

第 3 版

15レクチャー
シリーズ

理学療法テキスト

内部障害理学療法学 循環・代謝

総編集 …………… 石川 朗 神戸大学生命・医学系保健学域
責任編集 …………… 木村雅彦 杏林大学保健学部理学療法学科

中山書店

- 総編集 ————— 石川 朗 神戸大学生命・医学系保健学域
- 編集委員（五十音順） ———— 木村雅彦 杏林大学保健学部リハビリテーション学科理学療法学専攻
小林麻衣 晴陵リハビリテーション学院理学療法学科
仙石泰仁 札幌医科大学保健医療学部作業療法学科
玉木 彰 兵庫医科大学リハビリテーション学部理学療法学科
- 責任編集 ————— 木村雅彦 杏林大学保健学部リハビリテーション学科理学療法学専攻
- 執筆（五十音順） ———— 小倉太一 医療法人社団のう救会脳神経外科東横浜病院リハビリテーション科
小倉 彩 北里大学医療衛生学部リハビリテーション学科理学療法学専攻
木村雅彦 杏林大学保健学部リハビリテーション学科理学療法学専攻
近藤和夫 日本医療大学保健医療学部リハビリテーション学科理学療法学専攻
田畑 稔 東京保健医療専門職大学リハビリテーション学部理学療法学科

刊行のことば

本 15 レクチャーシリーズは、医療専門職を目指す学生と、その学生に教授する教員に向けて企画された教科書である。

理学療法士、作業療法士、言語聴覚士、看護師などの医療専門職となるための教育システムには、養成期間として4年制と3年制課程、養成形態として大学、短期大学、専門学校が存在しており、混合型となっている。どのような教育システムにおいても、卒業時に一定水準の知識と技術を修得していることは不可欠であるが、それを実現するための環境や条件は必ずしも十分に整備されているとはいえない。

これらの現状をふまえて 15 レクチャーシリーズでは、医療専門職を目指す学生が授業で使用する本を、医学書ではなく教科書として明確に位置づけた。

学生諸君に対しては、各教科の基礎的な知識が、後に教授される応用的な知識へどのように関わっているのか理解しやすいよう、また臨床実習や医療専門職に就いた暁には、それらの知識と技術を活用し、さらに発展させていくことができるよう内容・構成を吟味した。一方、教員に対しては、オムニバスによる講義でも重複と漏れがないよう、さらに専門外の講義を担当する場合においても、一定水準以上の内容を教授できるように工夫を重ねた。

具体的に本書の特徴として、以下の点をあげる。

- 各教科の冒頭に、「学習主題」「学習目標」「学習項目」を明記したシラバスを掲載する。
- 1科目を90分15コマと想定し、90分の授業で効率的に質の高い学習ができるよう1コマの情報量を吟味する。
- 各レクチャーの冒頭に、「到達目標」「講義を理解するためのチェック項目とポイント」「講義終了後の確認事項」を記載する。
- 各教科の最後には定期試験にも応用できる、模擬試験問題を掲載する。試験問題は国家試験に対応でき、さらに応用力も確認できる内容としている。

15 レクチャーシリーズが、医療専門職を目指す学生とその学生たちに教授する教員に活用され、わが国における理学療法の一層の発展にわずかながらでも寄与することができたら、このうえない喜びである。

2010年9月

総編集 石川 朗

序 文 (第3版)

本書は2010年に初版、そして2017年に第2版を上梓し、その後も目まぐるしく進歩するこの領域の情報をアップデートして臨床・研究・教育に活かしていただくために、初学者にも十分な知識基盤と最新の情報を共有することを意図して参りました。今回の第3版も基礎知識から今日のトレンドと、これから展望される科学としての理学療法を捉えるための一冊として活用いただければ幸いです。

世界中に猛威をふるった新型コロナウイルス感染症もある程度沈静化し、一方で、自然災害や戦禍の絶えない社会が日常となってしまうことに対する畏怖の念を抱かざるを得ませんが、良くも悪くもさまざまなことを乗り越えて時間は流れ続けますし、理学療法の臨床と教育と研究も日々さらに進歩と変化を繰り返しています。特に、循環器や集中治療の領域における黎明期から理学療法士の信条とされていたことではありますが、フレイルやサルコペニアあるいは入院関連能力低下（HAD）や集中治療獲得性筋力低下（ICU-AW）などの身体機能や認知機能を含めた全人的な評価に基づく治療計画や目標の設定を重視する考え方が今日の医療チームの認識に汎化されつつあることや、心臓リハビリテーション指導士、糖尿病療養指導士、心不全療養指導士、集中治療理学療法士などの臨床における卒後学習制度が整備され、それらが理学療法の専門性を求めているという責任を自覚する必要があります。

編者は2023年に日本呼吸・循環器合同理学療法学会学術大会2023（第9回日本呼吸理学療法学会・第7回日本循環器理学療法学会合同開催、略称RCVPT2023）を合同大会長として開催いたしました。多くの優秀な研究者と臨床家と教育者とが集まり、討論し、お互いに敬意を共有することができましたことに感謝するとともに、学会が目指す新たな理学療法学の発展に本書をお役立ていただけるよう祈念しております。

2024年11月

責任編集 木村雅彦

15レクチャーシリーズ
理学療法テキスト／内部障害理学療法学 循環・代謝 第3版
目次

執筆者一覧 ii
刊行のことば iii
序文（第3版） iv
序文（第2版） v
序文（初版） vi



循環器系および腎臓の構造と機能

小倉 彩 1

1. 循環器系の役割	2
2. 心臓の構造と機能	2
1) 心臓の外観 2	
2) 心臓の構造と機能 2	
3) 心筋組織 2	
4) 刺激伝導系 2	
3. 血管の構造と機能	4
1) 動脈系 4	
2) 静脈系 4	
3) 毛細血管 4	
4. 心臓の血管	5
1) 冠〔状〕動脈 5	
2) 冠〔状〕静脈 5	
5. 心ポンプ機能と心拍出量	5
1) 心周期 5	
2) 心拍出量 5	
3) 1回拍出量 6	
前負荷／後負荷／左室の収縮特性および拡張特性	
4) 左室駆出率（LVEF） 6	
6. 血圧と血流	7
1) 血圧 7	
2) 血管抵抗 7	
3) 血流 7	
7. 循環器系の調節機構	7
1) 神経性調節 7	
2) 液性調節 9	
3) 局所性調節 9	
8. 腎臓の構造と機能	9
1) 腎臓の外観 9	

- 2) 腎臓の構造と尿の生成 10
糸球体濾過／再吸収と分泌／ネフロン（腎単位）
- 3) 腎臓による血圧調節 11
腎臓の自己調節機能／レニン・アンジオテンシン・アルドステロン系（RAAS）／抗利尿ホルモン／
心房性ナトリウム利尿ペプチド（ANP）

Step up	1. 血管内皮細胞とその役割	13
	2. 血管内皮機能障害と動脈硬化	13
	1) 一酸化窒素（NO）	14
	2) 炎症と酸化ストレス	14
	3) ずり応力	14
	4) 血管内皮のグリコカリックス	14
	3. 血管内皮機能の測定方法	14
	1) FMD	14
	2) RH-PAT	14



心電図と心臓超音波検査の診かた

木村雅彦 15

1. 心電図のしくみ：測定方法と波形の意味	16
1) 心電図とは	16
2) 標準 12 誘導心電図とモニター心電図	16
2. 心電図の基本波形	16
3. 心電図記録のルール	17
4. 不整脈とは	17
1) 正常洞調律と洞徐拍，洞頻拍	17
2) 調律の異常	17
心房細動（AF）／心房粗動（AFL）	
3) 期外収縮	18
上室期外収縮（SVPC）／心室期外収縮（VPC）	
4) 致死性不整脈	20
心室頻拍（VT）／心室細動（VF）	
5) 伝導障害と補充調律	20
房室ブロック／脚ブロック	
5. 心筋虚血（狭心症，心筋梗塞）の心電図変化	22
1) 心筋虚血の判読	22
2) 虚血部位の判読	22
3) 急性心筋梗塞の心電図所見における時間経過	22
6. 心臓超音波（心エコー）	23
1) 心エコーとは	23
2) 心エコーによる評価の目的	23
心臓の大きさ／壁運動の評価／収縮能と拡張能の評価による心不全の分類／心臓弁膜症の評価／右心系の評価／ 冠動脈の動脈硬化度の評価／血栓，疣贅の評価	

Step up 心電図の判読	26
--------------------------------------	----



エネルギー代謝と栄養

小倉 彩 27

1. 生命活動とエネルギー	28
1) 代謝とエネルギー	28
2) ATP の役割	28
2. 炭水化物（糖質）の代謝	29
1) グルコースの輸送	29
2) グルコースの利用	29
解糖系／有酸素系	
3) グルコース代謝の調節	31
3. 脂質の代謝	31
1) 脂質の輸送	32
2) 脂質の貯蔵	32
3) 脂質の利用	32
遊離脂肪酸／グリセロール	
4. 蛋白質の代謝	33
1) 蛋白質の輸送と代謝	33
2) 蛋白質の利用	33
5. 運動とエネルギー供給	33
1) 運動と ATP 需要の変化	33
2) ATP-PCr 系	34
3) エネルギー供給系と運動種目	34
6. 栄養摂取と食事療法	35
1) エネルギー代謝と食事	35
エネルギー代謝量の測定方法／基礎代謝量／推定エネルギー必要量／栄養素のエネルギー量	
2) 栄養素と食事（栄養素の摂取割合）	37
蛋白質／脂質／炭水化物／その他の栄養素	
Step up 1. 炭水化物（糖質）以外の栄養素のはたらき	38
1) 脂質	38
アポ蛋白質の役割／リポ蛋白質の役割／善玉コレステロールと悪玉コレステロールの違い／必須脂肪酸	
2) 蛋白質	38
必須アミノ酸（不可欠アミノ酸）／必須アミノ酸を含む食物	
2. 日本食品標準成分表	38



運動耐容能とその評価

運動時のエネルギー代謝と循環器の応答

木村雅彦 39

1. 運動耐容能とは	40
2. 運動時のエネルギー代謝	40
1) 運動時の糖質代謝	40
運動時のエネルギー補給／運動による糖質代謝への影響／グリコーゲンの貯蔵量と運動持続能力	
2) 運動時の脂質代謝	40
3) 運動時の蛋白質代謝	40
3. エネルギー供給のための酸素運搬	40

1) 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) と心機能	41
2) 運動時の循環系の応答	41
心拍出量の変化/血圧の変化	
4. 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) を尺度とした運動耐容能の評価	42
1) 運動強度とエネルギー消費量	42
エネルギー代謝率 (RMR) / METs (代謝当量)	
2) 心機能の分類と酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)	43
3) 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) の計算式	43
5. 運動耐容能の評価方法	43
1) 心肺運動負荷試験	43
運動負荷試験中の反応と終了基準/心肺運動負荷試験における代表的な評価指標	
2) その他の運動耐容能の評価方法	45
6分間歩行試験	
6. 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) を用いた運動処方	45
1) 心拍数と酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) の関係	46
2) 目標心拍数 (THR) 法	46
Step up	
1. 心肺運動負荷試験における呼気ガス分析とランプ負荷	47
2. 心肺運動負荷試験によって得られる指標の意義	47
1) 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)	47
2) 嫌気性代謝閾値 (AT)	47
3) 呼吸性代償 (RC)	48
4) $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ slope	48
5) $\Delta\dot{V}O_2$ (酸素摂取量) / ΔWR (work rate)	48



循環器疾患 (1)

心不全

近藤和夫 49

1. 定義	50
2. 基礎疾患	50
1) 虚血性心疾患 (心筋梗塞, 狭心症)	50
2) 心臓弁膜症	50
3) 不整脈	50
4) 高血圧症	50
5) 心筋症	50
6) アミロイドーシス	50
7) サルコイドーシス	50
3. 分類	50
1) 急性心不全, 慢性心不全	50
2) 左心不全, 右心不全	51
3) HFrEF, HFpEF	51
4. 症状, 徴候	52
5. 心不全の代償機序	52
6. 重症度分類	52
7. 検査, 診断	53

1) 身体所見	53
2) 血液検査	54
3) 心電図	54
4) 胸部単純X線検査	54
5) 心臓超音波（心エコー）検査	54
6) 心臓カテーテル検査	54
7) CT	54
8) 運動耐容能検査	54
8. 治療	55
1) 薬物療法	55
β遮断薬／アンジオテンシン変換酵素阻害薬（ACE阻害薬）／アンジオテンシンII受容体拮抗薬（ARB）／ ミネラルコルチコイド受容体拮抗薬（MRA）／SGLT2阻害薬／強心薬	
2) 非薬物治療	55
人工呼吸管理／ペースングによる管理	
3) 手術	56
虚血性心疾患／タンポナーデ／心臓弁膜症	
4) 運動療法	56
5) 栄養療法	56
9. 心不全の経過と進展ステージ	56
Step up デバイス治療	58
1) 心不全のペースングによる管理	58
2) 植込み型除細動器（ICD）	58
3) 両室ペースメーカー	58



循環器疾患（2）

虚血性心疾患

田畑 稔 59

1. 疫学	60
2. 病態	60
1) 虚血性心疾患とは	60
冠動脈狭窄とは／プラーク破綻と血栓形成／心筋壊死の進展	
2) 冠動脈と冠血流	61
3) 冠動脈疾患の危険因子	61
4) 虚血性心疾患の分類	62
狭心症の分類／不安定狭心症の分類／急性冠症候群（ACS）／急性心筋梗塞／不安定狭心症／無症候性心筋虚血／ 冠動脈閉塞を伴わない心筋虚血（INOCA）	
5) 予後	64
6) 合併症	64
3. 診断	64
1) 症状	64
2) 身体所見	64
3) キリップ分類	64
4) 検査, 機能評価	65
心電図／血液生化学検査／画像診断／自律神経機能の評価／血管機能の評価／血管内皮機能の評価	
4. 治療	68
1) 初期治療	68
2) 薬物療法	68

3) 血行再建術（再灌流療法） 69

経皮的冠動脈形成術（PCI）／冠動脈バイパス術（CABG）

4) 補助循環 69

大動脈内バルーンパンピング（IABP）／経皮的心肺補助装置（PCPS）／循環補助用心内留置型ポンプ（カテーテル型人工心臓）

Step up

1. 循環器病対策推進基本計画（第2期）の現状と課題 71

1) 概要 71

循環器病の予防や正しい知識の普及啓発／保健、医療及び福祉に係るサービスの提供体制の充実／循環器病の研究推進

2) 現状と課題 71

3) 取り組むべき施策 72

2. その他の施策：脳卒中と循環器病克服5か年計画（第2次）... 72



循環器疾患（3）

心臓弁膜症，心筋症

田畑 稔 73

1. 心臓弁膜症 74

1) 僧帽弁狭窄症 74

病態／症状／検査／治療

2) 僧帽弁閉鎖不全症 75

病態／症状／検査，重症度判定／治療

3) 大動脈弁狭窄症 76

病態／経過と予後／症状／検査／治療

4) 大動脈弁閉鎖不全症 77

病態／症状／検査／治療

5) 三尖弁狭窄症 78

病態／症状／検査／治療

6) 三尖弁閉鎖不全症 79

病態／症状／検査／治療

7) 肺動脈弁閉鎖不全症，肺動脈弁狭窄症 79

病態／症状／検査／治療

2. 心筋症 80

1) 肥大型心筋症 80

分類／病態／症状／検査／治療

2) 拡張型心筋症 82

病態／症状／検査／治療

3) 不整脈源性右室心筋症 83

病態／症状／検査／治療

4) 拘束型心筋症 84

病態／症状／検査／治療

Step up

1. 機械弁と生体弁の選択 85

2. 機械的補助循環の種類と適応 85

1) 機械的補助循環の目的と急性重症心不全への適応 85

2) 機械的補助循環の種類と適応 85

大動脈内バルーンパンピング（IABP）／心肺補助装置（PCPS，V-A バイパス，ECMO）／補助人工心臓



循環器疾患 (4) 大動脈疾患, 末梢動脈疾患

田畑 稔 87

1. 大動脈疾患	88
1) 大動脈瘤 88	
病態/病型分類/症状/検査/治療	
2) 大動脈解離 90	
病態/病型分類/偽腔の血流状態による分類/症状/検査/治療	
2. 末梢動脈疾患	92
1) 発症時期による分類 92	
急性虚血/慢性虚血	
2) 動脈病変の成因による分類 93	
器質的病変/機能的病変	
3) 慢性下肢動脈閉塞 93	
無症候性下肢閉塞性動脈疾患 (無症候性 LEAD) / 間欠性跛行を呈する下肢閉塞性動脈疾患 (有症候性 LEAD) / 包括的高度慢性下肢虚血 (CLTI)	
4) 急性下肢動脈閉塞 96	
急性下肢虚血 (ALI) の病因/症状 (身体所見) / 検査/重症度分類/治療	
5) 末梢動脈疾患に対する理学療法評価 97	
6) 末梢動脈疾患に対する理学療法プログラム 97	
運動療法/物理療法/装具療法/患者教育	
7) 末梢動脈疾患に対する理学療法におけるリスク管理 98	
末梢動脈疾患の増悪の有無/末梢動脈疾患に起こりうる合併症/合併症の重症度とリスクの評価	
8) 静脈血栓塞栓症 (VTE) 98	
危険因子/症状/検査/治療	
Step up 静脈血栓塞栓症 (VTE) の理学療法と予防	100
1) 安静度と静脈血栓塞栓症 (VTE) のリスク因子 100	
2) 静脈血栓塞栓症 (VTE) の予防方法 100	
早期歩行, 積極的な運動/圧迫療法/弾性ストッキング/間欠的空気圧迫法	



循環器疾患 (5) その他の心不全と基礎疾患

木村雅彦 101

1. 高血圧症と動脈硬化	102
1) 病理と疫学的な特徴 102	
2) 心不全の進展因子に対する管理 102	
3) 運動療法の効果 102	
2. 不整脈性心不全と心房細動	103
1) 病理と疫学的な特徴 103	
不整脈/不整脈による心拍出量の減少とショック/不整脈誘発性心筋症 (AIC) と頻脈誘発性心筋症 (TIC)	
2) 心不全の進展因子に対する管理 103	
3. 肺高血圧症	103
1) 病理と疫学的な特徴 103	
2) 心不全の進展因子に対する管理 106	
3) 運動療法の効果 106	
4. たこつぼ心筋症 (心理的ストレス)	106

5. 悪性新生物（悪性腫瘍）	106
1) 循環器とがん	107
2) がん関連血栓症（CAT）	108
3) 運動療法の効果	108
6. 終末期の緩和ケアとアドバンス・ケア・プランニング（ACP）	108
Step up	
1. 睡眠呼吸障害	110
1) 睡眠呼吸障害（SDB）の疾患背景と診断	110
2) 睡眠呼吸障害（SDB）に対する治療	111
2. 多様な背景を有する心不全患者	111
1) 性差	111
2) フレイル	111
3) 認知機能の低下	112
4) 多職種連携	112
5) 健康の社会的決定要因（SDOH）	112

10

LECTURE

糖尿病

病態，検査，治療，合併症

小倉 彩，小倉太一 113

1. 日本における糖尿病の疫学	114
2. 糖尿病とは	114
1) 正常なインスリン分泌	114
2) インスリン分泌低下	114
3) インスリン抵抗性	114
3. 糖尿病の症状	115
4. 糖尿病の分類	115
1) 成因による分類	115
1型糖尿病／2型糖尿病	
2) 病態による分類	116
インスリン依存状態／インスリン非依存状態	
5. 糖尿病の検査と診断	117
1) 主な検査	117
血糖値／経口ブドウ糖負荷試験（OGTT）／糖化ヘモグロビン（HbA1c）／	
インスリン分泌能の指標（インスリン分泌指数）／インスリン抵抗性の指標（HOMA-R）	
2) 日本糖尿病学会による糖尿病診断の指針	117
糖代謝異常の判定区分／糖尿病の診断／過去に糖尿病の既往がある場合	
6. 糖尿病の治療	119
1) コントロールの指標	119
HbA1c値，血糖値／糖化アルブミン（GA）／1,5-アンヒドログルシトール（1,5-AG）／血圧／血清脂質／体重	
2) 治療方針の立て方	120
1型糖尿病（インスリン依存状態）／2型糖尿病（インスリン非依存状態）	
3) 食事療法	120
エネルギー摂取量／栄養素の構成／食事療法の進め方	
4) 運動療法	121
適応と禁忌／運動療法の進め方	
5) 薬物療法	121
経口薬と注射薬／インスリン療法	

7. 糖尿病合併症	122
1) 高血糖による急性合併症 122	
糖尿病性ケトアシドーシス／高血糖高浸透圧症候群／治療, 対処法	
2) 低血糖による急性合併症 123	
交感神経刺激症状／中枢神経症状／治療, 対処法	
3) 易感染性 123	
4) 慢性合併症 123	
細小血管症／大血管症／糖尿病性足病変	

Step up 高齢者糖尿病	125
1) 高齢化と糖尿病 125	
2) 高齢者糖尿病とは 125	
3) 特徴 125	
4) 治療の考え方 126	
5) 血糖コントロール目標値 126	
6) 治療のポイント 126	

11

LECTURE

心臓と多臓器連関 近藤和夫 127

1. 血流の再配分	128
2. 心臓と多臓器連関	128
1) 心脳連関 128	
認知症との関連／うつとの関連	
2) 心腎連関 129	
3) 心肺連関 130	
心不全による息切れ／心不全患者における COPD（慢性閉塞性肺疾患）の有病率／肺高血圧症／心-骨格筋連関	
3. 循環器病対策推進基本計画	132

Step up 1. total vascular care	135
2. 循環器疾患と便秘	135

12

LECTURE

循環器理学療法の実際（1） 木村雅彦 137

総論

1. 循環器理学療法の変遷	138
1) リハビリテーションと理学療法の変遷 138	
心臓リハビリテーション／腎臓リハビリテーション／集中治療におけるリハビリテーション	
2) 集中治療における早期リハビリテーションと早期離床 139	
3) 心臓リハビリテーションと理学療法 140	
心臓リハビリテーションの定義と対象者の特性／病期に応じた介入方法と標準プログラム／	
アドバンス・ケア・プランニング（ACP）	
4) 腎臓リハビリテーションと理学療法 143	
CKD（慢性腎臓病）／急性腎不全と慢性腎不全／末期腎不全（ESKD）	
2. 急変時の対応	145
1) 循環障害, 腎障害, 意識障害 145	
2) 意識障害発生時の対応 145	
3) 電氣的除細動（一次救命処置における AED） 145	

4) 低血糖	146
3. 循環器病に対するリハビリテーションの構築	146
1) 診療報酬体系における心臓リハビリテーションと腎臓リハビリテーション	146
2) 「循環器対策基本法」(ストップCVD)	147
Step up	
1. チーム医療と学会認定資格制度	149
2. 早期一次救命処置(BLS)の意義	149
1) 心停止後の早期の電氣的除細動	149
2) 電氣的除細動までの時間に何をすべきか	149

13

LECTURE

循環器理学療法の実際 (2)

早期・急性期

木村雅彦 151

1. 早期・急性期における循環器理学療法の概要	152
2. 病態とその管理状況の評価	154
3. 急性期(phase I)の介入方法と標準プログラム	155
<small>関節可動域運動, ストレッチ, レジスタンストレーニング/ティルトアップから端座位/ 立位バランス練習, 起居動作練習/病棟歩行距離の漸増</small>	

Step up	急変時の基本的対応	160
	1) 循環障害, 腎障害, 意識障害	160
	2) ショック	160
	3) 意識障害発生時の対応: 一次救命処置(BLS)と自動体外式除細動器(AED)による除細動	160
	<small>意識障害を起こした患者(転倒している)を発見した場合/閉胸式心臓マッサージ</small>	
	4) 低血糖	160

14

LECTURE

循環器理学療法の実際 (3)

回復期

田畑 稔 161

1. 回復期における循環器理学療法の概要	162
1) 回復期の特徴	162
2) 回復期における到達目標	162
2. 運動の適否判断	163
3. 介入方法	163
1) 離床プログラム後の内容と監視(モニタリング)	163
2) リハビリテーション室で行うプログラム(積極的な理学療法)	163
<small>有酸素運動/レジスタンストレーニング</small>	
3) 運動療法機器の特徴	165
<small>自転車エルゴメータ/トレッドミル</small>	
4) 有酸素運動における監視(モニタリング)の要点と中止基準	165
5) 歩行機能を目安にした離床プログラム後の内容と監視(モニタリング)	166
<small>身体機能の評価: 膝伸筋筋力(下肢筋力)/握力/下肢機能/歩行速度/ Cardiovascular Health Study (CHS) によるフレイルの診断基準</small>	
6) 歩行機能を目安として実施する循環器理学療法の内容	167
7) 運動療法実施中の中止基準	168

Step up	1. 入院関連能力低下 (HAD) を呈する高齢心不全患者の割合と特徴	169
	2. インターバルトレーニング (間欠的トレーニング)	169
	3. 遠隔心臓リハビリテーション	169

15

LECTURE

循環器理学療法の実際 (4)

維持期 (生活期)

近藤和夫 171

1. 維持期 (生活期) の心臓リハビリテーションの概要	172
1) 内容	172
2) 効果	172
3) 長期的リハビリテーションの重要性と困難さ	173
4) 実施率と課題	173
2. 介護保険下でのリハビリテーション	174
3. 在宅医療	174
在宅医療における多職種のかかわりと理学療法士の役割	175
4. 地域包括ケアシステム	175
5. 終末期医療 (ターミナルケア)	176
終末期医療における理学療法士の役割	178

Step up	災害時における循環器理学療法	179
木村雅彦	1) 災害の特徴	179
	2) 災害サイクルと災害リハビリテーションのフェーズ	179
	3) 循環器領域の災害医療	180

巻末資料 181

TEST

試験

木村雅彦 196

索引 203

15 レクチャーシリーズ 理学療法テキスト

内部障害理学療法学 循環・代謝 第3版

シラバス

一般目標	循環・代謝機能の障害に対する理学療法を展開するためには病態や治療に対する知識が必要であり、また、運動強度を設定するための所見や運動中の監視項目、治療効果の判定に用いる指標についても他職種と共有する必要がある。今日の心臓リハビリテーション、腎臓リハビリテーションの対象は広く網羅的に発展しており、理学療法士の果たす役割が一段と求められている。本講座では、循環・代謝の解剖学や生理学をふまえて病態と病期に応じた診断や評価、治療を系統的に学び、介入の中心となる運動療法についても要点とその理論的背景や安全管理の実践方法について学習する
------	--

回数	学習主題	学習目標	学習項目
1	循環器系および腎臓の構造と機能	心臓、血管など循環器系と腎臓の構造と機能を理解する 心拍出量とその規定因子、調節機構を理解する	心臓の構造と機能、血管の構造と機能、心臓の血管、心ポンプ機能と心拍出量、血圧と血流、循環器系の調節機構、腎臓の構造と機能
2	心電図と心臓超音波検査の診かた	心電図の基本波形と心筋虚血の心電図変化、心電図モニター監視の要点を理解する 不整脈の重症度を理解する 心臓超音波（心エコー）の基本情報を理解する	心電図のしくみ（測定方法と波形の意味）、心電図の基本波形、不整脈、心筋虚血（狭心症、心筋梗塞）の心電図変化、心臓超音波（心エコー）の目的と評価
3	エネルギー代謝と栄養	内呼吸とエネルギー基質の代謝を理解する 栄養素の代謝過程を理解する	生命活動とエネルギー、炭水化物（糖質）の代謝、脂質の代謝、蛋白質の代謝、運動とエネルギー供給、栄養摂取と食事療法
4	運動耐容能とその評価 —運動時のエネルギー代謝と循環器の応答	運動中の生体反応（循環・代謝応答）を理解する 運動耐容能の評価方法を理解する	運動耐容能、運動時のエネルギー代謝、エネルギー供給のための酸素運搬、運動耐容能の評価方法、酸素摂取量（VO ₂ ）を用いた運動処方
5	循環器疾患（1） —心不全	心不全の病態、検査・診断・治療の流れを理解する 急性心不全と慢性心不全の違いを理解する	心不全の定義、基礎疾患、分類、症状・徴候、心不全の代償機序、重症度分類、検査、診断、治療、心不全の経過と進展ステージ
6	循環器疾患（2） —虚血性心疾患	虚血性心疾患の病態、検査・診断・治療の流れを理解する	虚血性心疾患の疫学、病態、分類、診断、治療
7	循環器疾患（3） —心臓弁膜症、心筋症	心臓弁膜症と心筋症の病態、検査・診断・治療の流れを理解する	心臓弁膜症と心筋症の病態、分類、症状、検査、重症度判定、治療
8	循環器疾患（4） —大動脈疾患、末梢動脈疾患	大動脈疾患と末梢動脈疾患の病態、検査・診断・治療の流れを理解する	大動脈疾患と末梢動脈疾患の病態、分類、症状、検査、重症度判定、治療、末梢動脈疾患に対する理学療法評価とプログラム、リスク管理
9	循環器疾患（5） —その他の心不全と基礎疾患	心不全の基礎疾患（高血圧症、不整脈、肺高血圧症、悪性腫瘍など）と治療、管理について理解する 終末期の心不全患者への対応を理解する	高血圧症と動脈硬化、不整脈性心不全と心房細動、肺高血圧症、たこつば心筋症、腫瘍循環器学、終末期の緩和ケアとACP
10	糖尿病 —病態、検査、治療、合併症	糖尿病の病態と分類、検査・診断・治療の流れを理解する 糖尿病合併症とその対処方法を理解する	糖尿病の疫学、病態、症状、分類、検査、診断、治療、糖尿病合併症
11	心臓と多臓器連関	心臓と相互に影響し合う臓器の関連性（臓器連関）を理解する	血流の再配分、心臓と多臓器連関（心脳連関、心腎連関、心肺連関）、循環器病対策推進基本計画
12	循環器理学療法の実際（1） —総論	循環器理学療法を实践するうえで必要な基本的知識を理解する	循環器理学療法の歴史の変遷、急変時の対応、集中治療と循環器病に対するリハビリテーションの構築
13	循環器理学療法の実際（2） —早期・急性期	早期・急性期における循環器理学療法を理解する	概要、病態とその管理状況の評価、介入方法と標準プログラム、中止基準
14	循環器理学療法の実際（3） —回復期	回復期における循環器理学療法を理解する	概要、運動の適否判断、介入方法と標準プログラム、中止基準
15	循環器理学療法の実際（4） —維持期（生活期）	維持期（生活期）における循環器理学療法を理解する	概要、介護保険下でのリハビリテーション、在宅医療、地域包括ケアシステム、終末期医療（ターミナルケア）



ここがポイント!

- 血管は3層構造から成る。
- 内膜の内側は内皮に覆われている。
- 静脈には静脈弁があり、静脈還流を助けている。
- 細動脈は抵抗血管、静脈は容量血管である。

3. 血管の構造と機能

血管系は動脈、静脈、毛細血管から成る(図6)。動脈と静脈の血管壁は、内膜、中膜、外膜の3層構造をしている(図7)。内膜は毛細血管を含むすべての血管に存在し、その内側は内皮で覆われている。中膜は平滑筋細胞と弾性板で構成され、外膜はほぼ膠原線維でできている。

1) 動脈系

動脈は心臓から出る血管を指し、体循環では左室から大動脈、中・小・細動脈へと分岐し、最終的に毛細血管となる。大動脈とそこから分岐してすぐの弾性動脈には、収縮期に受けた圧力をためて拡張期にも血流を維持する役割がある。中・小動脈は筋性動脈で、平滑筋の収縮および弛緩(拡張)によって血管径を変え、組織への血液配分を調節している。細動脈は血圧に影響を与えるため抵抗血管とよばれる。肺循環では、全身から右房に戻ってきた血液を肺に送り、ガス交換によって酸素化する。

2) 静脈系

静脈は全身から還ってきた血液を集めて心臓に戻す血管であり、毛細血管から細・小・中静脈と合流し、最終的に上下の大静脈から右房に戻る。多くの静脈は動脈と並走する。静脈壁は動脈よりも薄く伸縮性に富み、循環血液量の約70%をプールする容量血管とよばれる。全身から静脈を通り心臓に戻る血流を静脈還流といい、四肢の静脈にある2枚の静脈弁は、逆流を防いで静脈還流を助ける役割を担っている。

3) 毛細血管

毛細血管には平滑筋細胞はなく、毛細血管床を形成し、動脈系と静脈系をつないでいる。血液がゆっくりと流れる間に、組織との間のガス交換や物質交換がなされる。

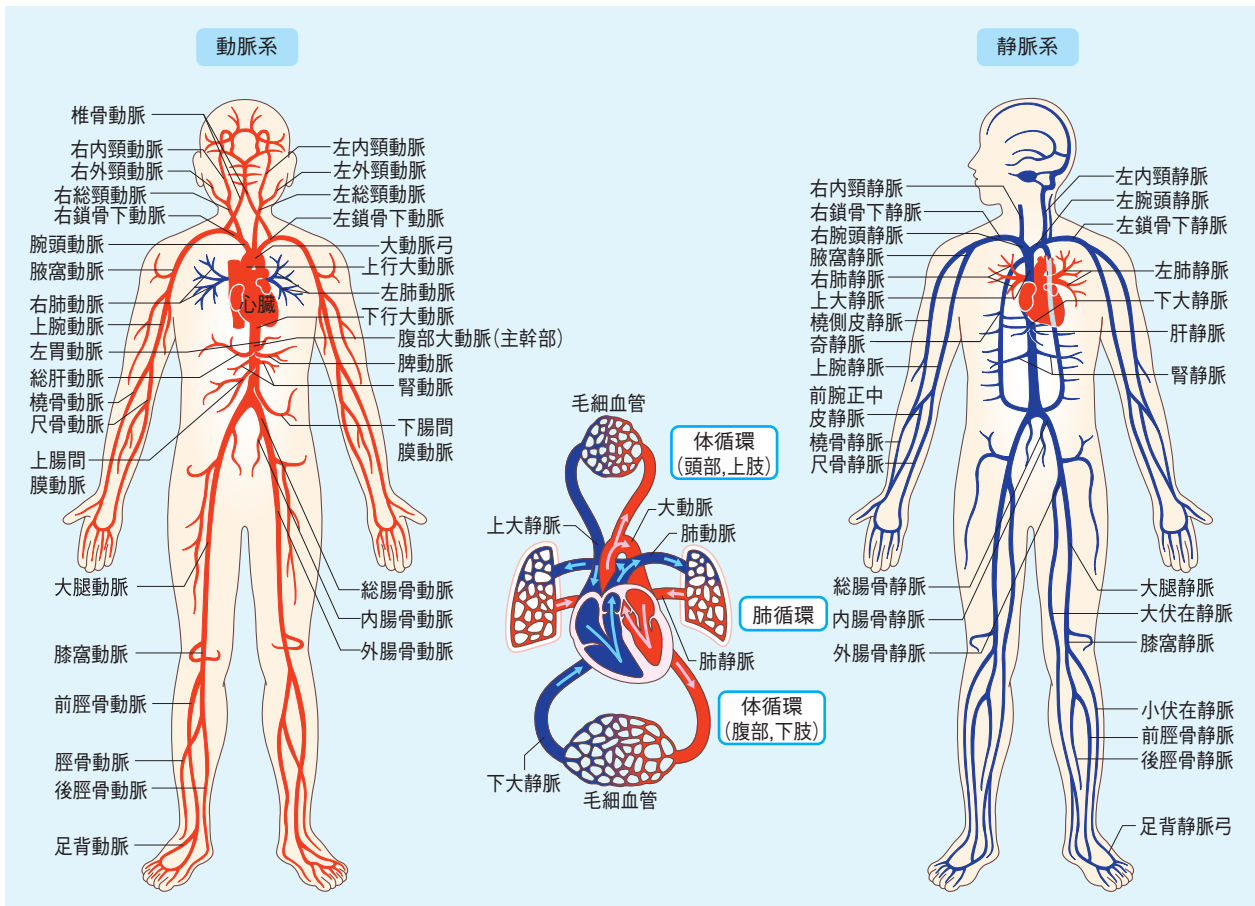


図6 動脈, 静脈, 毛細血管

心電図
(electrocardiogram : ECG)

LECTURE
2

表 1 標準 12 誘導心電図 (A) とモニター心電図 (B) の特徴

	リアルタイムの評価	立体的診断
A	×	○
B	○	×

正常洞調律
(normal sinus rhythm : NSR)

1. 心電図のしくみ：測定方法と波形の意味

1) 心電図とは

心臓の電氣的活動を図として記録したものである。しかし、心臓内の刺激伝導そのものはきわめて微弱な電位であり、心臓内に直接電極を設置しないと検出できない。これに対し、体表心電図は、刺激伝導によって得られた心筋収縮（興奮）の電位を、筋電図の原理でとらえている。

電氣的興奮が陽電極（+）に近づくときには心電計の針は上に振れ、遠ざかるときには下に振れる原理は、すべてに共通である。

2) 標準 12 誘導心電図とモニター心電図 (表 1)

標準 12 誘導心電図は、四肢（4 か所）と胸部（6 か所）の 10 か所の電極を用いて合計 12 の方向から電氣的興奮を記録するもので、精度が高く、心臓の立体的な部位の診断や虚血の判定に用いられる循環器の基本的な検査である。

モニター心電図は、3 か所の電極から測定して、多くは無線で送信できる、簡便で理学療法中にも使いやすい検査である。

2. 心電図の基本波形

心電図の基本波形は、基線と、基線から順に P・Q・R・S・T 波とよばれる部分から成り、1 心拍周期においてそれぞれが心臓の刺激伝導の状態と心筋活動を表している（図 1）。また、これら正常波形成分が規則正しく、安静時に 60 回/分以上、100 回/分未満であるものを正常洞調律とよぶ。波形の正常範囲を表 2 に示す。

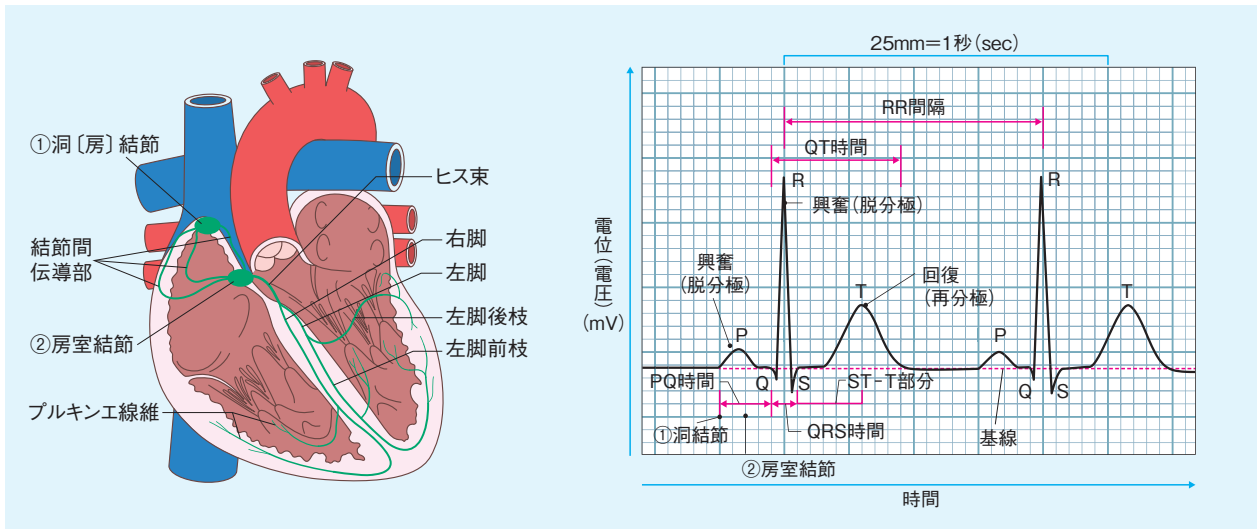


図 1 刺激伝導系と心電図

表 2 心電図波形の名称と正常範囲

P 波 (心房筋の興奮過程を示す)	幅 2.75 mm 未満, 高さ 2.5 mm 未満
QRS 波 (心室筋の興奮過程を示す)	幅 1.5~2.0 mm が正常 幅 2.0~2.5 mm 未満はボーダーライン 幅 2.5 mm 以上は心室内伝導障害あり
T 波 (心室の興奮が回復していく過程を示す)	正常では QRS 波と同じ側を主に向き、胸部誘導では上向き 高さは胸部誘導で 10 mm 以下、肢誘導で 5 mm 以下、QRS 波の 1/10 以上

一方、ATPは分解速度が速く、貯蔵できる量はわずかであるため、ATPはエネルギー源の分解によって絶え間なく産生されなくてはならない。この過程ではATPの分解で生じたADPとPiが用いられることから、ATPの再合成ともよばれる。

2. 炭水化物(糖質)の代謝

炭水化物は主にエネルギー源となる。炭水化物の最小単位は単糖類であり、単糖類が2つ結合した二糖類、7個以上～数百個結合した多糖類がある(表2)。糖分子は炭素と酸素、水素から構成される。食物として摂取する主な炭水化物は、多糖類のでんぷんである。消化の過程で単糖類のグルコース(ブドウ糖)、フルクトース(果糖)、ガラクトースに加水分解され、後者2つも最終的にはグルコースに変換される。グルコースはATP産生に直接利用されるが、余剰なグルコースはグリコーゲンや中性脂肪として貯蔵される。以下、糖質代謝の主体であるグルコースについて解説する。

1) グルコースの輸送

消化管から吸収されたグルコースは、細胞膜にあるグルコース輸送体(GLUT)とよばれる特殊な蛋白質に結合して取り込まれ、反対側に放出されて細胞内に移動する。GLUTにはいくつかの種類があるが、骨格筋にあるGLUT4はインスリンに刺激されて細胞膜表面に移動してグルコースを細胞内へ取り込むため、インスリン欠乏やインスリン感受性の低下が起こるとグルコースを取り込めなくなる。一方、肝細胞や神経細胞では別のGLUTが常に細胞膜に存在するため、いつでもグルコースを取り込むことができる。

2) グルコースの利用

グルコースは全身の細胞でATP産生に使われる。特に、中枢神経系は通常、グルコースのみをエネルギー源としている。グルコースからATPを産生する過程は内呼吸(細胞呼吸)ともよばれ、解糖系と有酸素系から成る。

(1) 解糖系(図2a)

細胞質基質(細胞質の細胞小器官の間を埋める液相)で行われる反応系で、1分子のグルコースが10個の化学反応を経てピルビン酸2分子に分解される際に2分子のATPを消費して4分子のATPが合成されるため、実質2分子のATPがつけられ、水素が発生する。この反応には酸素を必要としないため、嫌気性解糖とよばれる。

解糖系で産生されたピルビン酸は、十分な酸素がある場合には細胞内のミトコンドリアに取り込まれて有酸素系(遅い解糖系)に入る。一方、酸素不足やピルビン酸の供給過剰によって有酸素系に入れなかったピルビン酸は、還元されて乳酸となる。これが乳酸系で、反応が速いため速い解糖系ともよばれる。乳酸は血液中に入り、肝臓でピルビン酸やグルコースに戻される(図3b参照)。

(2) 有酸素系(図2b)

有酸素系はミトコンドリア基質内で行われ、解糖系とは異なり酸素が用いられる。ミトコンドリア基質内に取り込まれたピルビン酸は、①脱炭酸化、②TCA回路(クエン酸回路)、③電子伝達系を経て、最終的には水と二酸化炭素に分解される。有酸素系の反応速度は遅いが、ピルビン酸2分子(グルコース1分子分)から最大で36分子ものATPが合成される。また、理論的には酸素が十分に供給され、体内の糖や脂質がなくなる限り、無限にエネルギーを供給し続けることが可能である。

a. ピルビン酸の脱炭酸化

酵素などのはたらきによって化合物から二酸化炭素が取り除かれる反応を脱炭酸化とよぶ。1分子のピルビン酸が脱炭酸化されると、1分子の二酸化炭素と水素が取り除かれてアセチル基となる。そこに補酵素Aが結合して次のTCA回路で使われる

MEMO

●ADP
(adenosine diphosphate ; アデノシン二リン酸)

1つのアデノシンと2つのPiから構成されている。ATP分解酵素によりATP末端の高エネルギーリン酸結合が離れてつくられる。

●ATP分解酵素
(adenosine triphosphatase ; ATPアーゼ)

ATP末端の高エネルギーリン酸結合を加水分解する酵素群の総称。

👁️ 覚えよう!

生体のあらゆる活動に必要なエネルギーはATPから供給される。

👁️ 覚えよう!

グルコースの余剰分はグリコーゲンや中性脂肪として貯蔵される。

👁️ 覚えよう!

単糖類(monosaccharide)が炭水化物の最小単位である。

グルコース輸送体
(glucose transporter : GLUT)
▶ Lecture 10・図4参照。

表2 糖質の分類

種類	糖分子の数	主な糖類
単糖類	1	グルコース(ブドウ糖) フルクトース(果糖) ガラクトース
二糖類	2	麦芽糖 ショ糖 乳糖
少糖類	数個	オリゴ糖
多糖類	7個以上	でんぷん グリコーゲン セルロース

MEMO

ミトコンドリア基質
(mitochondrial matrix)
ミトコンドリア内膜に囲まれた腔所。



👁️ ここがポイント!

有酸素系では、ATP合成の過程において酸素が必要である。

Step up

1. total vascular care

全身の血管はつながっており，身体の血管すべてを一列に並べると，地球をほぼ3周する長さといわれている。虚血性心疾患，脳血管疾患，腎疾患，末梢動脈疾患などの動脈硬化性疾患では，以前のような臓器ごとの診断，治療から，動脈硬化を全身病ととらえて予防する“total vascular care”という概念が定着している。

「人は血管とともに老いる」といわれ，加齢とともに動脈硬化は進展する。ただし，加齢だけでなく，高血圧，脂質異常，喫煙，肥満など，動脈硬化の危険因子がその進展に大きく影響しており，運動療法を含め予防に努めることが重要である。

REACH Registry は，世界中のアテローム血栓症患者，またはそのリスクを有する患者約 68,000 人の有病率を調査し，日本では 5,193 人が登録されている (図 1)¹⁾。その結果から，日本人の 83.7% は症状のある血管疾患であり，そのうち 11.8% は 2 か所以上の血管床に病変を有していることがわかった¹⁾。

一過性脳虚血または軽度の脳卒中を呈し，虚血性心疾患の症状や心電図で徴候のない 83 人の患者において心臓学的評価を実施した研究では，運動負荷試験が実施できた 75 人のうち 21 人 (28%) に虚血性の心電図変化を認めていた。さらに，シンチグラフィ検査ではそのうちの 19 人に灌流障害を認めたと報告している²⁾。また，糖尿病に罹患していた場合，すでに動脈硬化が進展していることが考えられ，無症候性心筋虚血や足部の潰瘍形成に気づかないこともある。診療録などに既往歴として記載がなくても，動脈硬化性疾患を念頭においておく。

動脈硬化性疾患にかかわる理学療法士として，total vascular care の概念を理解し，脳血管障害の患者が歩行練習中に息切れを認めたら，「もしかしたら冠動脈疾患があるのではないだろうか?」，下腿の疲労感を訴えたら，「もしかしたら末梢動脈疾患があるのではないだろうか?」というように，単一臓器の疾患患者としてではなく，潜んでいるかもしれない他の臓器への配慮を怠らないよう努めるべきである。

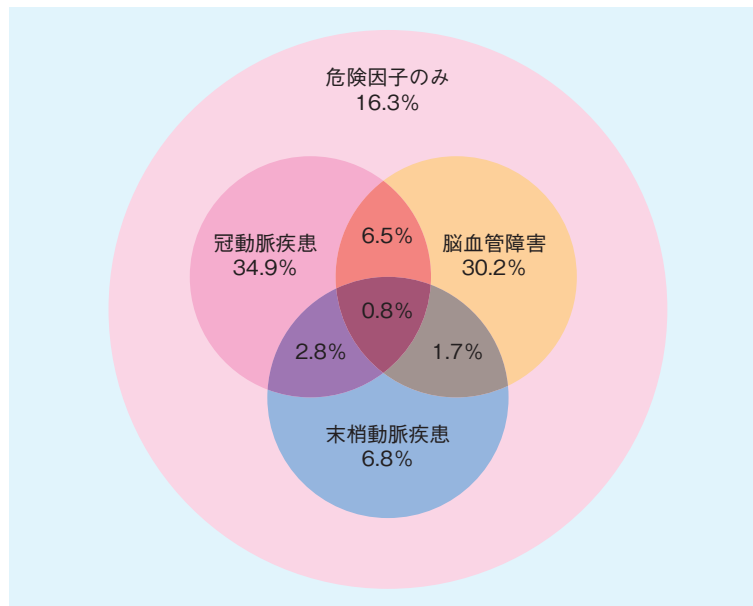


図 1 REACH Registry に参加した日本人患者のプロフィール
(Yamazaki T, et al. : Circ J 2007 ; 71 (7) : 995-1003¹⁾ をもとに作成)

2. 循環器疾患と便秘

慢性便秘症は加齢とともに増加するが，それには 2 つの要因が考えられる。一つは加齢に伴う腸管運動機能の低下，直腸の感覚低下に加えて，腹筋の筋力低下や骨盤底筋の機能障害も，排便困難につながっている。もう一つの要因は，食物繊維や水分摂取量の低下などの食生活の変化や運動量の低下など，生活環境の変化である。

嫌気性代謝閾値 (anaerobic threshold : AT)

METs (metabolic equivalents : 代謝当量)

心肺運動負荷試験 (cardiopulmonary exercise test : CPX)

フレイル (frailty)
6分間歩行試験 (6-minute walk test : 6 MWT)

1. 回復期における循環器理学療法の概要

1) 回復期の特徴

回復期の循環器理学療法は、運動療法を含む包括的なプログラムであり、主に運動機能の評価と改善を目的としている。循環器疾患患者に対する理学療法は、病期や運動機能に応じて目的や介入方法が異なり、病態に応じた介入が必要となる。患者の運動機能を評価指標とし、歩行機能および嫌気性代謝閾値などの運動耐容能という2つの観点から、プログラムを作成する(図1)。

回復期は、循環器疾患患者の病院内での活動範囲の拡大と生活機能の向上を目標に実施するが、リハビリテーション進行の中止基準を十分確認し、安全かつ段階的に運動負荷を上げ、病棟やリハビリテーション室などにおいて開始する(図2)。

回復期の身体活動は、退院や社会復帰を目標として、4~5 METs 相当とする。退院後は、虚血性心疾患患者の社会生活への復帰を支援するために、1~2週間に一度、外来通院を継続しながら回復期の循環器理学療法を実施する。また、循環器疾患の再発予防を主眼におき、禁煙、食事、服薬などの生活習慣を改善する動機づけを促し、運動習慣の定着を図る。

回復期は、急性期の離床が完了し、病棟内 ADL (日常生活活動) が自立してから社会復帰以降、病態や身体の状態が安定するまでの期間となる。前期回復期では、循環器疾患発症による入院中にリハビリテーション室などから開始し、退院後は、継続して外来で運動療法が行われる。後期回復期では、入院中に心肺運動負荷試験などにより運動耐容能を評価し、身体機能に基づくリスクを層別化したうえで運動処方を作成し、外来や在宅で理学療法が行われる。回復期の到達目標は、運動療法や生活習慣改善のための自己管理プログラムを習得することである。

2) 回復期における到達目標

合併症の重複、フレイル、低運動耐容能、心機能低下に該当する循環器疾患患者は、心肺運動負荷試験を行えない場合が多い。病棟歩行がある程度可能であれば、6分間歩行試験などの歩行負荷試験により運動耐容能を評価する。特に、フレイルやプレフレイルに相当する循環器疾患患者は、生活環境や介護度認定と介護サービスの利用状況をふまえた居宅環境の確認も必要となる。また、生活習慣や服薬の遵守状況、合併症の重複、心理的・精神的状況や問題なども確認する。



図1 循環器理学療法
CPX: 心肺運動負荷試験。

Step up

災害時における循環器理学療法

1) 災害の特徴

現代は地震、津波、火災、台風や豪雨、交通災害、停電や断水、通信の途絶、テロリズムや戦争、そして感染の危険を常に感じざるをえない時代である。

さまざまな形態の災害(表1)¹⁾において、被災者に生じる被害と不利益は、多種多様かつ時系列によってもその発生や覚知に差が生じる(図1)。外因性および心的な外傷や傷害に加えて、水、食事、温度と湿度、安静、電源、酸素、衛生、断薬、プライバシーの制限、固有環境の喪失、これらによる交感神経活性の亢進や基礎疾患の増悪、感染症の併発、また、コミュニティの断絶、家族や近親者の喪失などソーシャルフレイルに直結する問題も同時に発生し、災害の種類や規模に応じてその被害の種類と内容および規模やその対策も異なる。また、自治体が自然災害を想定して策定しているハザードマップや防災計画には、被害想定区域や食料備蓄などの情報が豊富な反面、高齢者や生活弱者がどのように避難すればよいのか、どのように生活を支援するのかなどについて詳細に示されているものは少ない。

2) 災害サイクルと災害リハビリテーションのフェーズ

リハビリテーション分野からみた災害支援を時系列に沿って整理すると、災害はしばしば再度発生することから、「発災を起点とする発災期→初動対応期→生活支援期→静穏期→予防期→準備期」とするサイクルモデル²⁾が用いられる。災害リハビリテーションの立場からは、これに加えてフェーズ分類「第1期：被災混乱期、第2期：応急修復期、第3期：復旧期、第4期：復興期」³⁾が用いられており、これらを疾病に対する医療や保健のモデルにあてはめて考えてみると、「急性期→回復期→維持期(生活期)」が該当する(図2)²⁾。すなわち、維持期(生活期)は、潜在的に発症予備軍として前急性期(pre-acute phase)の意味をもつことから、常に発災(発症)の予防と迅速な対応と被害の最小化に努める必要がある。また、発災後の対処にとどまらず、発災前の準備期における予防(防災)や減災において、理学療法士の視点を活用することが期待され、理学療法士が災害医学から学ぶ点は多い。「災害は必ず想定を超えて起きる」が災害医学の鉄則である。常に想定し、備える必要がある。

表1 災害の成り立ちと特徴づけられる形態

自然災害(広域災害)	→ライフラインの途絶・医療機関の麻痺 台風、集中豪雨、洪水、地震、津波、干ばつ、雪害、雷、火山噴火など ●都市型：ライフラインの途絶 ●地方型：孤立化
人為災害(局地災害)	→医療機関正常、分散収容広域波及型 化学爆発、都市大火災、大型交通災害(船舶、航空機、列車)、ビル・地下街災害、地下事故など ●都市型：災害の拡大 ●地方型：遠距離
特殊災害	●広域災害波及型：放射能・有毒物汚染の拡大 ●長期化型(現場確認・患者救出に長時間を要す)：被害および影響が長期化する ●複合型：人為災害と自然災害の混合、二次・三次災害の発生・拡大 ●その他

都市型と地方型の差異：人口密度、高層ビル、住宅と工場の混在、医療施設数、情報・通信・交通の便、救急搬送体制など。
局地災害と広域災害：局地災害は局所的な範囲における災害であり、広域災害は広範な地域にわたる災害で、インフラの被災を伴っているものが含まれる。

(山本保博：日救急医学会誌 1995；6(4)：295-308¹⁾をもとに作成)

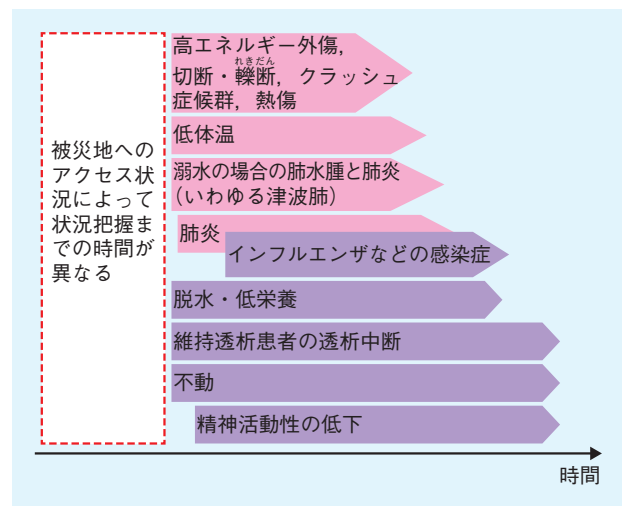


図1 時系列でみる被害・被災と傷病者