

P. PILLASTRINI • M. MARCHETTI • G. ABBRUZZESE

NEUROFISIOLOGIA DEL MOVIMENTO

**ANATOMIA
BIOMECCANICA
CHINESIOLOGIA
CLINICA**

Seconda edizione

Con la collaborazione di
A. MEGIGHIAN

PICCIN

Opera coperta dal diritto d'autore - Tutti i diritti sono riservati
Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

ISBN 978-88-299-3128-6

Stampato in Italia

© 2021, Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova
www.piccin.it

Autori della seconda edizione

PAOLO PILLASTRINI

Fisioterapista e Professore Ordinario di Scienze Riabilitative
Dipartimento di Scienze Biomediche e Neuromotorie – DIBINEM
Università di Bologna

GIOVANNI ABBRUZZESE

Professore a contratto (già Ordinario) di Neurologia
Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia,
Genetica e Scienze materno-infantili – DINOEMI
Università di Genova

Con la collaborazione di:

ARAM MEGIGHIAN

Professore Associato di Fisiologia
Dipartimento di Scienze Biomediche
Università degli Studi di Padova

Laura Avanzino

Professore Associato di Fisiologia
Dipartimento di Medicina Sperimentale – DIMES
Università di Genova

Lucio Marinelli

Ricercatore in Neurologia
Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica
e Scienze materno-infantili – DINOEMI
Università di Genova

Carlo Trompetto

Professore Associato di Medicina Fisica e Riabilitativa
Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica
e Scienze materno-infantili – DINOEMI
Università di Genova

Presentazione

di Roberto Eleopra

Direttore UOC Neurologia I - Dipartimento di Neuroscienze Cliniche

Direttore Dipartimento Funzionale Disordini del Movimento

Fondazione IRCCS Istituto Neurologico Carlo Besta

La conoscenza delle malattie del sistema nervoso centrale e periferico non può prescindere da nozioni di neuroanatomia e di neurofisiologia, la cui integrazione è necessaria ed indispensabile per le competenze degli specialisti clinici. Infatti, l'interpretazione dei vari sintomi e segni di malattie eterogenee, quali i disturbi del movimento, del tono muscolare o della postura, è parte centrale della pratica clinica che nella valutazione neurofisiologica trova spesso una diagnostica strumentale utile e necessaria per la conferma della disfunzione prevalente del sistema neuroanatomico coinvolto (afferente, efferente o sua integrazione centrale).

Questo approccio, unico nel suo genere e diverso rispetto ad altri settori della medicina, giustifica la peculiarità del neurologo, neurofisiologo, fisiatra o fisioterapista nella modalità di approccio al problema clinico. Questo è vero per tutta la neurologia, ma soprattutto quando si affrontano casi particolarmente complessi.

In questi ultimi anni, le neuroscienze hanno avuto un rilevante sviluppo nelle conoscenze grazie alle tecniche di neuroimmagini, agli studi di biologia molecolare e genetica, rivedendo talora l'interpretazione semeiologica classica del passato, basata esclusivamente sul dato clinico. Inoltre, l'interpretazione dei meccanismi neurofisiologici e anatomici di alcuni movimenti involontari, posture peculiari o anomalie del cammino è sempre più necessaria per sviluppare terapie personalizzate e mirate.

Per il clinico o il cultore della materia è talora difficile reperire in letteratura tutti gli aggiornamenti e le complesse conoscenze ai fini di un continuo aggiornamento scientifico, mentre una visione integrata delle conoscenze anatomiche, fisiopatologiche e dei reperti neurofisiologici necessita di un aggiornamento bibliografico continuo.

Questo testo rappresenta la revisione aggiornata del precedente trattato di *Neurofisiologia del movimento* edito da M. Marchetti e P. Pillastrini. In questa seconda e nuova edizione, ampiamente rivista e curata sapientemente da Paolo Pillastrini e Giovanni Abbruzzese, vi è la capacità di rendere semplice e facile la comprensione di complessi quadri neurologici clinici con le conoscenze più recenti di neuroanatomia e fisiopatologia, integrate costantemente con la semeiologia clinica, la biomeccanica e la neurofisiologia.

Una prima sezione del trattato è dedicata all'aggiornamento dei principi generali di neuroanatomia, fisiopatologia, biomeccanica e neurofisiologia

che sono illustrati in maniera didattica, precisa e schematica, anche per non esperti, ma sempre affrontati in maniera approfondita e completa relativamente ai contenuti. La seconda sezione è dedicata alla anatomia e neurofisiologia del sistema nervoso periferico, autonomico e centrale (spinale e cerebrale), in cui chiare tabelle ed illustrazioni aiutano il discente nella comprensione. Nell'ultima sezione, i principali quadri clinici sindromici sono ampiamente descritti in base alle conoscenze di neuroanatomia, fisiopatologia, neurofisiologia clinica e biomeccanica. Le lesioni midollari (complete ed incomplete), le sindromi cerebellari e altre atassie, le sindromi extrapiramidali (ipocinetiche e ipercinetiche), il tremore, le patologie di tronco-encefalo, talamo, corteccia cerebrale e nervi cranici sono tutte organizzate e sistematizzate in maniera omogenea, considerando sempre il punto di vista clinico. Un'ampia parte del trattato affronta l'organizzazione della corteccia motoria e tutte le problematiche relative alla chinesioterapia e alla meccanica del paziente emiplegico nella sua presa in carico globale, mentre un capitolo finale è dedicato alle principali tecniche di neurofisiologia clinica.

Questo testo, così ricco e articolato, è anche un manuale con taglio pratico per la gestione delle problematiche neurologiche e neuroriabilitative di ogni giorno e ricorda agli specialisti di essere preparati in tutti i settori della propria attività.

Dobbiamo infine ringraziare Pillastrini e Abbruzzese non solo per l'organizzazione ed i contenuti del testo, ma anche per avere affrontato in maniera moderna tutte le complesse situazioni cliniche che richiedono la messa in atto di algoritmi decisionali diagnostici complessi ed articolati.

Presentazione

di Andrew A. Guccione, PT, PhD, DPT, FAPTA
George Mason University, Washington D.C.

Il movimento e la vita sono un binomio quasi perfetto. Dai primi movimenti durante lo sviluppo fetale alle instancabili esplorazioni dei bambini che apprendono interagendo col mondo, fino ad arrivare agli adulti che, muovendosi, lavorano e si divertono e, infine, agli anziani su cui incombe la minaccia dell'immobilità, tutte le fasi dell'esistenza umana sono contraddistinte dal movimento. Questa relazione fondamentale tra il movimento e la capacità di esprimere appieno il nostro potenziale umano risulta ancor più evidente quando non riusciamo a muoverci a causa di una malattia, una lesione o una momentanea indisposizione. Certi movimenti, come ad esempio l'andatura particolare di una persona nella vita quotidiana o il modo in cui un danzatore esprime la propria creatività, possono persino essere considerati delle caratteristiche peculiari che contraddistinguono un individuo, una specie di "firma". Come scienziati, cerchiamo di capire le cause e spiegare i meccanismi delle disfunzioni del movimento. Come specialisti della riabilitazione, sfruttando le conoscenze apprese, abbiamo l'opportunità di restituire alle persone la qualità di vita che avevano.

Anche se la nostra capacità di muoverci è basata su meccanismi neurofisiologici, il movimento nel suo insieme è un fenomeno alquanto complesso, che implica l'integrazione di diverse funzioni dei vari apparati del corpo umano e richiede una prospettiva ampia e multidisciplinare per capirne le molteplici sfaccettature. Nelle pagine seguenti, il lettore troverà un testo completo ed esaustivo, che ben si addice alla complessità dell'argomento trattato. Per questo, come amico e collega col quale collaboro da oltre un decennio, sono onorato dall'invito rivoltomi dal Professor Pillastrini e colleghi di scrivere la presentazione di questo libro, perché è riuscito a presentare le attuali conoscenze sulla neurofisiologia del movimento in un contesto che tiene presenti varie importanti prospettive, allo scopo di fornire una comprensione più completa del movimento che possa essere utile sia dal punto di vista scientifico che clinico.

Ogni sezione contiene una presentazione completa dei principi che contraddistinguono la funzione ed i suoi cambiamenti provocati dai disturbi dell'integrità di particolari strutture anatomiche, come pure i vari deficit che da essi derivano. Questi capitoli forniscono i fondamenti teorici essenziali e i riscontri oggettivi che provano quanto sappiamo attualmente sulla neurofisiologia del movimento. Il tutto è spiegato in modo limpido e preciso, per essere appreso con grande facilità dai lettori. Le spiegazioni chiare dei

cambiamenti chinesiológicos provocati da malattie, lesioni o indisposizioni momentanee e il loro impatto sulle funzioni corrispondenti sono uno dei pregi più importanti di molti capitoli. Inoltre, aver riunito in un unico testo gli aspetti biomeccanici, chinesiológicos e clinici del movimento contribuisce a facilitare la comprensione del lettore e a far capire la complessità dell'argomento trattato. Gli specialisti della riabilitazione troveranno l'unione di tutti questi aspetti molto utile per la loro pratica clinica.

Questo volume quindi è davvero una grande opera e dovrebbe fare bella mostra sulla libreria di tutti gli studiosi e clinici interessati a comprendere la neurofisiologia del movimento in una situazione normale e patologica e le conseguenti disfunzioni e modalità di trattamento.

Movement equates nearly to life itself. From the earliest moments of fetal development to how children learn by active exploration, adults perform work and play, and older adults are threatened by immobility, movement is a defining feature of human existence. This fundamental relationship between movement and our ability to express our full human potential is even more obvious when movement is lost through disease, injury, or illness. Certain movements, whether they be a person's gait pattern in everyday life or the creative expression of a dancer, may even be regarded as unique "signatures" of the individual. As scientists we seek to understand discreet problems of how movement dysfunction occurs. As rehabilitation specialists, armed with this knowledge, we have the opportunity to restore an individual's quality of life.

Although neurophysiological events underlie our abilities to move, movement is a complex phenomenon requiring the integration of the capabilities of many body systems and a broad multidisciplinary perspective to understand its multifaceted nature. Gathered within these pages, the reader will find a comprehensive text that fully recognizes the complexity of its topic. For this reason, as a friend and colleague with whom I have collaborated for over a decade, I am honored by the invitation from Professor Pillastrini and his colleagues to write a preface to this book, which succeeds in presenting our current body of knowledge in the neurophysiology of movement in a context linked to other critical perspectives to provide a more complete understanding of movement for both scientists and clinicians.

Each section contains a full presentation of the neurophysiological principles relevant to normal function and the functional changes wrought by disturbances in the integrity of particular anatomical structures as well as the various deficits that result from these changes. These chapters provide the essential theoretical constructs surrounding and empirical evidence supporting what is currently known about the neurophysiology of movement in a clear and precise manner that is highly accessible to readers. The lucid explanations of kinesiological changes following disease, illness, or injury and their impacts on function are a particular strength of many chapters. Moreover, the inclusion of biomechanical, kinesiological, and clinical perspectives in a single text on movement enhances the reader's understanding and contributes to developing an overall appreciation of the complexity of the subject. Rehabilitation specialists will especially benefit from this union of perspectives to inform clinical practice.

This volume is a great achievement and belongs on the bookshelf of every scientist and clinician committed to understanding the neurophysiology of movement in the context of health and disease and subsequent movement dysfunction and its treatment.



Ricordo del Prof. Maurizio Marchetti

Maurizio Marchetti, per chi non lo avesse conosciuto, è stato il vero protagonista di questo originale progetto scientifico che ora viene pubblicato nella sua seconda edizione.

Neurologo, neurofisiologo ed esperto di riabilitazione neurologica, formatosi a Bologna e in Inghilterra, è stato il mio insegnante al corso di formazione di base per terapisti della riabilitazione e, nello stesso tempo, medico appassionato delle scienze del movimento e dei suoi collegamenti con il sistema nervoso centrale e periferico.

Eravamo entrambi giovani e ambiziosi, con molte idee e l'aspirazione di vederle realizzate sul campo, a beneficio della qualità degli insegnamenti che, entrambi, tenevamo per i medici e i fisioterapisti, ma soprattutto perché potessero avere una ricaduta concreta nella qualità dell'intervento riabilitativo sulle persone con patologie neurologiche che venivano ospitate nei reparti in cui eravamo inseriti.

Ricordo con emozione il giorno in cui mi chiamò, presso gli ambulatori del servizio di Riabilitazione dell'Ospedale S. Orsola di Bologna, per propormi di accompagnarlo in questa avventura editoriale e ricordo anche una sua frase rimasta celebre: "Se siamo tutti d'accordo nella necessità di allenare il muscolo per rinforzarlo, perché non dovrebbe essere altrettanto per il neurone? Non è forse possibile allenare anche il sistema nervoso centrale?". Questo è stato fin dall'inizio il concetto più importante, su cui si sono costruite le sezioni e i capitoli del libro.

Maurizio era un tenace sostenitore delle teorie per cui è la funzione che "fa" l'organo, è l'apprendimento che guida i processi di recupero, è la compartecipazione dei sistemi neuromotori e cognitivi che determina la capacità delle persone di muoversi e di spostarsi. Come lui stesso ripeteva, il movimento non è solo la risultante del lavoro di forze, leve e vettori che, seppur essenziali, non ne esauriscono lo studio, ma è anche l'esito finale di un'immensa e complessa attività, che interessa un numero infinito di nuclei integrati, miriadi di sinapsi e cellule connesse, ognuna delle quali arricchisce, per la propria parte, la qualità, l'intensità, la precisione e la raffinatezza del gesto.

Caro Maurizio, te ne sei andato presto, troppo presto e non hai potuto contribuire all'aggiornamento di questa seconda edizione, ma ciò non toglie che *Neurofisiologia del movimento* sia il "tuo" libro, il tuo modo per essere ancora tra di noi con la tua competenza, la tua simpatia, la tua goliardia e il tuo sguardo ironico sul mondo. Parafrasando un poeta che amavi, Fabrizio De André, ti abbiamo visto che ridevi, ti abbiamo visto di spalle che partivi.

Grazie...

Paolo Pillastrini



Indice generale

1. PRINCIPI DI ANATOMIA E FISIOLOGIA DELLE FIBRE MUSCOLARI	1
Definizione	1
Classificazione	1
Anatomia microscopica	2
La fibra muscolare come cellula	2
Le miofibrille	2
I miofilamenti	4
Il reticolo sarcoplasmatico e i tubuli trasversi T	5
La contrazione muscolare	6
Trasmissione neuromuscolare.....	6
Propagazione del potenziale d'azione muscolare	9
Accoppiamento eccitazione-contrazione (E-C coupling)	9
Il complesso actina-miosina	10
L'ATP, energia per la contrazione.....	11
Fenomeni elettrici nelle fibre muscolari	11
Tipi di fibre muscolari scheletriche e unità motorie	12
Bibliografia	16
2. PRINCIPI DI ANATOMIA E FISIOLOGIA DELLE CELLULE NERVOSE	17
La cellula	17
Analisi dello spike.....	22
Bibliografia	30
3. BIOMECCANICA	31
Introduzione	31
Il muscolo	32
I piani del movimento	34
La posizione anatomica	35
Il muscolo come forza vettoriale	35
Analisi vettoriale	40
Scomposizione delle forze	41
Il rettangolo biomeccanico	42
La leva	44
Il braccio della leva	45
Momento della forza	46
Unità di misura	47
Selezione dei movimenti da analizzare	47

Muscoli poliarticolari	48
Selezione del verso del vettore	48
Muscoli non collegati ad un vincolo	49
Due forze applicate su un punto	50
Forze di reazione articolare	51
Componenti di taglio	52
Definizioni biomeccaniche delle contrazioni muscolari	53
Bibliografia	54

Sezione I

L'IMPORTANZA DELLE FUNZIONI SENSITIVE NEL CONTROLLO DEL MOVIMENTO

4. SENSIBILITÀ E MOVIMENTO: NEUROFISIOLOGIA E NEUROFISIOLOGIA CLINICA	59
Introduzione	59
Neurofisiologia clinica della sensibilità	61
Recupero neurosensoriale dopo deafferentazione sensitiva	61
Importanza della sensibilità nel controllo del movimento	62
Il concetto fisiologico di sensibilità cosciente	69
Il concetto	69
Neurofisiologia della sensibilità: inquadramento storico	71
Anatomia e fisiologia della percezione cutanea	73
I recettori cutanei e il loro ruolo nella percezione sensitiva	73
Anatomia dei recettori cutanei	75
Meccanocettori cutanei non collegati al follicolo pilifero	75
Meccanocettori cutanei collegati al follicolo pilifero	79
Termocettori	79
Nocicettori	80
Le vie sensitive centrali e il loro ruolo nella percezione	81
Radice mediale: considerazioni anatomiche	81
La radice mediale, le vie della sensibilità tattile discriminativa (vie posteriori) e il loro ruolo nella percezione sensitiva cosciente	82
La radice laterale, le vie della sensibilità termo-dolorifica e il loro ruolo nella percezione sensitiva cosciente	85
Ruolo sensitivo del fascio piramidale	89
Bibliografia	89
5. LA SENSIBILITÀ COME GUIDA PER IL MOVIMENTO	93
Introduzione	93
Storia della rieducazione sensitiva	93
Fisiologia della sensibilità	95
Considerazioni riabilitative	96
Bibliografia	98

SEZIONE II

CENNI DI ANATOMIA E FISIOLOGIA DEL SISTEMA NERVOSO PERIFERICO

6. SISTEMA NERVOSO PERIFERICO SOMATICO	101
Introduzione	101
Plesso brachiale	102
Plesso lombo-sacrale e nervi relativi	104

Struttura microscopica del sistema nervoso periferico	105
Bibliografia	113
7. SISTEMA NERVOSO PERIFERICO VEGETATIVO	115
Introduzione	115
Anatomia e fisiologia	117
Meccanismi vegetativi di controllo della circolazione e della pressione arteriosa	121
Meccanismi neurovegetativi di controllo della funzione urinaria	123
Bibliografia	125
 SEZIONE III MIDOLLO SPINALE E SINDROMI MIDOLLARI	
8. I RIFLESSI SPINALI E IL LORO RUOLO NEL CONTROLLO DEL MOVIMENTO	129
Introduzione	129
La via finale comune della motilità: l' α -motoneurone	129
I fusi neuromuscolari	130
Il riflesso da stiramento fasico	133
Il riflesso da stiramento tonico	134
L'inibizione reciproca	136
Gli organi muscolo-tendinei del Golgi: l'inibizione autogenetica	137
I riflessi cutanei	139
Bibliografia	140
9. MOTONEURONI, FIBRE MUSCOLARI E BIOMECCANICA DEL MOVIMENTO	141
Introduzione	141
Le unità motorie e l'attività meccanica del muscolo	143
Attività meccanica del muscolo e affaticamento muscolare	152
Rapporto lunghezza/tensione	154
Rapporto forza/velocità	157
Attivazione muscolare durante la contrazione	159
Bibliografia	161
10. NEUROFISIOLOGIA ORIZZONTALE DEL MIDOLLO SPINALE	163
Introduzione	163
Anatomia e fisiologia dei propriocettori	164
Recettori muscolari	165
Recettori articolari e meccanocettori cutanei	183
Circuiti midollari e afferenze propriocettive	183
a) Il circuito del riflesso miotatico (monosinaptico eccitatorio) ...	184
b) Il circuito di inibizione disinaptica (reciproca) delle fibre Ia. ...	191
c) I riflessi crociati e le afferenze di tipo II muscolari	193
d) Il circuito di inibizione disinaptica delle fibre Ib.	196
e) Altri circuiti delle fibre di tipo II	198
f) L'interneurone inibitore di Renshaw	200
g) Il meccanismo dell'inibizione presinaptica	202
Bibliografia	203

11. NEUROFISIOLOGIA VERTICALE DEL MIDOLLO SPINALE . . .	207
Introduzione	207
Fasci discendenti del midollo spinale	208
Fasci ascendenti del midollo spinale	217
Bibliografia	221
12. ANATOMIA DEL MIDOLLO SPINALE	223
Collocazione e anatomia topografica	223
Aspetto macroscopico del midollo spinale	228
Aspetto esterno	228
Aspetto interno	228
Anatomia microscopica	231
Corna posteriori	231
Corna anteriori	234
Bibliografia	235
13. IL PAZIENTE MIELOLESO: CHINESIOLOGIA E BIOMECCANICA	237
Introduzione	237
Flaccidità	239
Spasticità	241
Classificazione in funzione della disabilità	248
Lesioni complete ed incomplete	250
Lesioni complete	250
Lesioni incomplete	253
I disturbi della sensibilità	255
La sensibilità come strumento diagnostico	257
Paraosteopatie	259
I disturbi associati	261
Lesioni da pressione	262
Respirazione	264
Fase inspiratoria	265
Fase espiratoria	270
La respirazione nel mieloleso	272
Bibliografia	274

SEZIONE IV

CERVELLETTO E SINDROMI CEREBELLARI

14. IL CERVELLETTO E IL MOVIMENTO: CLINICA E NEUROFISIOLOGIA	279
Introduzione	279
Il movimento e l'atassia: aspetti clinici e ruolo del cervelletto nell'origine del movimento	280
Movimenti balistici	282
Movimenti volontari propriamente detti	284
I movimenti lenti	285
Conferme sperimentali dei disturbi clinici del movimento per danno cerebellare	286
La postura, il tono muscolare e i disturbi dell'equilibrio: ruolo del cervelletto nel controllo della postura	288
Le reazioni statiche locali	290

Le reazioni statiche segmentarie.....	292
Le reazioni statiche globali	293
Riflessi del collo.....	293
Riflessi labirintico-vestibolari	294
Aspetti clinici della postura.....	297
Controllo posturale nella stazione eretta.....	297
Controllo posturale quando al corpo vengano applicate forze meccaniche esterne in grado di provocare una perdita di equilibrio	298
Controllo posturale durante il movimento volontario	303
Ruolo del cervelletto nell'apprendimento motorio	305
Bibliografia	307
15. CIRCUITI CEREBELLARI: NEUROFISIOLOGIA E SIGNIFICATO CLINICO	311
Introduzione	311
Vie archicerebellari	312
Vie paleocerebellari	313
Vie neocerebellari	314
16. ANATOMIA E FISIOLOGIA DEL CERVELLETTO	317
Introduzione	317
Anatomia macroscopica	318
Archicerebello	320
Paleocerebello	320
Neocerebello	320
La struttura cerebellare	321
Rappresentazione somatotopica.....	322
Anatomia microscopica	323
Corteccia cerebellare.....	323
Nuclei cerebellari	330
Vie afferenti al cervelletto	331
Vie efferenti dal cervelletto	337
Elettrofisiologia funzionale del cervelletto	339
Bibliografia	343
17. LA SINDROME ATASSICA: CHINESIOLOGIA E BIOMECCANICA	345
Introduzione	345
Tono muscolare	348
Disordine del tono	348
Aspetti chinesiologicali dell'ipotonia	349
Fenomeno del rimbalzo	351
Equilibrio	353
Capo	354
Tronco.....	356
Bacino	360
Arti inferiori.....	363
Dismetria	364
Prova indice-naso	367
Prova tallone-ginocchio	368
Prova pollice-mignolo	369

Il cammino	370
Allargamento della base di appoggio	370
Abduzione di spalle	371
Retropulsione del tronco	372
Dismetria degli arti inferiori durante il cammino	374
Talloneggiamento	374
Sequenze di raddrizzamento	375
Postura supina	376
Posizione quadrupedica	377
Posizione in ginocchio	378
Stazione eretta	383
Bibliografia	385

SEZIONE V

NUCLEI DELLA BASE

E SINDROMI EXTRAPIRAMIDALI

18. I GANGLI DELLA BASE E IL MOVIMENTO: CLINICA E NEUROFISIOLOGIA	389
Introduzione	389
Semeiotica clinica dei disturbi collegati all'alterazione dei gangli della base (GB)	390
Disturbi ipo-acinetici	390
Disturbi ipercinetici	391
I disturbi del tono muscolare nelle lesioni dei gangli della base ...	397
I disturbi neuropsicologici (cognitivo-comportamentali) nelle lesioni dei gangli della base	398
Neurofisiologia dei disturbi collegati all'alterazione dei gangli della base	399
Valutazioni neurofisiologiche nelle sindromi rigido-acinetiche (malattia di Parkinson e parkinsonismi)	399
Valutazioni neurofisiologiche nelle sindromi ipercinetiche	405
Considerazioni neurofisiologiche generali sul ruolo dei gangli della base	407
Bibliografia	411
19. ANATOMIA E FISIOLOGIA DEI GANGLI DELLA BASE	413
Introduzione	413
Anatomia macroscopica	414
Anatomia microscopica	418
I neuroni dei nuclei della base	418
Ruolo della dopamina nella fisiologia dei gangli della base	419
Attività neuronale ed implicazioni per il movimento	420
Organizzazione funzionale dei circuiti dei gangli della base ...	422
Il circuito motore	422
Il circuito oculomotore	425
I circuiti associativi	427
Il circuito limbico	428
Bibliografia	428
20. IL PAZIENTE PARKINSONIANO: CHINESIOLOGIA E BIOMECCANICA	431

Introduzione	431
Disturbo della motricità automatica	432
Rigidità extra-piramidale.	432
Bradicinesia	433
Tremore.	434
Osservazioni chinesiolgiche	435
Passaggio da supino a seduto	435
Passaggio dalla posizione seduta alla stazione eretta	436
Antepulsione del capo	440
Ipercifosi dorsale.	443
Antepulsione ed intrarotazione delle spalle	445
Avambracci semi-flessi.	447
Anche e ginocchia flesse	448
Tendenza a cadere all'indietro	449
Facies amimica	450
Mani pseudo-reumatiche.	452
La deambulazione	453
Passi più brevi della norma	453
Festinazione	455
Coordinazione del tronco	456
Coordinazione degli arti superiori.	457
Bibliografia	459
21. TRONCO ENCEFALICO E SOSTANZA RETICOLARE	461
Il sonno	465
Nocicettori	466
Controllo del dolore	468
Controllo spinale del dolore	468
Controllo centrale (sostanza grigia periacqueduttale)	469
Bibliografia	470
22. NERVI CRANICI	471
Bibliografia	481
23. TALAMO	483
Bibliografia	487
24. CORTECCIA CEREBRALE E MOVIMENTO: CLINICA E NEUROFISIOLOGIA	489
Introduzione	489
Neuropsicologia del movimento	490
Creazione del modello o idea di movimento: il polo frontale e le sue patologie.	492
Elaborazione e controllo del progetto motorio: aree premotorie e parietali e loro patologie	496
Aprassia	497
Neurofisiologia clinica: il controllo corticale del movimento ...	499
Ictus cerebrale ed emiplegia	499
Iper tono spastico e iperreflessia osteotendinea nell'emiplegico ...	501
Il riflesso miotatico inverso (a serramanico) nell'emiplegico.	504
Danno isolato del fascio piramidale.	505

Informazioni cliniche legate alla stimolazione delle cortecce motorie.	506
Informazioni cliniche legate alla registrazione dalle cortecce motorie.	507
Bibliografia	508
25. IL MOVIMENTO E LA CORTECCIA CEREBRALE	511
Introduzione	511
Azione della corteccia cerebrale direttamente connessa con le funzioni motorie.	512
Struttura e funzionamento delle zone di corteccia cerebrale direttamente connesse con la funzione motoria.	513
Fisiologia "motoria" delle aree sensitive primarie.	513
Fisiologia "motoria" delle aree sensitive associative.	516
Fisiologia "motoria" delle aree del lobo frontale.	517
Area motoria secondaria (area 6 di Brodmann).	519
Le altre aree del lobo frontale	522
Proprietà fisiologiche dei neuroni delle aree motorie secondarie	522
I neuroni a specchio	524
Bibliografia	526
26. IL MOVIMENTO, LA CORTECCIA MOTORIA PRIMARIA E IL FASCIO PIRAMIDALE	529
Funzioni motorie del sistema nervoso.	529
Visione d'insieme	529
Controllo motorio	530
Regioni corticali coinvolte nel controllo motorio.	531
La corteccia motoria primaria	537
Prime analisi funzionali sulla corteccia motoria primaria	538
Elettrofisiologia della corteccia motoria primaria (MI)	541
Attivazione dei motoneuroni corticali in relazione al movimento	541
Rapporti anatomici e funzionali tra motoneurone corticale e motoneurone spinale.	543
Plasticità delle mappe corticali motorie.	544
Fisiologia del fascio piramidale	546
1. Rapporti quantitativi e temporali tra l'attività dei neuroni motori corticali e il movimento meccanico	546
2. Rapporto tra l'attività dei motoneuroni piramidali e le specifiche biomeccaniche di un movimento	547
3. Relazione tra l'attività dei motoneuroni piramidali ed il contesto (interno ed esterno) in cui il movimento viene effettuato	551
Le tecniche di stimolazione corticale transcranica nell'uomo	554
Bibliografia	556
27. IL PAZIENTE EMIPLEGICO: CHINESIOLOGIA E BIOMECCANICA	559
La fase acuta	559
Posizione seduta	560
Caduta della spalla.	561
Piede equino e supinato.	562
Passaggio sul fianco sano.	564

Raggiungere la posizione seduta	564
In posizione eretta	565
La riorganizzazione del tono muscolare	566
Irradiazione	566
Iper tono spastico	567
La reazione allo stiramento	568
Innervazione reciproca	569
Rilassamento con contrazione degli antagonisti	570
Analisi biomeccanica e chinesiológica	571
Spalla	572
Articolazione gleno-omeroale	573
Piano sagittale	573
Piano frontale	584
Piano orizzontale	595
Articolazione scapolo-toracica	603
Piano frontale	603
Articolazione del gomito	614
Piano sagittale	615
Piano orizzontale	622
Articolazione radio-carpica	630
Piano sagittale	630
Piano frontale	642
Mano	651
Articolazione metacarpo-falangea	652
Articolazione inter-falangea	669
Pollice	676
Articolazione trapezio-metacarpica	677
Piano frontale	684
Piano orizzontale	691
Articolazione metacarpo-falangea	694
Articolazione inter-falangea	706
Articolazione dell'anca	709
Piano sagittale	711
Piano frontale	722
Piano orizzontale	729
Articolazione del ginocchio	733
Piano sagittale	735
Piano orizzontale	747
Piede	751
Articolazione tibio-astragalica	752
Articolazione sotto-astragalica	762
Articolazioni metatarso-falangee ed inter-falangee	768
Bibliografia	776
SEZIONE VIII	
IL TREMORE	
28. IL TREMORE: CLINICA E NEUROFISIOLOGIA	783
Introduzione	783
Semeiologia del tremore	784
Fisiopatologia del tremore	785
Clinica delle sindromi tremorigene	788

Il tremore fisiologico	788
Il tremore parkinsoniano	788
Il tremore essenziale	790
Il tremore distonico	791
Il tremore cerebellare	791
Il tremore neuropatico	792
Bibliografia	792

SEZIONE IX

PRINCIPALI TECNICHE

DIAGNOSTICO-STRUMENTALI UTILIZZATE
DALLA NEUROFISIOLOGIA DEL MOVIMENTO

29. POTENZIALI EVOCATI E STIMOLAZIONE MAGNETICA TRANSCRANICA	797
Introduzione	797
I potenziali evocati somatosensoriali, uditivi e visivi	798
Cenni di tecnica neurofisiologica	798
1. Potenziali evocati somatosensoriali (PESS)	799
2. Potenziali evocati acustici (PEA)	801
3. Potenziali evocati visivi (PEV)	802
La stimolazione magnetica transcranica	803
Significato dei potenziali evocati motori (PEM)	804
Applicazioni cliniche dei PEM	805
Bibliografia	806
30. ELETTROMIOGRAFIA	807
Elettroencefalografia	811
Le risposte riflesse	814
Stimolazione ripetitiva	816
Riflesso da stiramento	817
Paratonia	817
Analisi elettromiografica del movimento	818
Stima del numero e della dimensione delle unità motorie	819
Monitoraggi intraoperatori	820
Bibliografia	820
INDICE ANALITICO	821