

15 *Lecture*

15レクチャー
シリーズ

理学療法・作業療法テキスト

運動学

- 総編集——石川 朗 神戸大学大学院保健学研究科地域保健学領域健康科学分野
種村留美 神戸大学大学院保健学研究科リハビリテーション科学領域運動機能障害学分野
責任編集——小島 悟 北海道医療大学リハビリテーション科学部理学療法学科

序 文

運動学 (Kinesiology) という言葉を知って、学生諸君はまず、「どんな学問？」と思ったのではないのでしょうか。運動学とは、ヒトの身体運動の仕組みに関する学問です。その領域はきわめて広く、筋骨格系の構造・機能との関係、身体に加わる力との関わり、身体運動の発現とその制御機序、運動技能の獲得過程など、身体運動に関する諸問題について、解剖学、生理学、力学、心理学的観点から究明していきます。

理学療法教育・作業療法教育の中で、運動学は必要不可欠な基礎科目として位置づけられます。なぜなら、理学療法士・作業療法士は、さまざまな病態を起因とする異常な運動を治療対象としているからです。日常の臨床場面において、理学療法士・作業療法士は、運動の異常を評価し、その原因を探り、治療方法を決定しています。この一連の臨床思考過程において、異常運動を見極める観察眼とその原因を分析する思考力が重要になります。そして、その基盤となるのがまさに運動学の知識なのです。運動学の知識なくして、適切な理学療法・作業療法は実施できないと言っても過言ではないでしょう。このことから、本書「運動学」では、異常運動を見極め、その原因を分析できるようになるために、まず理解しておかなければならないヒトの正常な運動とその仕組みに関して学んでいきます。

運動学の学問領域は広いので、すべての内容を本書に網羅することはできませんでしたが、理学療法士・作業療法士にとって欠かすことのできないテーマを中心に、15回という講義回数で構成しました。各章のテーマは、Lecture 1で運動を記述・解釈するための力学的基礎を、Lecture 2から11までで頭部、四肢、脊柱、体幹における筋骨格系の構造・機能と関節運動を、Lecture 12と13で日常生活動作の基本となる姿勢保持や歩行を、Lecture 14で運動技能を獲得するうえでの運動学習の理論的枠組みを、Lecture 15で運動を継続するためのエネルギー供給機構を取り上げています。また、各章の内容は基本的事項を中心に紹介し、その代わりイラストをできる限り多用することで、初学者が運動を視覚的にイメージしやすいよう工夫をしました。

本書を通して、学生諸君がヒトの動きとその仕組みを理解することに興味をもち、未来の“動きを診て、改善させるスペシャリスト”としての第一歩を踏み出すことができれば幸いです。

2012年10月

責任編集 小島 悟

15レクチャーシリーズ
理学療法・作業療法テキスト／運動学
目次

執筆者一覧 ⅱ
刊行のことば ⅲ
序文 ⅴ

1
LECTURE

生体力学

小島 悟 1

1. 力学とは	2
2. 物体の運動	2
3. 運動学	2
1) 並進運動における位置、変位、速度、加速度 2	
位置・変位／速度／加速度	
2) 回転運動における角度、角変位、角速度、角加速度 4	
角度／角変位／角速度／角加速度	
4. 運動力学	5
1) 力 5	
2) 力の合成と分解 5	
力の合成／力の分解	
3) 力のモーメント 6	
4) つりあい 7	
5. 身体のでこ	7
1) 第一のでこ 7	
2) 第二のでこ 7	
3) 第三のでこ 8	
Step up 仕事とエネルギー	9
1) 仕事 9	
2) 仕事率 9	
3) 回転運動の仕事量と仕事率 9	
4) 力学的エネルギー 10	
運動エネルギー／位置エネルギー／力学的エネルギー保存の法則	

2
LECTURE

運動器の構造と機能

小島 悟 11

1. 関節の構造と機能	12
1) 関節の分類 12	
関節を構成する骨の数による分類／運動軸の数による分類／関節腔の形状による分類	
2) 関節運動 13	
骨運動学に基づく関節運動／関節運動学に基づく関節運動	

2. 骨格筋の構造と機能	15
1) 骨格筋の構造	15
2) 筋の形状	15
3) 筋収縮のしくみ	16
4) 筋繊維の種類	17
5) 運動単位	17
6) 筋収縮様式	18
静的収縮 / 動的収縮	
7) 筋のはたらき	18
動筋 / 拮抗筋 / 共同筋	

Step up 筋張力と関節トルク	19
1) 筋張力	19
筋の長さによる張力特性 / 筋の収縮様式と収縮速度による張力特性	
2) 関節トルク	20



肩複合体の運動学

大森 康・小島 慎 21

1. 肩関節複合体の概要	22
2. 肩関節複合体の構造	22
1) 肩関節複合体を構成する骨と関節	22
骨 / 肩鎖関節 / 肩袖関節 / 肩甲上腕関節 / 肩甲腋窩関節 / 肩峰下関節 (第 2 肩関節)	
2) 肩関節複合体の嚢帯、関節包、その他の構成組織	24
肩鎖関節 / 肩鎖関節 / 肩甲上腕関節	
3. 肩関節複合体の関節運動	26
1) 胸鎖関節の骨運動と関節包内運動	26
挙上・下転 / 前方突出・後退 / 軸回動	
2) 肩鎖関節の骨運動と関節包内運動	26
上方・下方回動 / 前方突出・後退 / 前後・後傾	
3) 肩甲胸郭関節の運動	26
挙上・下転 / 前方突出・後退 (外転・内転) / 上方・下方回動	
4) 肩甲上腕関節の骨運動と関節包内運動	27
屈伸・伸屈 / 外転・内転 / 外旋・内旋	
5) 肩甲上腕リズム	27
4. 肩関節複合体の運動に関与する筋	28
1) 肩甲骨の運動に関与する筋	28
挙上 / 下転 / 外転 / 内転 / 上方回動 / 下方回動	
2) 肩甲上腕関節の運動に関与する筋	29
屈伸 / 伸屈 / 外転 / 内転 / 外旋 / 内旋 / 水平内転 / 水平外転	
3) 肩関節の安定性に関与する筋群	31

Step up 1. 肩甲上腕関節外転運動にみられる三角筋と腱板構成筋の相互作用	32
2. 肩峰下インピンジメント症候群	32

1. 肘関節の概要	34
2. 肘関節の基本構造	34
1) 肘関節を構成する骨と関節	34
新尺関節/滑車関節/近位橈尺関節	
2) 肘関節の韧带	35
内側側副韧带/外側側副韧带/輪状韧带/方肩韧带/肘関節の韧带の緊張度	
3) 肘外偏(反)角	35
4) ヒューター線とヒューター三角	36
3. 前腕の基本構造	36
1) 前腕を構成する骨と関節	36
近位橈尺関節/遠位橈尺関節	
2) 骨間膜	36
3) 三角線維複合体	37
4. 肘関節・前腕の関節運動	37
1) 肘関節・前腕の骨運動	37
屈曲・伸腕/肘内・肘外	
2) 肘関節・前腕の関節包内運動	38
屈曲・伸腕/肘内・肘外	
5. 肘関節の運動に関与する筋	39
1) 肘関節屈筋	39
2) 肘関節伸筋	39
6. 前腕の運動に関与する筋	40
1) 前腕屈外筋	40
2) 前腕屈内筋	40
Step up 肘関節・前腕の機能障害	41
1) 肘関節の関節可動域制限	41
変形性関節症/異所性骨化	
2) 肘関節部の末梢神経障害	42
正中神経麻痺/尺骨神経麻痺/橈骨神経麻痺	

1. 手関節の構造と機能	44
1) 橈骨手根関節	44
2) 手根中央関節	44
3) 手関節の韧带	44
4) 手関節の関節運動	45
掌屈・背屈/橈部・尺部	
5) 手関節の運動に関与する筋	46
手関節伸筋/手関節屈筋	
2. 手指の構造と機能	46
1) 手根中手関節	46
2) 中手指節関節	46
3) 近位指節間関節	47

4) 遠位指節間関節	47
5) 手指の運動に関与する筋	47
手内筋（内在筋）／手外筋（外在筋）／指伸屈機構の補助組織／母指の運動に関与する外在筋／握筋	
3. 手のアーチ	51
4. 手指の機能	52
1) 手指の機能と役割	52
2) 手の機能部位と防衛部位	52
Step up	
1. 手関節部の末梢神経障害	53
1) 正中神経麻痺	53
2) 尺骨神経麻痺	53
2. 手の変形	53
1) 手内筋劣位変形	53
2) ボタン穴変形	53
3) スワンネック変形	53
4) 槌指変形	53
5) 母指のZ変形	53
6) 尺側偏位	53
3. 筋力低下に伴う運動と変形	54
1) テノデシスアクション	54
2) 猿手	54
3) 鷲手	54
4) 下垂手	54



股関節の運動学

大森 圭・小島 慎 55

1. 股関節の概要	56
2. 股関節の基本構造	56
1) 股関節を構成する骨と関節	56
2) 股関節の関節包、韌帯	57
関節皿／韌帯	
3. 股関節の関節運動	58
1) 骨運動	58
屈曲・伸展／内転・外転／内旋・外旋	
2) 関節包内運動	59
屈曲・伸展／内転・外転／内旋・外旋	
4. 股関節の運動に関与する筋	59
1) 股関節屈筋	59
2) 股関節伸筋	60
3) 股関節外転筋	60
4) 股関節内転筋	60
5) 股関節外旋筋	61
6) 股関節内旋筋	61

Step up	股関節筋群と脊柱・骨盤のアライメント変化	62
1) 矢状面における股関節筋群と腰椎・骨盤のアライメント変化		62
2) 前額面における股関節筋群と腰椎・骨盤のアライメント変化		62

1. 膝関節の概要	64
2. 膝関節の基本構造	64
1) 膝関節を構成する骨と関節	64
脛骨大腿関節/膝蓋大腿関節/膝関節のアライメント	
2) 膝関節の関節包、靭帯	65
関節包/膝蓋筋帯/前十字靭帯/後十字靭帯/内側側副靭帯/外側側副靭帯/その他の靭帯	
3) 半月板	66
内側半月板/外側半月板/膝関節の動きと半月板の移動	
4) 滑液包	67
膝蓋上包/膝蓋筋包/深膝蓋下包・浅膝蓋下包/膝蓋前滑液包	
3. 膝関節の関節運動	67
1) 脛骨大腿関節の骨運動	67
屈曲・伸張/内転・外転/背外強制回旋運動	
2) 脛骨大腿関節の関節包内運動	68
3) 膝蓋大腿関節の運動	69
4. 膝関節の運動に関与する筋	69
1) 膝関節屈筋	69
2) 膝関節伸筋	69
3) 膝関節外旋筋	70
4) 股関節内旋筋	70

Step up 膝関節の靭帯損傷	71
1) 前十字靭帯損傷	71
前方引き出しテスト (Anterior drawer test) / Lachman test	
2) 後十字靭帯損傷	72
後方引き出しテスト (Posterior drawer test)	
3) 内側側副靭帯損傷	72
外反ストレステスト	

1. 足関節・足部の概要	74
2. 足関節・足部の基本構造	74
1) 足関節・足部を構成する骨と関節	74
距腓関節/距骨下関節/横足根関節 (ショパール関節) /足横中足関節 (リスフラン関節) /中足趾関節/趾骨間関節	
2) 足関節・足部の靭帯	75
距腓関節の靭帯/距骨下関節の靭帯/横足根関節 (ショパール関節) の靭帯/その他の靭帯	
3. 足関節・足部の関節運動	76
1) 底屈・背屈	75
2) 外がえし・内がえし	77
3) 外転・内転	77
4. 足関節・足部の運動に関与する筋	78
1) 前方筋群	78
2) 外側筋群	79
3) 後方筋群	79

4) 内在筋	79
5. 足部の機能	80
1) 足部のアーチ構造	80
内側縦アーチ/外側縦アーチ/横アーチ	
2) 立位および歩行における足部の役割	81
立位での重量負荷とアーチ保持機構	
Step up	
1. 足関節捻挫	82
2. 外反母趾	82



脊柱・体幹の運動学 I

山中登紀 83

1. 脊柱の概要	84
2. 脊柱の基本構造	84
1) 椎骨の形状	84
2) 椎骨間の結合	84
椎間板/椎間関節	
3) 脊柱の靭帯	85
黄色靭帯/前縦靭帯/後縦靭帯/棘間靭帯/横突間靭帯/棘上靭帯	
4) 脊髄神経	86
3. 脊柱の運動	86
4. 頸部・頸椎の構造と機能	86
1) 頸椎の構造	86
2) 頸椎間の関節	86
環椎後頭関節/正中環軸関節・外側環軸関節/椎間関節	
3) 頸部の運動	87
4) 頸部の運動に関与する筋	88
Step up	
1. 脊柱側弯	90
2. 頸椎症性脊髄症	90



脊柱・体幹の運動学 II

山中登紀 91

1. 胸部の構造と機能	92
1) 胸部を構成する骨	92
2) 胸部の関節	92
椎間関節/肋椎関節/胸肋結合	
3) 胸部の運動(呼吸運動)	93
4) 胸部の運動(呼吸運動)に関与する筋	94
安静呼吸/努力呼吸	
2. 腰部の構造と機能	95
1) 腰部を構成する骨	95
2) 腰部の関節	95
椎間関節/仏腰関節	
3) 腰部の運動	96

4) 腰部の運動に関与する筋 97

反曲/伸張/側屈・回旋

Step up	1. 椎間板変性	99
	2. 腰椎椎間板ヘルニア	99

11

顔面と頭部の運動学

小島 悟 101

1. 顎関節の構造と機能	102
1) 顎関節の基本構造	102
2) 顎関節の運動	103
骨運動/関節内運動	
3) 顎関節の運動に関与する筋	104
筋の解部/顎関節の運動と作用する筋	
2. 表情筋	106
1) 顔面表面の筋	106
提上顎筋/側頭顔面筋	
2) 眼部の筋	106
眼輪筋/眼眉筋	
3) 耳介の筋	107
前耳介筋/上耳介筋/後耳介筋	
4) 鼻部の筋	107
鼻横筋/鼻筋/鼻中隔下制筋	
5) 頬と口唇周辺の筋	107
大頬骨筋/上唇方形筋/口角挙筋/笑筋/口輪筋/口角下制筋/下唇下制筋/オートガイ筋/縦筋	

Step up	1. 表情筋の麻痺	109
	1) 前頭筋の麻痺	109
	2) 眼輪筋の麻痺	109
	3) 口輪筋の麻痺	109
	2. 顔面神経麻痺	110

12

姿勢

小島 悟 111

1. 姿勢とその制御	112
2. 重心	112
力学的安定性	112
3. 安静立位姿勢とその制御	112
1) 安静立位姿勢のアライメント	112
矢状面での理想的アライメント/前後面での理想的アライメント	
2) 安静立位姿勢の制御	113
4. 外乱動揺下での立位姿勢制御	114
1) 立ち直り反応・平衡反応	114
立ち直り反応/平衡反応	
2) 運動戦略	115
足関節戦略/股関節戦略/踏み出し戦略	

5. 姿勢制御における感覚機構	116
6. 予測的姿勢制御	117
Step up 人体の重心点の算出	119
1) 直接法 119	
例題 1	
2) 間接法 119	
例題 2/例題 3	

13

歩行

小島 浩 121

1. 歩行周期と各相の役割	122
1) 歩行周期 122	
2) 立脚相と遊脚相の細分化 122	
2. 歩行の距離・時間因子	122
1) 距離因子 122	
歩幅/重複歩距離/歩幅/足角	
2) 時間因子 123	
歩行速度/歩行率/ストライド時間/ステップ時間/立脚時間/遊脚時間/両脚支持時間/片脚支持時間	
3. 歩行時の身体重心の移動と下肢の関節運動	124
1) 身体重心の移動 124	
垂直移動/側方移動	
2) 下肢の関節運動 124	
股関節/膝関節/足関節・足趾	
4. 歩行時の床反力, 足底圧中心	126
1) 床反力 126	
2) 足底圧中心 126	
5. 歩行時の筋活動	127
1) 下肢の筋活動 127	
股関節伸縮筋群/股関節外転筋群/股関節内転筋群/股関節屈曲筋群/膝関節伸縮筋群/膝関節屈曲筋群/足関節背屈筋群/足関節底屈筋群	
2) 体幹の筋活動 128	
3) 上肢の筋活動 128	
6. 歩行時のエネルギー消費量	128
Step up 代表的な異常歩行	130
1) 伸び上がり歩行 130	
2) 分回し歩行 130	
3) 踏状歩行 130	
4) 踵足歩行 130	
5) 中殿筋歩行 131	
6) 大殿筋歩行 131	
7) 大腿四頭筋の筋力低下や麻痺による歩行 131	
8) 跛状歩行 131	
9) 運動失調歩行 131	
10) パーキンソン病様歩行 132	

1. 運動学習とは	134
2. 記憶	134
1) 3つの記憶システム 134	
感覚記憶/短期記憶/長期記憶	
2) 宣言的記憶・手続き的記憶 135	
宣言的記憶/手続き的記憶	
3. 運動学習の段階	136
1) 初期相 (認知相, 言語一認知段階) 136	
2) 中間相 (連合相, 運動段階) 136	
3) 最終相 (自動相) 136	
4. 練習	136
1) 集中練習・分散練習 136	
2) 全習法・分習法 137	
3) 心理的練習 137	
4) 一定練習・多様性練習 137	
5) ランダム練習・ブロック練習 137	
5. 学習の転移	137
6. 動機づけ	137
7. 運動学習におけるフィードバック	138
1) 内在的フィードバック 138	
2) 外在的フィードバック 138	
即時的フィードバック・最終的フィードバック/言語的フィードバック・非言語的フィードバック/結果の知識・パフォーマンスの知識	
8. パフォーマンスと運動技能	139
1) パフォーマンス 139	
2) 運動技能 139	
3) 運動技能の分類 139	
離散スキル・連続スキル/開放スキル・閉鎖スキル/自律的スキル・他律的スキル/認知的スキル・運動的スキル	
4) 学習進歩の評価 140	
Step up 運動学習の諸理論	141
1) 閉ループ理論 141	
2) スキーマ理論 141	
両生スキーマ・再認スキーマ/スキーマ理論による運動の実行と評価/具体例	

1. 運動生理学とは	144
2. ATPを再合成する仕組み	144
1) 3つのエネルギー基質 144	
糖質/脂質/蛋白質	
2) 3つの代謝経路 145	
ATP-CP系/解糖系/有酸素系	

3. 酸素を搬送する仕組み	147
1) 肺での換気	147
換気量/運動時の換気応答	
2) 肺泡と毛細血管でのガス交換	148
酸素分圧差の影響/換気血流比の影響/運動時のガス交換応答	
3) 心機能による血液循環	149
心拍出量/運動時の血液循環応答	
4) 末梢組織でのガス交換	150
組織へのガス拡散/運動時のガス交換応答	
Step up 1. エネルギー代謝の調整	152
2. 運動の制限因子	152

Lecture 12 Step up 解答 153

巻末資料 154



試験

小島 信 159

索引 166

せによって起こる。肩甲胸郭関節の下方回旋は、その逆の運動の組み合わせである。

4) 肩甲上腕関節の骨運動と関節包内運動

肩甲上腕関節の骨運動には、屈曲・伸展、外転・内転、外旋・内旋、水平面における上肢の動きである水平外転・内転（水平伸展・屈曲）、上肢を振り回す動きである回旋運動がある。

(1) 屈曲・伸展

屈曲可動域は肩甲上腕関節のみの動きで約120°である。これに肩甲骨の上方回旋が伴えば、上肢は180°屈曲可能になる。伸展可動域は肩甲上腕関節のみの動きで約20°である。これに肩甲骨の前傾が伴えば、上肢は50°伸展可能になる。関節包内運動は、上腕骨の運動方向への軸回旋である（図13）。

(2) 外転・内転

外転可動域は肩甲上腕関節のみの動きで約120°である。これに肩甲骨の上方回旋が伴えば、上肢は180°外転可能になる。関節包内運動は、上腕骨の運動方向へ転がりと反対方向への滑りである（図14）。

(3) 外旋・内旋

外旋・内旋可動域は肩甲上腕関節の肢位によって異なる。上肢を下垂した肢位（第1肢位）では、外旋は約60°、内旋は80°の可動域がある。肩関節を90°外転した肢位（第2肢位）では、外旋は約90°、内旋は70°の可動域になる。関節包内運動は、第1肢位では上腕骨の運動方向への転がりと反対方向への滑りである（図15）。第2肢位では上腕骨の運動方向へ軸回旋である。

5) 肩甲上腕リズム（図16）²⁾

上肢を挙上していく際、肩甲上腕関節の屈曲あるいは外転とともに、肩甲胸郭関節



図13 肩甲上腕関節(右)の屈曲の際に起こる関節包内運動



図14 肩甲上腕関節(右)の外転運動の際に起こる関節包内運動



図15 肩甲上腕関節(右)の外旋運動の際に起こる関節包内運動

MEMO

水平外転・内転（水平伸展・屈曲）

水平外転は水平面における伸展と外転が複合した運動であり、30°~40°の可動域がある。水平内転は水平面における屈曲と内転が複合した運動であり、約135°の可動域がある。

回旋運動 (circumduction)

終的には滑り運動だけになる。

固定された大腿骨上を脛骨が動く場合には、脛骨の運動方向と同じ方向へ転がり、滑る(図10)²⁾。固定された脛骨上を大腿骨が動く場合は、大腿骨の運動方向と同じ方向へ転がり、反対方向へ滑る。

3) 膝蓋大腿関節の運動 (図11)²⁾

膝関節の屈曲・伸張に伴い、膝蓋骨は大腿骨顆間溝に沿って滑走する。膝関節が屈曲するにつれて、膝蓋骨は大腿骨顆間溝の下方に移動し、伸張時にはその逆方向へ移動する。このとき、膝蓋骨底に付着する膝蓋上包が二重に折り重なった状態から一重にスライドするように伸びることで、膝蓋骨の動きを円滑にしている。

また、この滑走運動の際に、大腿骨と接触する膝蓋骨関節面の領域は膝関節の角度によって異なる。膝関節完全屈曲位から伸張するにつれて、膝蓋骨関節面の接触領域は上方部分から下方部分へと次第に移動していく。完全伸張位では膝蓋骨と大腿骨との接触はみられない。

4. 膝関節の運動に関与する筋 (図12)

1) 膝関節屈筋

膝関節屈曲に作用する主動筋は、ハムストリングス(大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋)である。補助筋には、膝窩筋、腓腸筋、足底筋、縫工筋、薄筋、大腿筋横張筋(膝屈曲位のみ)があげられる。

膝窩筋は膝関節を安定させるとともに、屈曲し始めるときに伸張している膝関節をロック状態から外す役割をもつ。大腿骨外側上顆から起こり、脛骨上部後面に付着する。脛骨神経(L4~S1)の支配を受ける。

足底筋は膝関節と足関節の運動に作用する2関節筋である。大腿骨後面から起こり、アキレス腱を介して脛骨後面に付着する。脛骨神経(L4~S1)の支配を受ける。

2) 膝関節伸筋

膝関節伸張に作用する主動筋は、大腿四頭筋、大腿筋横張筋(膝伸張位)である。大腿四頭筋とは大腿直筋、内側広筋、外側広筋、中間広筋の4筋を総称した名称である。大腿四頭筋のうち大腿直筋のみが2関節筋であり、股関節と膝関節の運動に作用する。大腿直筋は寛骨の下前腸骨棘および寛骨白上縁、内側広筋は大腿骨内側面、外側広筋は大腿骨大転子および外側面、中間広筋は大腿骨前および外側面からそれぞれ起こり、すべての筋は合一点となって膝蓋骨底に付着し、さらに膝蓋靭帯となって脛骨脛面につく。大腿神経(L2~4)の支配を受ける。

MEMO

膝関節の脛骨内側面に付着する筋のうち、縫工筋、薄筋、半腱様筋を膝足という。敷島(ガチャウ)の足に似ていることから名づけられた。

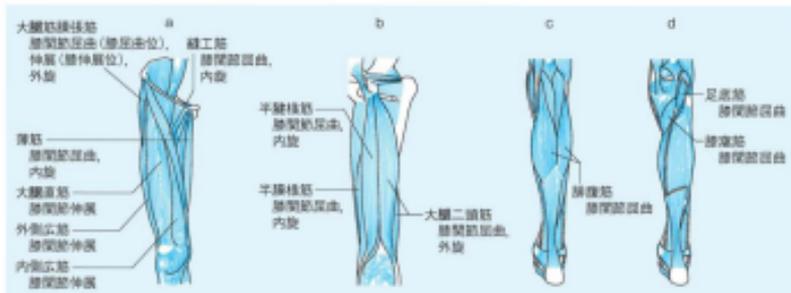


図12 膝の筋

a: 大腿前面 b: 大腿後面 c: 下腿後面浅層 d: 下腿後面深層

姿勢 (posture)
 体位 (position)
 構え (attitude)

MEMO

姿勢は、体位に着目すると、臥位、座位、膝立ち位、立位、懸垂位の5つの基本体位に基づいて分類されることがある。さらに、これらは構えの要素を加えて派生する応用姿勢へと区分される(参考文献 表3 参照)。

姿勢制御 (postural control)
 安定性 (stability)
 定位 (orientation)

MEMO

質量とは、物体そのものを構成する物質の量という。一方、重さは物体にはたらく重力の大きさである。したがって、物体の質量はどこであっても変わらないが、重さは重力場(たとえば、地球と月)が異なれば、その大きさは変化する。

質量中心 (center of mass: COM)

試してみよう

次の支持基底面がどこにあるかを考えてみよう。

- ①イスに座っているとき
- ②丁字杖を片側で使用し、立っているとき
- ③背臥位するとき

1. 姿勢とその制御

姿勢とは、身体の体位と構えからなる。体位は重力方向に対する身体位置を示し、立位、座位、背臥位などがこれにあたる。一方、構えとは各体節の相対的な位置関係を示し、体節屈位、肘関節屈位、股関節外旋位などと表現される。また、構えは「股関節30°外転位」のように関節角度を用いても表わされる。

姿勢制御とは姿勢を保持するはたらきをいい、Shumway-Cookら²⁾は、安定性と定位という2つの目標に対して空間における身体位置を制御することである、と定義している。姿勢の安定性は、姿勢を平衡状態に保持することを指す。力学的には、身体重心を支持基底面内に保持することを意味する。

姿勢の定位は、ある運動課題に対して身体の各体節間あるいは身体と環境間の関係を適切に保持することという。

2. 重心

物体の質量分布の平均位置を質量中心という。ボールのように質量が対称に分布しているものでは、質量中心が物体の中心に存在するが、バットのように対称でない物体の質量中心は、重い端のほうに偏る(図1)。

地球上のすべての物体には、重力が鉛直方向に作用している。したがって、物体には、その質量に比例した重力がはたらいている(図2)。重力の作用点は物体の質量中心位置と一致する。これを重心という。もし物体を重心点の1点で支えたとすると、その物体の平衡は保たれる(図3)。

力学的安定性

物体の重心点とは、安定性にとって重要である。物体の重心から鉛直線、すなわち重心線を下ろしたとき、物体が床と接している面である支持基底面にその重心線があれば、物体は力学的に安定した状態にある(図4)。

ヒトが立位姿勢をとっているとき、支持基底面は両足底外縁を含む面であり、その中に人体の重心点から下ろした重心線があれば、その立位姿勢は安定している(図5)。一般に、支持基底面が広く、重心点の低いほうが安定性はよい。また、重心線の位置が支持基底面内の中心に近いほど安定性はよい。

3. 安静立位姿勢とその制御

1) 安静立位姿勢のアライメント

立位姿勢において、重心線が次の解剖学的指標を通るとき、その姿勢は安定しており、自発的な身体動揺はわずかで、かつ姿勢を保持するのに必要な内部エネルギー消費は最小となる。これを基本的立位姿勢の理想的アライメントととらえる。



図1 物体の質量中心

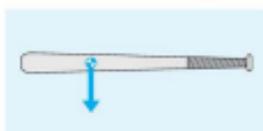


図2 物体の重心



図3 重心点で支えたときの平衡

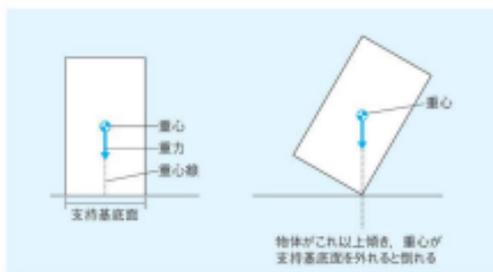


図4 物体の重心線と支持基底面からみた力学的安全性



図5 安定した立位姿勢における重心線と支持基底面

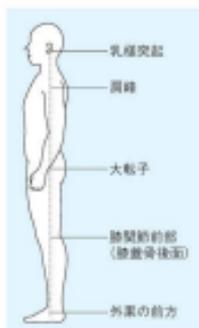


図6 矢状面での基本的立位姿勢の理想的アライメント

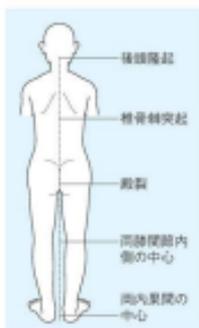


図7 前額面での基本的立位姿勢の理想的アライメント

(1) 矢状面での理想的アライメント

側面をみて、次の解剖学的指標が重心線に一致するとき、矢状面でのアライメントはよいといえる(図6)。

- ①乳様突起(耳座のやや後方)
- ②肩峰
- ③大転子
- ④膝関節中心のやや前方(膝蓋骨後面)
- ⑤外果の5-6cm前方(足関節のやや前方)

(2) 前額面での理想的アライメント

背面をみて、次の解剖学的指標が重心線に一致するとき、前額面でのアライメントはよいといえる(図7)。

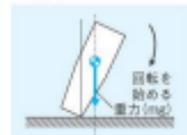
- ①後頭隆起
- ②椎骨棘突起
- ③股関節
- ④両膝関節内側の中心
- ⑤両内果間の中心

2) 安静立位姿勢の制御

立位姿勢における重心線は、すべての関節中心を通過していないため、身体の一部

MEMO

重心線が支持基底面から外れた場合
物体の重心線が支持基底面から外れると、その物体は重力方向に回転し始めて転倒する。これは、支持基底面の端を支点に、重力によるモーメントが作用するからである。



MEMO

立位姿勢の安定性に関与する要因

- ①重心の高さ：重心の位置が低いほど安定性はよい。
- ②支持基底面の広さ：支持基底面が広いほど安定性はよい。
- ③支持基底面と重心線との関係：重心線の位置が支持基底面の中心にあるほど安定性はよい。
- ④質量：質量が大きいほど安定性はよい。
- ⑤摩擦：床との接触面の摩擦抵抗が大きいほど安定性はよい。
- ⑥分節構造物：単一構造物の方が安定性はよい。
- ⑦心理的要因：心理的不安があると安定性は低下する。
- ⑧生理的要因：姿勢制御に関わる生理機能に異常があると安定性は低下する。

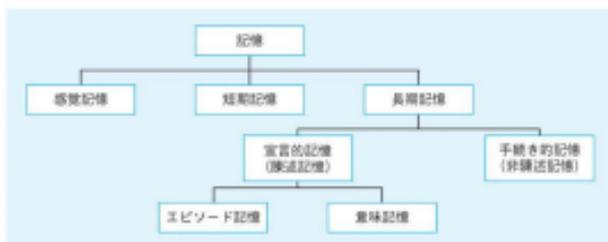


図2 記憶の分類

のさまざまな運動情報がまず感覚記憶として保持される。しかし、言語を記憶するときと同様に、これらの情報はさきわめて短時間しか保持されない。

(2) 短期記憶

感覚記憶のうち、注意を向けられ、移行された情報が保持される領域である。短期記憶における保持時間は数十秒間（あるいは数分間）といわれている。また、保持できる情報の容量には制限がある。短期記憶で保持されている情報が忘れ去られるのを防ぐためには、リハーサルが必要である。

リハーサルとは、短期記憶での忘却を防いだり、長期記憶に情報を移行させたりするために情報を繰り返し思い起こすことをいう。リハーサルには短期記憶に情報を保持するための維持リハーサルと、長期記憶に情報を移行させるための精緻化リハーサルがある。

運動学習においては、移行された情報を短期記憶に留めておくために、さらに実際の動作を反復するなどのリハーサルが必要である。

(3) 長期記憶

生涯にわたって保持される記憶である。長期記憶で保持できる情報の容量には限界がないと考えられている。短期記憶から長期記憶への移行は、リハーサルを十分に行うことによってなされる。

運動の長期記憶例としては、自転車は一度乗れるようになると、数年間まったく乗っていないくとも、またいつでも乗ることができるとなどがあげられる。

(2) 宣言的記憶・手続き的記憶

長期記憶は、その記憶内容から大きく宣言的記憶（陳述記憶）と手続き的記憶（非陳述記憶）に分類される（図2）。

(1) 宣言的記憶

宣言的記憶は言語的に説明できる記憶をいい、さらにエピソード記憶と意味記憶に分けられる。エピソード記憶は、個人の過去の経験や出来事に関する記憶であり、時や場所などの情報が含まれる。「昨日、友だちと2時間もサッカーをした」などといったものがそうである。意味記憶とは一般的な知識に関する記憶をいい、例として「サッカーはボールを蹴ってゴールさせるスポーツである」といった運動に関する知識などがあげられる。

(2) 手続き的記憶

手続き的記憶は意識的に取り出すことが難しく、自動化されている。たとえば、自転車の乗り方や泳ぎ方などに関する記憶のような、言語的に説明しにくい、手続きに関する記憶である。運動技能に関する記憶は手続き的記憶にあたる。

注意 (attention)
リハーサル (rehearsal)

MEMO

維持リハーサル

機械的な繰り返しによって保持する作業をいう。たとえば、録音テープができた年号をそのまま声に出したりして繰り返し覚える作業である。この作業では長期記憶に移行させるはたらかない。

精緻化リハーサル

情報に意味づけられたり、ほかの情報と関連づけられて保持する作業をいう。たとえば、録音テープができた年号を「いしゆん（1992年）つくろく録音テープ」といったように、語呂合わせなどを使って覚える作業である。この作業は長期記憶への移行に効果的である。

試してみよう

維持リハーサルと精緻化リハーサルの具体例をあげてみよう。

試してみよう

宣言的記憶と手続き的記憶の具体例をあげてみよう。

エピソード記憶 (episodic memory)
意味記憶 (semantic memory)

15 Lecture

15レクチャーシリーズ

リョウリョウホウ 作業リョウホウ
理学療法・作業療法テキスト
うんどうがく
運動学

2012年11月30日 初版(第1刷発行) © (株)学研出版

監編集——石川 朗、種村留美

責任編集——小島 裕

発行者——平田 直

発行人——株式会社 中山書店
〒113-8696 東京都文京区白河1-25-14
TEL: 03-3823-1300 (代表) 転替: 003-305-19693
<http://www.nakayama-shoten.co.jp/>

賞了—————藤岡歴史 (プロデュース)

DTP—————株式会社 明昌堂

印刷・製本———三枝堂株式会社

ISBN978-4-621-73884-8

Published by Nakayama Shoten Co., Ltd.

Printed in Japan.

著了・乱丁の場合は取り替えます

本書の複製権・上映権・譲渡権・公衆送信権(送信可能化権を含む)は株式会社中山書店が保有します。

◎**コピー**◎ (印刷複製著作権管理機構) 社出版物

本書の印刷複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。転写される場合は、そのつど事前に、(社)出版者著作権管理機構 [電話: 03-3513-0900, FAX: 03-3513-0978, e-mail: info@coppr.or.jp] の許諾を得てください。

本書をスキャン・デジタルデータ化するなどの複製を無断で行う行為は、著作権法上での認められた例外(私的複製のための複製)など)を除き著作権法違反となります。なお、大学・病院・企業などにおいて、内部的に業務上使用する目的で上記の行為を行うことは、私的複製には該当せず違法です。また私的利用のためであっても、代行業者等の第三者に依頼して使用する本人以外の者が上記の行為を行うことは違法です。