Forschungsergebnissen besitzt dieses Konzept keine Gültigkeit mehr. Neben Volumenänderungen werden sowohl eine Zunahme als auch eine Reduktion der Adipozytenzahl für möglich erachtet (Abb. 1.1).

Das einzelne Läppchen des lobulär aufgebauten Fettgewebes misst einige Millimeter im Durchmesser und

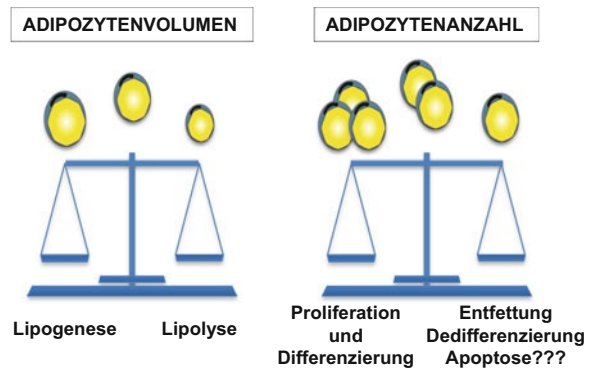


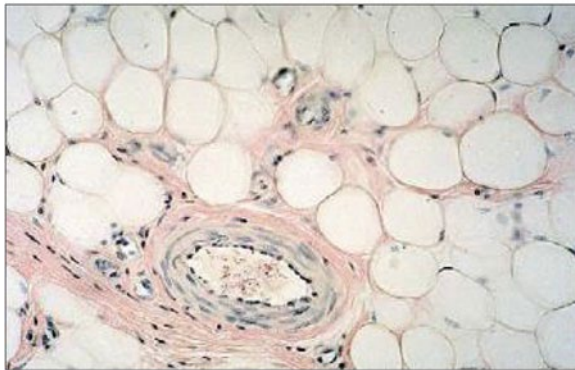
Abb. 1.1 Regulationsmechanismen der Fettgewebemasse

besteht aus Adipozyten und einer stromal-vaskulären Fraktion (SVF). Reife Adipozyten, auch Siegelringzellen genannt, sind etwa 120 µm groß, besitzen eine große, singuläre Fettvakuole und einen randständigen Kern. Die stromal-vaskuläre Fraktion (SVF) bildet das lockere Bindegewebe zwischen Fettzellgruppen und setzt sich u. a. zusammen aus Makrophagen, Fibroblasten, Perizyten, Mastzellen, mikrovaskulären Endothelzellen sowie Vorläuferzellen der adipogenen Linie, den Adipoblasten und Präadipozyten, die als mesenchymale Vorläuferzellen der reifen Adipozyten der adipogenen Zelllinie zuzuschreiben sind. Bindegewebssepten dienen der mechanischen Stabilisierung und Abgrenzung der einzelnen Lobuli (Abb. 1.2).

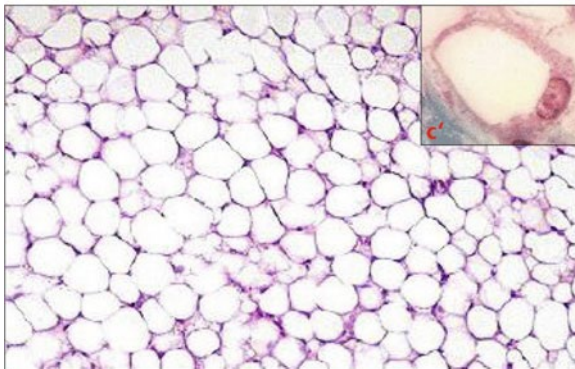
Der Anteil des Fettgewebes am Körpergewicht liegt beim normalgewichtigen erwachsenen Mann bei ca. 10–20 % bzw. bei ca. 15–25 % bei der erwachsenen Frau. Das Fettgewebe wird in der Regel als Sonderform des retikulären Bindegewebes klassifiziert. Grundsätzlich findet, entsprechend dem Farbton des nativen Fettgewebes, eine Unterscheidung zwischen weißem und braunem Fettgewebe statt (Abb. 1.3, Tab. 1.1). Im adulten Organismus liegt im Wesentlichen weißes Fettgewebe vor, das als Speichergewebe für Neutralfette (Speicherfett), mechanisch wichtiges Füllgewebe (Baufett) sowie Kälteschutzgewebe (subkutanes Fettgewebe) dient. Makroskopisch ist das weiße Fettgewebe durch bindegewebige Septen in einzelne Fettläppchen unterteilt, die sowohl morphologisch, funktionell als auch angiologisch selbstständige Einheiten darstellen. Es handelt sich um Bereiche terminaler Zirkulation. Die Arterie verläuft gewöhnlich in der Achse des Läppchens, während eine paarige Vene das Blut an seiner Oberfläche sammelt. Entgegen weitläufiger Darstellungen handelt es sich beim Fettgewebe um ein hochvaskularisiertes Gewebe. Berechnet man das Kapillarbett im Fettgewebe, bezogen auf das aktive Zytoplasma der Fettzellen, so ergeben sich ähnlich hohe Werte wie bei einem Skelettmuskel, wobei der Blutfluss in positiver Beziehung zur Adipozytenzahl steht. Die hohe Vaskularisierung des Fett-



a



b



c

Abb. 1.2a-c Histologische Darstellung des Fettgewebes und seiner Blutversorgung. **a** Blutversorgung einzelner Fettläppchen. Jedes Läppchen wird durch ein stark vernetztes Kapillarsystem versorgt. Die Arterie verläuft gewöhnlich in der Achse des Fettläppchens. *Pfeile* Fettläppchen. **b** Anschnitt einer Arteriole und Kapillaren im univakuolären Fettgewebe. **c** Univakuoläres Fettgewebe. Aufgrund der histologischen Aufbereitung kommt es zum Herauslösen der Lipide. *Auschnitt*: Nur der schmale Zytoplasmasaum und der Zellkern sind zu erkennen

gewebes ist für den Austausch von Metaboliten, die hohe Stoffwechselaktivität der einzelnen Fettzellen sowie ihre endokrine Funktion unabdingbar (s. Abb. 1.2).

Tab. 1.1 Unterschiede zwischen braunem und weißem Fettgewebe

	Braunes Fettgewebe	Weißes Fettgewebe
Vorkommen	Vor allem in der Embryonal- und Neonatalperiode	Gesamte Lebensdauer
Morphologie	Multivakuoläre Fettzellen, direkte sympathische Innervation	Univakuoläre Fettzellen, Innervation perivaskulär
Funktion	Thermogenese	Schutz und Stütze von Organen, Energiespeicherung, Energiebereitstellung, endokrines Organ
Besonderheiten	Reich an Mitochondrien	Extreme intraspezifische/individuelle Ausdehnung

Über Rezeptoren an den Adipozyten wird die Aufnahme und Abgabe von Fett reguliert. Die Rezeptoren sprechen hauptsächlich auf verschiedene Wachstumsfaktoren, Insulin, Glukokortikoide, Schilddrüsenhormone und Noradrenalin an. Bedeutende Wachstumsfaktoren sind u. a. der *Platelet-Derived Growth Factor* (PDGF) aus Thrombozyten, *Fibroblast Growth Factor* (FGF), *Insulin-like Growth Factor* (IGF) sowie der *Transforming Growth Factor* (TGF). Diese Wachstumsfaktoren werden im Anschluss an Gewebeschäden sezerniert und induzieren neben der Proliferation von Fettzellen auch die Entwicklung neuer Blutgefäße. Ein ausgeprägtes Kapillarbett und das autonome Nervengewebe sind mit dem Fettgewebe verbunden, wobei das Wachstum der Fettzellen von der sympathischen Innervation und von Neurotransmittern abhängig ist.

Fettgewebe dient nicht nur der Speicherung von Energie und der Isolierung des Körpers, um diesen vor Wärmeverlust zu schützen, sondern es bietet auch mechanischen Schutz für die inneren Organe. Es ist ein Wasserspeicher, es nimmt Fettsäuren auf und speichert sie in Form von Triglyzeriden. Weiterhin ist es für die Produktion von Fettgewebshormonen, antiinflammatorischen Zytokinen (wie Leptin, TNF- α etc.) und zahlreichen anderen Hormonen (Angiotensin II) zuständig (Abb. 1.4). Diese Proteine werden auch unter dem Namen Adipokine zusammengefasst.

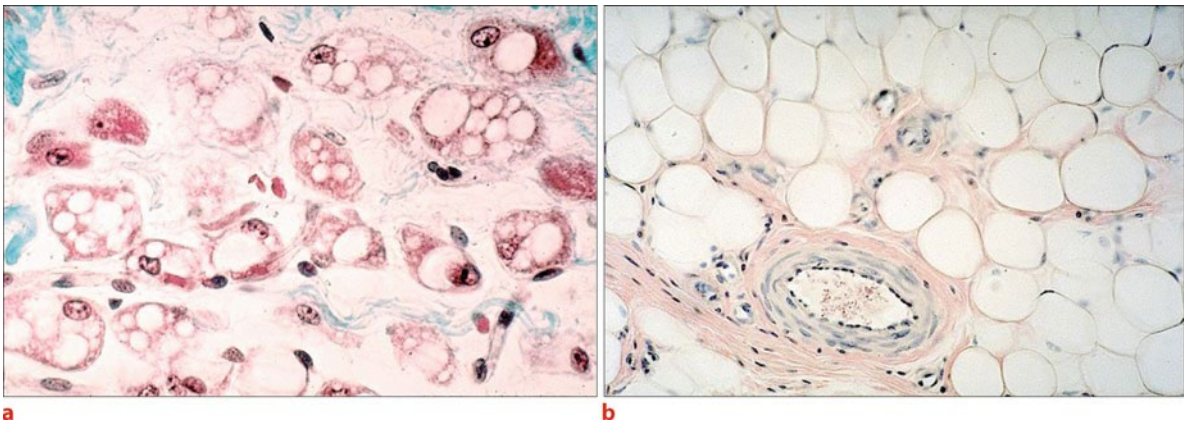


Abb. 1.3a,b Humane Fettgewebstypen. **a** Braunes, plurivakuoläres Fettgewebe. Der runde Kern liegt zentral innerhalb des Zytoplasmas. In **b** ist dagegen weißes, univakuoläres Fettgewebe dargestellt. Das durch die Färbemethode ausgewaschene Fett hinterlässt große Hohlräume. Die dort eigentlich befindliche große Fettvakuole verdrängt den Nukleus an den Zellrand. Es ist gut zu erkennen, dass das Zytoplasma nur noch als schmaler Saum entlang der Membran liegt

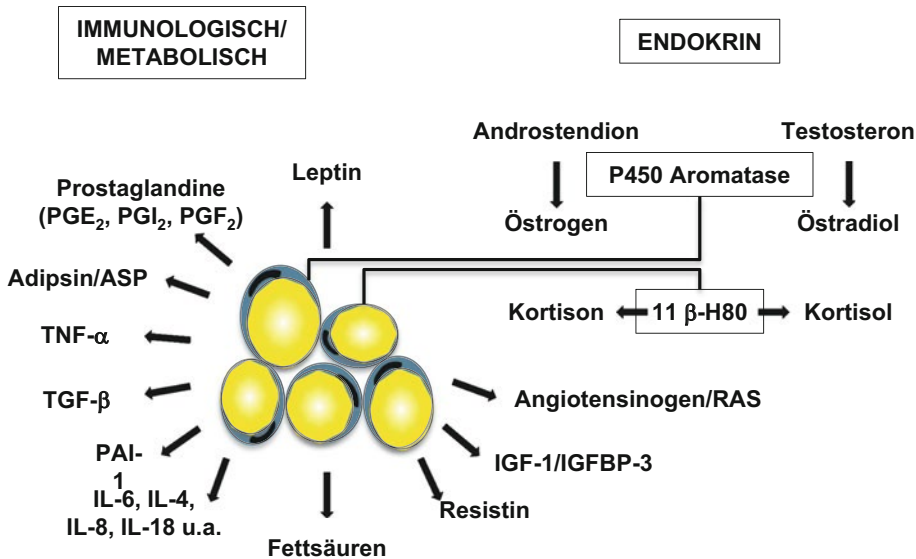


Abb. 1.4 Wichtigste Sekretionsprodukte humaner Adipozyten

Braunes Fettgewebe, das seine Färbung der hohen Anzahl an Mitochondrien verdankt, kommt noch vermehrt beim Säugling vor und unterstützt hier die Wärmeproduktion durch Oxidation aufgenommener Fettsäuren. Im adulten Organismus findet sich braunes Fettgewebe nur noch rudimentär, z. B. im Nierenlager, im Mediastinum und um die Aorta gelegen (s. Abb. 1.3, s. Tab. 1.1).

Für die Plastische Chirurgie ist das subkutane Fettgewebe von besonderem Interesse. Seine Verteilung weist abhängig von Alter, Geschlecht, Ernährungsgewohnheiten, hormonalen Einflüssen und genetischer Disposition anatomisch-regionale Unterschiede auf.

1.2 Tissue-Engineering-basierte Kultivierung Fettgewebe-äquivalenten Gewebes

Innovative Therapieformen müssen sich stets mit bereits etablierten Therapien bezüglich Sicherheit und Ergebnis messen lassen. Das Therapierisiko von innovativen Therapien darf im Vergleich zu etablierten Verfahren nicht erhöht sein. Das impliziert, dass die Transplantation bioartifiziellen Gewebes den Empfängerorganismus zum Beispiel nicht durch Entzündungsreaktionen oder Tumorinduktion gefährden darf. Dabei muss der Gewebersatz nicht das gesamte oben genannte Funktionsspektrum des Fettgewebes abdecken. In seiner Anwendung zur Substi-