

Sektion I Grundlagen

1 Geschichte der Gehirnerschütterung	3
Axel Gänsslen, Ingo Schmehl und Helga Längen	
Literatur	8
2 Anatomie und Gehirnentwicklung	9
Ingo Schmehl und Axel Gänsslen	
2.1 Großhirn	10
2.2 Zwischenhirn	10
2.3 Mittelhirn	11
2.4 Brücke und Medulla oblongata	11
2.5 Kleinhirn	11
2.6 Plastizität	11
2.7 Zellen des Gehirns	11
2.7.1 Das Neuron	11
2.7.2 Gliazellen	11
2.8 Grundlagen der Gehirnentwicklung	12
2.8.1 Gehirnwachstum	13
2.8.2 Entwicklung der grauen und weißen Substanz	15
2.8.3 Weitere Entwicklungen	16
2.9 Gehirnerschütterung und SHT während der Reifungsprozesse	16
Literatur	18
3 Biomechanik und Pathophysiologie	23
Axel Gänsslen, Ingo Schmehl und E. Rickels	
3.1 Unfallmechanismus	23
3.2 Pathophysiologie	27
3.2.1 Pathophysiologie des Neurons	27
3.2.2 Pathophysiologie des Axons	31
3.3 Konsequenzen des Hirntraumas	34
3.4 Korrelation Pathophysiologie zu klinischer Symptomatik	35
Literatur	37
4 Definitionen und Klassifikationen	45
Ingo Schmehl, Axel Gänsslen und E. Rickels	
4.1 Begrifflichkeiten	46
4.2 Aktuelle Definition der Gehirnerschütterung	46
4.3 Entwicklung der Gehirnerschütterungsdefinition	47
Literatur	51

5 Aktuelle Konsensusempfehlungen	53
Ingo Schmehl und Birgit Wieckhorst	
5.1 Grundlagen des Gehirnerschütterungsmanagements	54
5.1.1 Recognise (Definition der Gehirnerschütterung und Erkennen)	54
5.1.2 Remove (Entfernen)	55
5.1.3 Re-evaluate (erneute klinische Beurteilung)	55
5.1.4 Rest (Pausierung)	55
5.1.5 Rehabilitation	56
5.1.6 Refer (spezielle Therapie)	56
5.1.7 Recover (Erholung)	56
5.1.8 Return-to-Sport (Wiederherstellung der Sportfähigkeit)	56
5.1.9 Reconsider (spezielle Patientenkollektive)	56
5.1.10 Residual effects and sequelae ((Langzeit-)Folgen)	57
5.1.11 Risk reduction (Prävention/Risikoreduzierung)	57
5.2 SCAT-Testung	57
5.3 Aktuelle Empfehlungen	58
5.4 Konsensus im Kindesalter	59
Literatur	60
6 Epidemiologie	61
Axel Gänsslen und E. Rickels	
6.1 Daten aus Deutschland	62
6.2 „The Silent Epidemic“	62
6.3 Kindliche Gehirnerschütterungen	64
6.4 Unterschätzung der Gehirnerschütterung	65
6.5 Wissensdefizite/Nichtangabe	66
6.6 Gehirnerschütterungshäufigkeit im Sport	68
Literatur	71

Sektion II Symptome

7 Symptomatik – Einführung	77
Axel Gänsslen, Birgit Wieckhorst und Ingo Schmehl	
Literatur	80
8 Baseline-Daten – Symptome	83
Axel Gänsslen, Birgit Wieckhorst und Ingo Schmehl	
8.1 Symptomanzahl	83
8.2 Art der Symptome im Rahmen von Baseline-Untersuchungen	84
8.3 Symptomschwere – Baseline	85
Literatur	87
9 Symptomschwere nach Gehirnerschütterung	89
Axel Gänsslen, Birgit Wieckhorst und Ingo Schmehl	
9.1 Sensitivität und Spezifität der Symptomschwere	90
9.2 Cut-off-Werte zur Symptomschwere	91
9.3 Zeitlicher Verlauf der Symptomschwerewerte nach Gehirnerschütterung	91
Literatur	92

Sektion III Sideline Evaluation

10 Einführung Sideline Evaluation	95
Axel Gänsslen und Alexander Ruhe	
Literatur.	96
11 Objektive Verdachtszeichen einer Gehirnerschütterung	97
Axel Gänsslen	
11.1 Anhang.	102
Literatur.	104
12 Red-Flag-Symptome und Akutmanagement	105
Axel Gänsslen und Alexander Ruhe	
12.1 Glasgow Coma Scale (GCS)	105
12.2 Fachmedizinische Evaluation	106
Literatur.	108
13 Reaktionszeittestung	109
Axel Gänsslen, Ingo Schmehl und Alexander Ruhe	
13.1 Allgemeine Biologie der Reaktionstestung	110
13.2 Einfache Reaktionszeiten	111
13.3 Normative Daten zur einfachen Reaktionszeit	111
13.4 Daten zu Tablet-/Handy-assoziierten Reaktionszeiten	113
13.5 Daten zur einfachen Reaktionszeit nach leichtem SHT	114
13.6 Aktuelle Analysen	117
Literatur.	118
14 Visuelle Störungen	121
Axel Gänsslen und Alexander Ruhe	
14.1 Augenmotilitätsstörungen	123
14.2 Vestibulookulomotorisches Screening (VOMS)	123
14.3 RAN-Tests	124
14.4 King-Devick-Test	124
14.4.1 Praktische Durchführung	125
14.4.2 Sportler, die Brillen- oder Kontaktlinsenträger sind, sollten zur Testung jedes Mal die gleiche Brille bzw. die gleichen Kontaktlinsen tragen. Baseline-Daten zum King-Devick-Test	126
14.4.3 Baseline-Daten für die einzelnen Testkarten des King- Devick-Tests	127
14.4.4 Einfluss einer Gehirnerschütterung auf den King-Devick-Test	129
14.4.5 KD-Wert Verlauf	130
14.4.6 Einflussfaktoren	130
14.4.7 Lerneffekte KD-Untersuchungen	131
14.4.8 Zuverlässigkeit und Gültigkeit	132
14.5 MULES-Test	133
14.6 SUN-Test	134
14.7 Eye-Tracking	134
Literatur.	139
15 Gleichgewichtstestung	143
Alexander Ruhe	
15.1 Grundlagen des Gleichgewichts	143
15.2 Statische Balance	146

15.3	Balance Error Scoring System (BESS)	146
15.3.1	Normative Werte für den Gesamt-BESS (6 Positionen)	147
15.3.2	Normative Werte Einzeltestpositionen	147
15.3.3	Einflussfaktoren auf die BESS-Analyse	149
15.3.4	Reliabilität (Zuverlässigkeit) des BESS	150
15.3.5	Validität (Gültigkeit)	150
15.3.6	Schwellenwerte	150
15.3.7	Klinischer Einsatz und Interpretation	151
15.3.8	BESS nach Gehirnerschütterung	151
15.3.9	Verbesserung der Objektivierbarkeit	152
15.4	Dynamische Balance im Gehen	153
15.5	Tandemgang	157
15.6	Single-Task-Tandemgang	157
15.7	Dual-Task-Tandemgang	160
15.8	Instrumentengestützte Gleichgewichtsmessung – Druckmessplatten	160
15.9	Sensory Organization Test	161
	Gleichgewichtstestung (BESS)	164
	Literatur	165
16	Standard Assessment of Concussion (SAC)	171
	Axel Gänsslen, Alexander Ruhe und Ingo Schmehl	
16.1	Durchführung des SAC	171
16.2	Einschränkungen und Einflussfaktoren	174
16.3	Normative Baseline-Daten zum SAC-Score	174
	Literatur	176
17	Sport Concussion Assessment Tool (SCAT)	179
	Axel Gänsslen und Alexander Ruhe	
17.1	Sport Concussion Assessment Tool 1	179
17.2	Sport Concussion Assessment Tool 2	180
17.3	Sport Concussion Assessment Tool 3	181
17.4	Sport Concussion Assessment Tool 5	181
17.5	Normative SCAT-5 Daten	183
	Literatur	187
18	Zusammenfassung	189
	Axel Gänsslen	
	Literatur	192
 Sektion IV Akutmanagement		
19	Akutevaluation	195
	Ingo Schmehl, Axel Gänsslen und Birgit Wieckhorst	
	Literatur	208
20	Bildgebung	209
	Axel Gänsslen und E. Rickels	
20.1	Strukturelle Bildgebung	209
20.1.1	CT-Evaluation	209
20.1.2	CT-Diagnostik im Kindesalter	212
20.1.3	Magnetresonanztomografie (MRT)	214
	Literatur	216

21 Biomarker	219
Axel Gänsslen und Ingo Schmehl	
21.1 Biomarker der Dysfunktion der Blut-Hirnschranken-Integrität	220
21.2 Inflammatorische Biomarker	220
21.3 Axonale Biomarker	221
21.4 Astrogliale Biomarker	222
21.5 Neuronenspezifische Biomarker	224
21.6 Aktuelle Analysen	225
Literatur	227
22 Kognitive und körperliche Ruhe	233
Axel Gänsslen und Alexander Ruhe	
Literatur	236
23 Gehirnkühlung	239
Axel Gänsslen	
Literatur	240
24 Typischer Verlauf	241
Axel Gänsslen, Birgit Wieckhorst und Ingo Schmehl	
24.1 Typische Erholungsdauer	243
24.2 Symptomerholung	243
24.3 Neurokognitive Erholung	245
24.4 Gleichgewichtserholung	247
24.5 Weitere Problembereiche	248
Literatur	249
25 Allgemeine Behandlungsempfehlungen	251
Axel Gänsslen und Alexander Ruhe	
25.1 Zervikale Rehabilitation	252
25.2 Therapie	253
Literatur	254
26 Sport-Neuropsychologie	255
Wolfgang Kringler	
Literatur	259

Sektion V Verlaufsevaluation

27 Risikofaktoren	263
Axel Gänsslen	
27.1 Prognostische Akutparameter	263
27.2 Risikofaktoren für das Erleiden einer Gehirnerschütterung	264
27.3 Allgemeine Risikofaktoren für einen prolongierten Verlauf	265
27.4 Risikofaktoren für Symptomprolongation (verzögerte Erholung)	265
27.5 Scoring	266
Literatur	269

28	Return-to School/Work – Return-to-Sport	273
	Axel Gänsslen und Ingo Schmehl	
28.1	Allgemeine Grundlagen	273
28.2	Return-to-Work	274
28.3	Return-to-Drive	276
28.4	Return-to-School	276
28.5	Return-to-Play	280
28.6	Was zuerst? Return-to-School/Work vs. Return-to-Play	281
	Literatur	284
29	Brain Check – ein Diagnostikmodul zur Weichenstellung beim Schädelhirntrauma in den BG-Kliniken	287
	Birgit Wieckhorst und Ingo Schmehl	
29.1	Ziel des Brain Checks	288
29.2	Indikation, Zeitpunkt und Zeitrahmen des Brain Checks	291
29.3	Vorbereitung	291
29.4	Maßnahmen beim Brain Check	291
29.5	Neuropsychologie	292
29.6	Besonderheiten des Brain Checks	294
29.6.1	Brain Check bei Kindern/Jugendlichen und jungen Erwachsenen bis 27 Jahre	294
29.6.2	Brain Check bei Versicherten im höheren Lebensalter:	294
29.6.3	Brain Check bei Leistungssportlern:	295
	Literatur	295

Sektion VI Besondere Klinische Folgen

30	Posttraumatische Kopfschmerzen	299
	Axel Gänsslen, Ingo Schmehl und Birgit Wieckhorst	
30.1	Strukturelle und funktionelle Gehirnveränderungen bei posttraumatischen Kopfschmerzen nach leichtem SHT	301
30.2	Posttraumatische Kopfschmerzen nach Gehirnerschütterung/leichtem SHT ..	301
30.3	Primärevaluation posttraumatischer Kopfschmerzen	303
30.4	Allgemeine Behandlungsempfehlungen	304
30.5	Medikamentöse Kopfschmerzbehandlung	304
30.6	Generelle Strategien zur Minimierung des Auftretens von Kopfschmerzen ..	306
30.7	Kopfschmerzen bei Kindern nach SHT	306
30.8	Anhang	306
	Literatur	313
31	Vestibulo-Okuläre Störungen	317
	Axel Gänsslen, Ingo Schmehl und Alexander Ruhe	
31.1	Vestibuläre Symptome und Gehirnerschütterung	319
31.2	Relevanz der vestibulären Symptomatik – Risikofaktoren	319
31.3	Zentrale vs. periphere vestibuläre Dysfunktion	319
31.4	Akutevaluation vestibulärer Symptome	320
31.4.1	Akutevaluation mittels Vestibular/Ocular Motor Screening (VOMS)	320
31.4.2	Bewertungsbogen	323
31.5	Subakute Evaluation vestibulärer Symptome	323
31.6	Posttraumatische Schwindelformen	325

31.7	Traumainduzierter Schwindel	327
31.8	Vestibuläre Rehabilitation	328
31.9	Anhang	329
	Literatur	335
32	Schlafstörungen	339
	Axel Gänsslen	
32.1	Allgemeine Folgen von Schlafstörungen	340
32.2	Kindliche Analysen	340
32.3	Definition von Schlafstörungen	341
32.4	Typische Schlafstörungen [8, 80–82]	341
32.5	Diagnostik	342
32.6	Therapie von Schlafstörungen	342
32.7	Anhang	344
	Literatur	355
33	Vermehrte Ermüdung (Fatigue)	359
	Axel Gänsslen	
33.1	Klassifikationen	360
33.2	Diagnostik	361
33.3	Hypothesen zur Müdigkeitsursache nach SHT	362
33.4	Therapie	363
33.5	Anhang	363
	Literatur	371
34	Hormonelle Störungen	373
	Axel Gänsslen und Ingo Schmehl	
34.1	Posttraumatischer Hypopituitarismus bei Kindern	375
34.2	Vorgehen bei Patienten nach leichtem SHT/Gehirnerschütterung	375
34.3	Therapie	377
	Literatur	377
35	Verletzungsrisiko	379
	Axel Gänsslen und Alexander Ruhe	
35.1	Ursachenanalyse	380
35.2	Motorische Reaktion unter Dual-Task-Bedingungen	383
	Literatur	385
36	Kumulative Effekte	389
	Axel Gänsslen	
36.1	Effekte von Mehrfachgehirnerschütterungen auf neurokognitive Baseline-Werte	390
36.2	Langzeiteffekte	390
	Literatur	391
37	Vulnerabilität und Second Impact Syndrom	393
	Axel Gänsslen	
37.1	Second-Impact-Syndrom	394
37.2	Diagnostik	395
37.3	Pathophysiologie der Dysautoregulation	396
37.4	Aktuelles Wissen über das SIS	397
37.5	Mögliche Risikofaktoren	397
37.6	Letalität	397
37.7	Prävention	397
	Literatur	398

38 Neurodegenerative Langzeitfolgen	401
Axel Gänsslen, Ingo Schmehl, Birgit Wieckhorst und Wolfgang Kringler	
38.1 Chronisch traumatische Enzephalopathie (CTE)	402
38.1.1 Pathogenese	403
38.1.2 Klinische Symptomatik der CTE	404
38.1.3 Diagnose der CTE	405
38.1.4 Erfahrungen im Kontaktsport	406
38.1.5 Neuropathologie	406
38.1.6 Bildgebung	406
38.1.7 Biomarker	407
38.2 Leichte Kognitive Einschränkung (Mild Cognitive Impairment, MCI)	407
38.3 M. Alzheimer	408
38.4 Demenz	408
38.5 Amyotrophe Lateralsklerose (ALS)	408
38.6 Depression	409
38.7 Suizidalitätsrisiko	417
38.8 M. Parkinson	418
38.9 Angststörungen	418
38.10 Anhang	418
Literatur	422

Sektion VII Präventive Maßnahmen

39 Prävention	429
N. Moser und A. Gänsslen	
39.1 Grundlagen der Prävention	429
39.1.1 Grenzzisiko	430
39.1.2 Ausarbeitung von Präventionsmaßnahmen	431
39.1.3 Arten der Prävention	433
39.2 Primärprävention des SHT	434
39.2.1 Gehirnerschütterungsprävention durch Regeländerungen	435
39.2.2 Ausbildungsprogramme	436
39.2.3 Gehirnerschütterungsprävention durch Helme	436
39.2.4 Gehirnerschütterungsprävention durch Mundschutz	437
39.2.5 Gehirnerschütterungsprävention durch gesetzliche Regelungen	437
39.2.6 Gehirnerschütterungsprävention durch Halsmuskelstabilisierung	437
39.2.7 Gehirnerschütterungsprävention durch Jugulariskompression	438
39.2.8 Gehirnerschütterungsprävention durch Vermeidung von Kopfbällen im Fußball	439
39.3 Sekundärprävention von Schädel- Hirn-Traumen	440
39.3.1 Informationskampagnen	440
39.4 Tertiärprävention von Schädel-Hirn-Traumen	441
Literatur	441

Sektion VIII Besonderheiten spezieller Altersgruppen

40 Besonderheiten Gehirnerschütterung bei Kindern	449
Axel Gänsslen und Ingo Schmehl	
40.1 Anatomische Besonderheiten	450
40.2 Diagnostik	451
40.3 Primäre medizinische Behandlung im Krankenhaus	452

40.4	Radiologische Diagnostik	453
40.4.1	CT-Evaluation	453
40.4.2	PECARN-Kriterien	453
40.4.3	CATCH-Kriterien [164].....	454
40.4.4	CHALICE-Kriterien [63].....	455
40.5	Serumbiomarker.....	456
40.6	Neuropsychologische Analyse.....	456
40.7	Akuter Verlauf und Risikofaktoren	457
40.8	Return-to-School/Work/Learn	458
40.9	Return-to-Play	461
40.10	Therapie.....	462
40.11	Verlauf	462
40.12	Mittelfristige Risiken nach Gehirnerschütterung.....	463
40.13	Mittelfristige Folgen durch Kopfbälle im Fußball – das repetitive Trauma ...	465
40.14	Spezielle Therapieansätze	465
40.15	Neurokognitive Beeinträchtigungen	467
40.16	Risiko für muskuloskelettale Verletzungen	467
40.17	Zusammenfassung	467
40.18	Besondere Verletzungen im Kindesalter	468
40.18.1	Schädelfrakturen	468
40.18.2	Impressionsfrakturen	468
40.18.3	Intrakranielle Hämatome.....	469
40.19	Anhang.....	471
	Literatur.....	475
41	Besonderheiten der Gehirnerschütterung im Alter	481
	Axel Gänsslen und Ingo Schmehl	
41.1	Relevanz des Alterungsprozesses im Rahmen des SHT	482
41.2	Epidemiologie	482
41.3	Diagnosestellung	482
41.4	Gehirnerschütterung unter Antikoagulationstherapie	483
41.5	Der „einfache“ Sturz (ground level fall)	483
41.6	Risikofaktoren	485
41.7	Verzögerte ICB-Entwicklung.....	486
41.7.1	NOAK	486
41.7.2	ASS	487
41.7.3	Clopidogrel	487
41.7.4	Vitamin-K-Antagonisten (VKA).....	487
41.8	Praktisches Vorgehen für Patienten unter Antikoagulation	487
	Literatur.....	491

Sektion IX Politische Bedeutung

42	Gesellschaftspolitische Bedeutung - Problemverletzung Gehirnerschütterung ..	497
	A. Gänsslen, H. Lungen und I. Schmehl	
42.1	Warum kann bei einer Gehirnerschütterung von einer Problemverletzung gesprochen werden?.....	499
42.2	Concussion crisis – Gehirnerschütterungskrise.....	499
42.3	Auswirkungen auf Schule und Beruf.....	500
42.4	Negierung der Gehirnerschütterung.....	500
42.5	Gehirnerschütterung in den Medien.....	501

42.6	Reintegration von Schülern	503
42.7	Wertigkeit von Informationskampagnen	504
42.8	Die Initiative „Schütz Deinen Kopf! Gehirnerschütterungen im Sport“	504
42.8.1	Offizielles Evaluationsmaterial	507
42.9	Politische Maßnahmen.	509
	Literatur.	510
	Stichwortverzeichnis.	513