

第2版

15レクチャー
シリーズ

理学療法テキスト

物理療法学・実習

総編集 石川 朗 神戸大学生命・医学系保健学域
責任編集 藤野英己 神戸大学生命・医学系保健学域

中山書店

序文(第2版)

物理療法学は、理学療法士の専門的知識と技能を支える重要な柱の一つであり、科学的根拠に基づいた治療を提供する上で欠かせない学問領域です。本書は、理学療法士を目指す学生やスポーツトレーナーを目指す学生が物理療法学を体系的に学び、実践的な応用能力を養うための標準的な教科書として企画されました。

本書の特長として、物理療法学の研究成果を盛り込み、エビデンスに基づいた解説を充実させています。学生が実際の臨床現場で必要とされる判断力を養うことを目指し、治療効果や適応症例の選定方法についても解説しています。さらに学びを深められるよう、本改訂にあたりカラー印刷の導入などにより豊富なイラストや写真を掲載し、視覚的にも理解しやすい構成を心掛けました。

現代の医療環境において、物理療法はその適用範囲を広げ、多岐にわたる疾患や障害に対して効果的な治療手段を提供しています。温熱療法、電気刺激療法、光線療法、超音波療法、そして最近活用されているパルス磁気刺激や軽度高気圧酸素療法など、物理療法の各技術はそれぞれ独自の理論的背景と臨床的適用法を持っています。新しい理論や技術を背景に開発が進められていて、日々、物理療法機器が誕生しています。従来の教科書では記載されていなかった新規物理療法も医療・介護やスポーツの現場で導入が進められている現状であるため、新たに新規の物理療法として学習主題項目を作成し、基礎知識を得られるようにレクチャーを設定しました。本書では、これらの物理療法の技術を基礎から学べるように、各レクチャーを通じて理論と実践をバランスよく構成しました。

物理療法学を学ぶ上でのもう一つの重要な側面は、安全性の確保です。本書では、物理療法の適用に伴うリスクや禁忌事項についても詳細に記載し、対象者の安全を最優先とした治療が行えるよう配慮しています。これにより、学生が将来、理学療法士として責任を持って物理療法を実施できる基盤を築くことができることを祈念しています。

本書により、学生の皆さんが物理療法学を深く理解し、将来の臨床現場で活躍するための一助となることを心より願っています。また、本書を使用する教育者の皆さまにも、本書が教育活動を支援する有用なツールとなることを期待しております。

本書の編集にあたり、経験豊富な理学療法士であり、教育者・研究者の協力を得ました。それぞれの専門分野の知識と経験を活かし、最新の知見を網羅した内容となるよう努めました。この場を借りて、執筆者および協力者の皆さまに深く感謝申し上げます。

最後に、本書を通じて物理療法学のさらなる発展とQOL向上に貢献できることを祈念し、序文とさせていただきます。

2025年1月

責任編集 藤野英己

序 文

物理療法は、運動療法と並んで理学療法の両輪をなす治療手段です。そのうえ、物理療法は副作用が少ない治療法であり、運動療法に比べて即時効果を発揮することができる有用な治療法です。しかしながら、運動療法が主体とされ、脇役に追いやられてしまっている感も否めない状況があります。

そもそも、物理療法は、組織に直接刺激を加えることで人間が有する治癒力にアプローチできる、大きな可能性をもつ治療法です。残念ながら、実際には、それぞれの患者の状態に応じて条件設定を変更することなく、物理療法機器のスイッチを入れるだけになっているケースも少なからず見かけます。この背景には、物理療法を効果的に用いるために必要な知識を十分にもつことができていないことがうかがえます。その一方で、より大きな治療効果をもたらす物理療法の適応法についても研究が進められています。そのような研究成果を活かし、効果的な物理療法を実施できるためにも、それぞれのモダリティの基礎をしっかりと修得することが大切です。

本書は、他の15レクチャーシリーズとは異なり、講義と実習の両面において活用できることを念頭において構成されています。これは、「講義」については15レクチャーシリーズの特徴の一つである1レクチャーを90分の授業の中に納まるように構成するとともに、実習においても、常に座学内容を確認しながら、それぞれのテーマについて取り組むことを意識したためです。そして「実習」では、それぞれの機器を使用して自ら経験することだけでなく、実際の治療現場を意識して患者への説明および物理療法の実施ができるようにまとめてあります。実習時間以外にも自主的に繰り返し取り組み、学生同士で完璧に実施できるレベルまで自己研鑽を積んでいただきたいと思います。

Lecture 1では物理療法の基礎を、Lecture 2から4では温熱療法について、Lecture 5では光線療法、Lecture 6では寒冷療法、Lecture 7では水治療法、Lecture 8では超音波療法、Lecture 9から12では電気刺激療法、Lecture 13と14では力学的手段を用いる牽引療法とマッサージ療法を取り上げています。さらに、最後のLecture 15ではリスク管理について学びます。

本書を通じて学んだ学生が、物理療法を理学療法の一治療手段として活用し、将来、より多くの患者の治療に貢献できることを願ってやみません。

2014年1月

責任編集を代表して 日高正巳

目次

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

1 LECTURE

物理療法の歴史・展望

藤野英己 1

1. 物理療法の定義	2
2. 物理療法の分類と種類	3
3. 物理療法の歴史	3
4. 物理療法の現状	5
5. 物理療法の診療報酬	6
6. 物理療法の治療の流れ	7
1) 障害の評価 8	
2) 治療目的の組織の決定 8	
3) 物理療法手段の選択 8	
4) 治療の実施 8	
5) 運動療法との併用 8	
7. 物理療法の研究と機器開発の動向	8
8. 物理療法の展望	9
Step up 物理療法の分類と種類	10

2 LECTURE

リスク管理

田中雅侑 11

1. リスク管理とは	12
2. 医療事故とその発生要因	12
1) 理学療法士側のリスク管理 12	
絶対禁忌と相対禁忌／手順の確認	
2) 患者側のリスク管理 12	
問診／バイタルサイン／皮膚の状態／疼痛，神経症状	
3) 物理療法機器のリスク管理 13	
医療機器と家庭用治療機器／ホットパックによる熱傷／低出力レーザーによる発火，燃焼／電気刺激治療器による火傷	
／極超短波治療器による心臓ペースメーカーの誤作動	
4) 物理療法機器の管理と点検の必要性 15	
EMC規格／医療機器のクラス分類	

3. リスクマネジメントのプロセス	16
1) 医療事故（アクシデント）	16
2) 医療過誤（医療ミス）	16
3) インシデント（ヒヤリ・ハット）	16
4) ハインリッヒの法則	16
5) 報告	16
6) 医療事故の分析方法	17
P-mSHELL モデル／4M5E 分析	
7) 現場対処	18
4. 機器の点検の方法	18
1) 日常点検	18
始業時の点検項目／使用時（治療中）の確認／終業時の点検項目／電源周囲の確認	
2) 定期点検	20
出力表示と実効出力との誤差の確認／機器の性能の確認	
3) 随時点検	21
5. 危険予知トレーニング（KYT）	21
実習	
1. 点検マニュアルの作成	22
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 1	
2. 非常時の行動マニュアルの作成	22
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 2	
3. トラブルシューティングの検討	22
実習目的／実習課題 3	
Step up	
1. 物理療法における禁忌事項を取りまとめたレビュー論文	23
1) 物理療法におけるリスクとベネフィット	23
2) 物理療法における禁忌と注意事項	23
3) 治療時に考慮すべき点	23
2. リハビリテーション医療における安全管理・推進のためのガイドライン	23



温熱療法（1）

温熱の生理的反応と伝導熱（ホットパック）

藤野英己 25

1. 温熱療法とは	26
2. 熱エネルギーの基礎	26
1) 熱エネルギー	26
2) 比熱（比熱容量）と熱伝導率	26
3) 熱の移動	27
伝導／対流／輻射（放射）	
3. 温熱に対する生理的反応	28
1) 皮膚の構造と機能	28
感覚受容器としての機能／体温調節としての機能／防御と免疫機能／活性ビタミン D ₃ の産生	
2) 温熱に対する生体制御	31
皮膚の血管による熱移動の制御／骨格筋の血管による血流量の調整／軸索反射／反応性充血	
3) 温熱に対する生理的反応	32
温熱に対する局所的な生理的反応／温熱に対する全身的な生体反応	

4. ホットパック	33
1) ホットパックとは	33
2) 作用機序	33
3) 生理的作用	34
4) 適応と禁忌	34
適応／禁忌	
5) 利点と欠点	35
6) 手順と実施上の注意事項	35
ハイドロコレータの調整／ホットパックの選択／患者の準備／ホットパックの準備／実施手順／後処理／ 適応時間と回数	

実習	ホットパック（湿熱，乾熱）	38
	実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題	
Step up	湿熱に対する生理的反応	39
	1) 湿熱に対する局所的な生理的反応	39
	血管の拡張，血流の増加／新陳代謝の亢進／疼痛の軽減／筋緊張の低下／ 軟部組織の柔軟性の向上／熱ショック蛋白質の発現	
	2) 湿熱に対する全身的な生理的反応	40
	体温調節／呼吸・循環調節／排泄調節	

4 LECTURE

温熱療法（2） 伝導熱（パラフィン浴）と輻射熱（赤外線療法） 藤野英己 41

1. パラフィン浴	42
1) パラフィン浴とは	42
2) 作用機序	42
3) 生理的作用	42
4) パラフィン浴の種類と手順	42
グローブ法／間欠液浸法（持続法）／持続液浸法／塗布法／パラフィンバック	
5) 適応と禁忌	43
6) 利点と欠点	43
利点／欠点	
7) 実施上の注意事項	44
2. 光エネルギーの特性：照射距離と照射角度	44
1) 逆二乗の法則	44
2) ランバートの余弦則	44
3. 赤外線療法	44
1) 赤外線と輻射熱	44
2) 赤外線の反射と照射強度	45
3) 赤外線の作用機序，生理的作用	45
4) 赤外線治療器	46
赤外線温熱治療器／発光性スポット赤外線治療器／直線偏光近赤外線治療器／キセノン光治療器	
5) 適応と禁忌	47
適応／禁忌	
6) 利点と欠点	47
利点／欠点	
7) 手順と実施上の注意事項	47
赤外線温熱治療器／直線偏光近赤外線治療器	

実習	1. パラフィン浴 49
	実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 1
	2. 赤外線療法 49
	実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 2
	3. 直線偏光近赤外線照射 50
	実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 3
Step up	1. 光線と光エネルギーの特性 51
	2. 皮膚の構造と血管 51



温熱療法 (3)

エネルギー変換熱 (超短波療法, 極超短波療法)

藤野英己 53

1. エネルギー変換熱 54
1) 高周波によるエネルギー変換熱の特性 54
2) エネルギー変換による熱の発生 54
3) 誘電率と比吸収率 54
4) エネルギー変換熱の生理的作用 55
温熱効果／非温熱効果
5) エネルギー変換熱を利用した物理療法 56
6) 高周波アプリケーション 56
容量板アプリケーション／誘導コイルアプリケーション／マグネトロン
2. 超短波療法 (超短波ジアテルミー) 57
1) 超短波療法とは 57
コンデンサー電界法／らせん電界法／バンケーキ法 (らせん電界放射法)
2) 適応と禁忌 58
適応／禁忌
3) 利点と欠点 58
4) 手順と実施上の注意事項 59
患者の準備／実施上の注意事項／後処理／適応時間と回数
3. 極超短波療法 (マイクロウェーブジアテルミー) 59
1) 極超短波療法とは 59
2) ホットスポット (熱点) 59
3) 適応と禁忌 59
4) 利点と欠点 60
利点／欠点
5) 手順と実施上の注意事項 61
患者の準備／実施上の注意事項／後処理／適応時間と回数

実習	1. 超短波療法 62
	実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 1
	2. 極超短波療法 62
	実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 2
Step up	1. マグネトロンの特性 64
	2. ハイパーサーミア 64

1. 超音波の基礎	66
1) 超音波とは	66
2) 超音波の発生原理と特性	66
逆圧電効果（逆ピエゾ効果）／超音波の伝播（反射，屈折，吸収）／キャビテーション／超音波の活用	
3) 超音波の生理的作用	68
温熱効果／非温熱効果	
2. 超音波療法	69
1) 概要	69
2) 特性	69
有効照射面積（ERA）／ビーム不均等率（BNR）／媒介物質（カップリング剤）と伝導率／深達度／減衰率	
3) 適応	70
4) 禁忌と注意事項	70
5) 設定条件（パラメータ）	70
周波数／照射時間率・強度／導子のサイズと操作法／照射時間	
6) 手順	72
患者の準備／照射法の設定／本照射／終了後の操作	
3. 応用的な超音波治療	73
1) フォノフォレーシス	73
2) 低出力超音波パルス療法（LIPUS）	73
患者の準備／実施上の注意事項／後処理／適応時間と回数	
実習	
1. 超音波導子のビーム不均等率（BNR）	74
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 1	
2. 超音波照射による関節角度の変化	74
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 2	
Step up	
1. 超音波療法と運動療法の併用	76
2. 広範囲の超音波照射	76

1. 光線の基礎	78
1) 光線とは	78
2) 光線による刺激量の基本法則	78
アルント-シュルツの法則／ゴルディロックスの原理	
3) 光線の生理的作用	78
温熱作用／光化学作用	
4) 光線療法の分類	79
2. 赤外線療法	79
3. 紫外線療法	79
1) 紫外線とは	79
2) 紫外線による生理的反応	80
紅斑／色素沈着／殺菌，細胞傷害／ビタミンDの産生／免疫抑制／表皮の過形成／発がん作用	
3) 紫外線療法の概要	81
4) 適応	81
5) 禁忌	81

6) 手順	81	患者の準備／本照射
7) 実施上の注意事項	82	眼球保護／照射角度、距離の設定
4. レーザー療法	82	
1) レーザーとは	82	単色性／指向性（直進性）／可干渉性（コヒーレンス）／収束性（高輝度性）
2) レーザーの分類	82	
3) レーザーによる生理的反応	83	温熱効果、循環の改善／消炎、疼痛の緩和／筋緊張の低下／創傷治癒の促進
4) レーザー療法の概要	83	
5) 適応	83	
6) 禁忌	84	
7) 手順	84	患者の準備／照射法の設定／照射時間、強度の設定／本照射
8) 実施上の注意事項	84	眼球保護／全身状態、皮膚状態の確認
実習		
1. 最小紅斑量（MED）テスト	85	実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 1
2. レーザー照射による圧痛の変化	85	実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 2
Step up		
1. 光線に關与するウィーン変位則とキルヒホッフの法則	86	
1) ウィーン変位則	86	
2) キルヒホッフ（Kiechhoff）の法則	86	
2. 赤外線による生理的反応	86	



寒冷療法

藤田直人 87

1. 寒冷療法とは	88
2. 寒冷療法の種類	88
1) アイスパック	88
2) コールドパック	88
3) アイスマッサージ	88
氷／クリッカー	
4) 冷水浴	89
5) コールドスプレー	89
6) 持続的冷却装置	89
7) 極低温刺激装置	89
3. 寒冷療法の生理的作用	90
1) 血管系への作用	90
冷却時間と皮膚温の關係／冷却時間と筋温の關係	
2) 神経・筋機能への影響	91
皮膚の冷却温度と神経伝導速度の關係	
4. 適応と禁忌	91
1) 急性の筋骨格の損傷や外傷における二次損傷の軽減	92
2) 運動（トレーニング、競技）後における機能回復	92
3) 疼痛の軽減	92

4) 異常な筋緊張亢進や痙縮の軽減 92

5) 禁忌 92

実習

1. 冷却に伴う皮膚色の変化 93

実習目的／準備物品／手順／リスク管理／実習課題 1

2. 冷却に伴う皮膚温と感覚の変化 93

実習目的／準備物品／手順 1 (皮膚温の確認)／手順 2 (皮膚温の確認)／
手順 3 (皮膚温の確認)／手順 4 (感覚の確認)／リスク管理／実習課題 2

3. 冷却に伴う運動機能の変化, 運動パフォーマンスの変化 94

実習目的／準備物品／手順 1 (運動機能)／手順 2 (運動パフォーマンス)／リスク管理／
実習課題 3

Step up

1. 運動後に行う寒冷療法は機能回復を遅延させるか 95

2. 筋損傷後に行う寒冷療法は筋再生を遅延させるか 96



水治療法

藤田直人 97

1. 水治療法とは 98

2. 水の物理的特性 98

1) 浮力 98

2) 抵抗, 粘性 98

3) 静水圧, 動水圧 99

4) 水温 100

3. 水治療法の種類 100

1) 渦流浴, 気泡浴 100
手順

2) 交代浴 100
手順

3) 人工炭酸泉浴 101
手順

4) 運動用プール 101

5) ハバードタンク 101
手順

4. 生理的作用 102

1) 循環器系への影響 102

2) 呼吸器系への影響 102

3) 泌尿器系への影響 103

4) 体性感覚器への影響 103

5) 心理面への影響 103

5. 適応と禁忌 103

1) 渦流浴, 気泡浴 103

2) 交代浴 103

3) 人工炭酸泉浴 103

4) 運動用プール 104

5) ハバードタンク 104

実習	1. 渦流浴，気泡浴に伴う皮膚温の変化 105
	実習目的／準備物品／手順 1／手順 2／手順 3／リスク管理／実習課題 1
	2. 交代浴に伴う皮膚温の変化 105
	実習目的／準備物品／手順 1／手順 2／リスク管理／実習課題 2
	3. 人工炭酸泉浴に伴う皮膚温の変化 106
	実習目的／準備物品／手順 1／手順 2／手順 3／リスク管理／実習課題 3
Step up	水中運動時における筋活動の評価 107



電気刺激療法（1）

総論

田中 稔 109

1. 総論：電気刺激療法 110
1) 電気刺激療法とは 110
2) 治療組織・目的 110
3) 電気刺激療法の分類 110
2. 生理学的知識の基礎 111
1) 静止電位と活動電位 111
2) 神経線維の種類と機能 111
3. 電気的基础 112
1) 直流と交流 112
2) パルス波 112
4. 電気刺激の設定条件（パラメータ） 112
1) 波形 113
2) 刺激強度（電流強度，電圧強度） 113
3) パルス持続時間（パルス幅） 113
刺激量と強さ-時間曲線（SD 曲線）
4) 周波数 114
5) 時間的变化率 114
6) 極性 115
7) 刺激間隔 115
8) 電極 115
単極法と双極法／電極の位置／電極の距離と深さ
9) 変調 117
5. 禁忌と注意事項 117

実習

1. 強さ-時間曲線（SD 曲線） 118
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 1
2. 通電設定の違い 118
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 2
3. 電極の位置 119
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 3
4. 電極の面積の違い 119
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 4

Step up	コンビネーション治療 120
	1) 筋力増強を目的とした電気刺激と等尺性収縮または遠心性収縮との組み合わせ治療 120
	2) 電気刺激療法と超音波療法のコンビネーション治療 120
	3) 電気刺激による筋収縮を利用した相反抑制と運動療法の組み合わせ治療 120



電気刺激療法 (2)

神経筋電気刺激, 経皮的電気神経刺激, 微弱電流刺激, 筋電誘発電気刺激	田中 稔	121
--------------------------------------	------	-----

1. 神経筋電気刺激 (NMES) 122

- 1) 神経筋電気刺激 (NMES) とは 122
- 2) 筋力増強のための設定条件 (パラメータ) 122
電極の位置 / 波形 / 刺激強度, パルス接続時間 (パルス幅) / ランプアップ時間とランプダウン時間 / 周波数 / 刺激間隔 / 治療時間・期間
- 3) 脱神経筋に対する設定条件 123
損傷神経の再生促進 / 脱神経筋の萎縮予防 / 神経が再生した筋の強化
- 4) 痙縮筋に対する作用と設定条件 124
- 5) 適応 124
- 6) 禁忌 124

2. 経皮的電気神経刺激 (TENS) 124

- 1) 経皮的電気神経刺激 (TENS) とは 124
- 2) 疼痛軽減の作用機序 124
ゲートコントロール理論 / 内因性オピオイドの放出 / 下行性疼痛抑制機構
- 3) 経皮的電気神経刺激 (TENS) の分類 126
- 4) 設定条件 (パラメータ) 126
電極 / 波形 / 周波数 / 刺激強度, パルス持続時間 (パルス幅) / 治療時間
- 5) 適応 128
- 6) 禁忌 128

3. 微弱電流刺激 (MES) 128

- 1) 微弱電流刺激 (MES) とは 128
- 2) 作用機序 128
- 3) 設定条件 (パラメータ) 128
- 4) 適応と禁忌 129

4. 筋電誘発電気刺激 (ETMS) 129

実習

1. 神経筋電気刺激 (NMES) による筋収縮 130

実習目的 / 準備物品 / 手順・リスク管理 / 実習課題 1

2. 神経筋電気刺激 (NMES) と運動療法との組み合わせによる筋収縮 130

実習目的 / 準備物品 / 手順・リスク管理 / 実習課題 2

3. 経皮的電気神経刺激 (TENS) 131

実習目的 / 準備物品 / 手順・リスク管理 / 実習課題 3

Step up

イオントフォレーシス (イオン導入法) 132

- 1) 原理 132
- 2) 使用薬剤 132
- 3) 使用する電極と副作用への対応 132

電気刺激療法 (3)

機能的電気刺激療法, バイオフィードバック療法 田中 稔 133

1. 機能的電気刺激療法	134
1) 機能的電気刺激 (FES) とは	134
2) 原理と作用	134
3) 適応	135
4) 治療機器	136
5) 設定条件 (パラメータ)	136
電極/波形/パルス持続時間 (パルス幅), 周波数/刺激強度/トリガー刺激	
6) 上肢機能の再建	137
7) 下肢機能の再建	137
2. バイオフィードバック療法	138
1) 筋電図バイオフィードバック療法	138
治療目的/方法	
2) 関節角度計バイオフィードバック療法	139
3) 圧バイオフィードバック療法	139
4) 超音波エコーによるバイオフィードバック療法	139
実習	
1. 機能的電気刺激 (FES)	140
実習目的/準備物品/手順・リスク管理/実習課題 1	
2. 圧バイオフィードバック療法	140
実習目的/準備物品/手順・リスク管理/実習課題 2	
3. 超音波エコーによるバイオフィードバック療法	141
実習目的/準備物品/手順・リスク管理/実習課題 3	
Step up	
筋電誘発電気刺激療法 (ETMS)	142

牽引療法

田中雅侑 143

1. 牽引療法とは	144
1) 伝達方法による分類 (直達牽引, 介達牽引)	144
2) 連続性による分類 (持続牽引, 間欠牽引)	144
3) 力源による分類 (電動牽引, 重錘牽引, 自重牽引)	144
4) 部位による分類 (頸椎牽引, 腰椎牽引)	144
2. 治療効果・目的	144
1) 椎間関節の離開	144
2) 軟部組織の伸張	144
3) 椎体間の離開	145
4) 筋の弛緩	145
5) 関節モビライゼーション	145
3. 実施方法	146
1) 牽引の肢位と方向	146
頸椎牽引/腰椎牽引	
2) 牽引力	147
頸椎牽引/腰椎牽引/牽引力設定の留意点	
3) 牽引時間と休止時間	148
4) 治療効果の確認と検討	148

4. リスク管理	148
5. 適応と禁忌	148
1) 適応	148
2) 禁忌	148
6. 手順	149
1) 頸椎間欠牽引	149
2) 腰椎間欠牽引	149
7. 実施上の注意事項	150
実習	
1. 腰椎牽引	151
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 1	
2. 頸椎牽引	151
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 2	
3. 自重牽引と徒手牽引の比較	152
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 3	
4. 牽引療法施行前後の疼痛評価	152
実習目的／準備物品／手順・リスク管理／実習課題 4	
Step up	
1. 腰椎椎間板ヘルニアに対する牽引療法の実践	153
2. 腰椎疾患治療に関する診療ガイドライン	153
1) 腰椎椎間板ヘルニア診療ガイドライン	153
2) 腰痛診療ガイドライン	154

14

LECTURE

マッサージ療法

藤田直人 155

1. マッサージ療法とは	156
2. 適応	156
1) 浮腫	156
動脈と静脈、平滑筋の構造／縦走平滑筋の収縮と筋ポンプ作用／毛細血管の血圧／リンパのはたらきと浮腫	
2) 遅発性筋痛	158
3. 手技の種類	158
1) 軽擦法	158
2) 揉捻法（揉捏法）	158
3) 強擦法	159
4) 叩打法	159
5) 振戦法	159
6) 圧迫法	159
4. 効果	160
1) 徒手的マッサージ	160
2) 自動的マッサージ	160
バイブレーションマッサージ／ウォータージェット付き水中マッサージ／間欠的圧迫ポンプによる圧迫マッサージ	
5. 手順	161
1) バイブレーションマッサージ	161
ハンディタイプのマッサージ機の場合／全身振動装置の場合	
2) ウォータージェット付き水中マッサージ	162
3) 間欠的圧迫ポンプによる圧迫マッサージ	162

6. 適応と禁忌	162
1) 適応	162
2) 禁忌	162
実習	
1. 圧迫マッサージによる浮腫の軽減	163
実習目的／準備物品／手順／リスク管理／実習課題 1	
2. バイブレーションマッサージによる遅発性筋痛の軽減	163
実習目的／準備物品／手順 1／手順 2／手順 3／リスク管理／実習課題 2	
3. 全身振動装置を用いたバイブレーションマッサージが運動パフォーマンスの回復に及ぼす効果	164
実習目的／準備物品／手順 1／手順 2／手順 3／リスク管理／実習課題 3	
Step up	
マッサージでやせることは可能か？	166

15 LECTURE

新規の物理療法

田中雅侑 167

1. 新規の物理療法の概要	168
2. パルス磁気刺激	168
1) パルス磁気刺激とは	168
2) 反復末梢性磁気刺激 (rPMS)	168
生理的効果／神経筋電気刺激 (NMES) との比較	
3) 適応	169
運動器疾患／内部障害／神経疾患／嚔下障害	
4) 禁忌と注意事項	170
3. 高気圧酸素	170
1) 高気圧酸素とは	170
2) 分類	170
高気圧酸素治療 (HBO)／軽度高気圧酸素処置 (mHBO)	
3) 効果	171
高気圧酸素の原理／高気圧酸素による生理的作用	
4) 適応	172
5) 禁忌と注意事項	172
禁忌／副作用／実施上の注意事項	
4. 低酸素刺激	173
1) 低酸素刺激とは	173
2) 生体への影響	173
赤血球、ヘモグロビンの増加／毛細血管の新生／食欲の低下／運動効果の増強	
3) 低酸素刺激を利用したトレーニング	174
高地トレーニング／血流制限トレーニング／低酸素室トレーニング	
4) 今後の展望	175
5. 体外衝撃波療法 (ESWT)	175
1) 体外衝撃波療法 (ESWT) とは	175
2) 分類	175
3) 効果	176
4) 適応	176
5) 禁忌と注意事項	176
6. ロボットを用いた治療	177
1) リハビリテーションロボットとは	177

- 2) リハビリテーションロボットの分類 177
- 3) リハビリテーションロボットを用いた理学療法介入 177
 - リハビリテーションにおけるロボットの活用／歩行練習における支援ロボットの活用

Step up	炭酸ガス経皮吸収療法	179
	1) 概要	179
	2) 生理的機序	179
	ポア効果による酸素供給の増加／血管の拡張と血流量の増加	
	3) 効果	180
	4) 今後の展望	180



試験

藤野英己 181

索引 195

温熱療法 (3)

エネルギー変換熱 (超短波療法, 極超短波療法)

到達目標

- 高周波療法について理解する。
- エネルギー変換熱について理解する。
- 高周波アプリケーションについて理解する。
- 超短波と極超短波の特性を理解し、超短波療法と極超短波療法を適切に実施できる。
- 超短波療法と極超短波療法を実施し、その効果と身体的な変化を確認する (実習)。

この講義を理解するために

この講義では、最初に、エネルギー変換による熱の発生とエネルギー変換熱の特性を学びます。次に、高周波により磁場や電界を発生するアプリケーションの種類と方法を理解し、人体に应用するときの作用や危険性を理解し、温熱療法へ応用できるように基本的な知識を身につけます。また、深部への温熱療法である超短波療法と極超短波療法の特性を理解し、適切かつ安全に実施できるように、実施上の注意事項を把握し、一連の流れを学習します。

この講義を学ぶにあたり、以下の項目を学習しておきましょう。

- 水の特性を調べておく。
- 直流と交流、電気回路の基本 (抵抗、コンデンサーなど) について調べておく。
- 電磁波の発生と特性について調べておく。

講義を終えて確認すること

- エネルギー変換熱について理解できた。
- 高周波アプリケーションの種類と特性が理解できた。
- 超短波と極超短波の特性が理解できた。
- 超短波療法と極超短波療法を実施する技術を身につけられた。
- 超短波療法と極超短波療法を実施し、その効果と身体的な変化を確認できた。

エネルギー変換熱
(energy conservative heat)

MEMO

電場 (electric field) と
磁場 (magnetic field)
電場 (電界) は電荷の分布によ
ってできる力がたらく空間、磁場
(磁界) は磁石や電流によってつ
くられる磁気力の作用する空間を
いう。電場と磁場を合わせて電磁
場 (electromagnetic field) とい
う。

MEMO

高周波における熱伝達
輻射 (放射) によるもので、組織
の中で電磁波が水分子の振動
や回転を生じさせ、熱を発生させ
る。このことをエネルギー変換熱
という。

輻射 (放射)

▶ Lecture 3・図3参照。

高周波療法
(high frequency therapy)

ジアテルミー (diathermy)

1. エネルギー変換熱

1) 高周波によるエネルギー変換熱の特性

周波数の高い交流電流を高周波電流という。高周波電流の周波数に厳密な定義はないが、メガヘルツ帯 (1 MHz 以上) の周波数をいうことが多い。

電流が流れると、周辺には磁場 (磁界) が発生する (図1)。交流電流では絶え間なく磁場が発生し、電場と磁場が交互に変動して振動を繰り返しながら空間へ放出される波が形成される。これを電磁波という。電磁波は横波であり、大気中を光 (光も電磁波である) と同じ速度で伝わっていく。電磁波は、ラジオや携帯電話などの通信に利用される他、電子レンジなどにも利用されている。電子レンジのように高周波電流による電磁波は高い温熱効果があり、表面のみならず、特に深部を温めることができる。このように、高周波電流は生体の深部を温めることのできる温熱治療として利用され、高周波療法といわれる。また、高周波を用いた治療はジアテルミーともよばれ、物理療法のなかで広く用いられている。

2) エネルギー変換による熱の発生

分子は原子で構成され、分子内で正電荷や負電荷に帯電 (分極) している。水分子は1個の酸素 (O_2^-) に2個の水素 (H^+) が共有結合で結ばれて、電気的に重心が一致しない。このため、正電荷部分と負電荷部分ができ、極性をもち、極性分子といわれる (図2)。水分子は、電磁場がないときは自由にランダムな方向を向いているが、電磁波を照射すると一定の方向を向く (図3a, b)。また、逆方向の電磁波を照射すると逆方向を向く (図3c)。電磁波を交互に照射すると、分子は回転を始め (図3d)、さらに、電磁波の周波数を高くしていくと分子の回転運動が周波数に追従できなくなる。このことを誘電喪失という。誘電喪失は分子により異なるので、分子の振動や回転がずれることで衝突による摩擦で熱が発生する。これがエネルギー変換熱である。

3) 誘電率と比吸収率

誘電率は、物質の分極のしやすさを表す。物質は固有の誘電率をもち、生体内では極性分子である水分の含有量が多い組織ほど誘電率が高い。筋や皮膚は水分の含有量

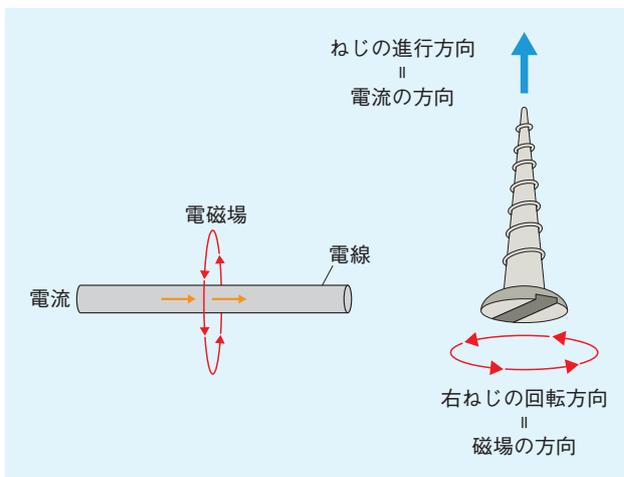


図1 電磁場の発生

電線 (導体) に電流が流れるとその周辺に円形の電磁場が発生する。磁場は右ねじの法則に従い、電流の進行方向に対し右回転に発生する。

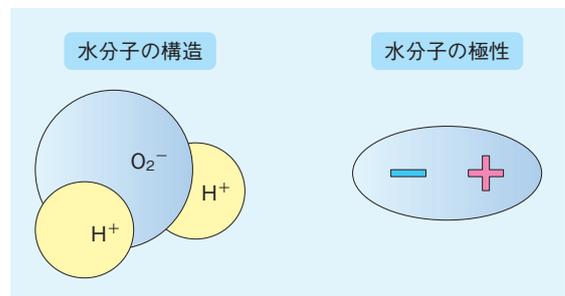


図2 水分子の構造と極性

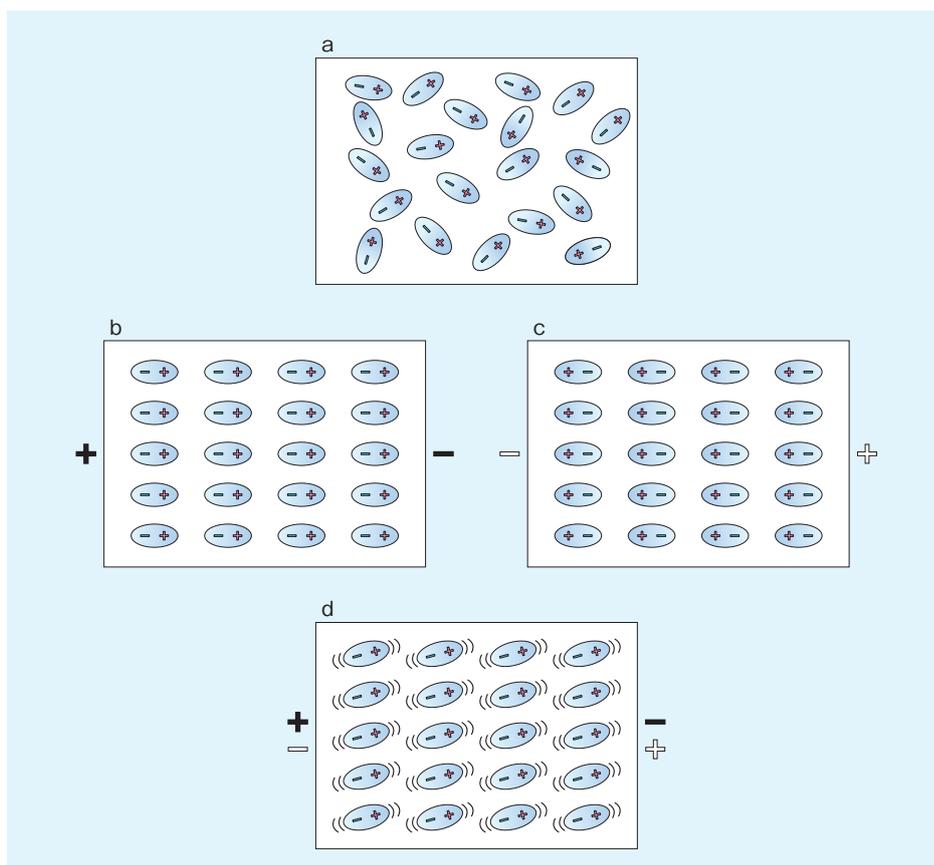


図3 極性分子の振動

極性分子は、電磁場がないときは自由な方向を向いている (a)。電磁波を照射すると同一方向に並ぶ (b)。逆方向の電磁波を照射すると向きを変え、同一方向に並ぶ (c)。磁場の極性を交互に切り替えると、回転や振動を生じる (d)。高頻度に極性を交互に切り替えると、各分子の回転や振動が一定なくなり、摩擦などが生じて熱が発生する。

が多く誘電率が高いが、脂肪や骨は水分の含有量が少なく誘電率が低い (表1)¹⁾。

比吸収率は、電磁波照射時に組織に吸収されるエネルギーをいう。単位重量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量 (W/kg) で表される。水分の含有量が多い組織ほど比吸収率は高くなる。また、電磁波を放出するアプリケーションとの距離や組織の反射なども比吸収率に影響する。

4) エネルギー変換熱の生理的作用

(1) 温熱効果

エネルギー変換熱は、表在性の熱の伝達とは異なり、電磁波が生体の深部まで到達し、熱を産生する。特に、深層部にある骨格筋を温めることができる。また、表在性の温熱の生理的作用は、主に皮膚などの表在組織で生じるが、高周波によるエネルギー変換熱は、より深い組織で観察される。

温熱効果は、血管の拡張および血流の増加、新陳代謝の亢進、疼痛の軽減、筋緊張の低下、軟部組織の柔軟性の向上、免疫機能や創傷治癒の亢進、熱ショック蛋白質の発現などである。

(2) 非温熱効果

高周波電流を、低強度、短パルス持続時間、低サイクルで照射すると、組織の温度は上昇しない。一時的に組織が温められても、パルス波が休止の間に、その領域を灌流している血液により拡散される。非温熱効果としては、微小血管の血流量の増大、細胞膜へのイオン結合の影響、細胞活動の変化、マクロファージの活性化などの報告がある。

MEMO

極性分子

分子において、分子内の正電荷 (原子核が担う) と負電荷 (電子が担う) の重心が一致しないとき、極性分子という。この正・負電荷の各重心が一致しないことで、分子には自発的かつ永久的に電気双極子 (きわめて短い距離において存在する正負が当量の電荷の対) が存在することになる。水は極性分子の代表である。

表1 組織の誘電率

組織	誘電率
血液	80
筋	72~76
脳	68
脂肪	15
皮膚、骨	5~16
蛋白質などの固体含有物	5~16

(柳沢 健: 物理療法マニュアル. 医歯薬出版; 1996. p.18-39¹⁾)

MEMO

比吸収率 (specific absorption rate: SAR)

生体が磁場に曝露されたときに組織に吸収される電磁エネルギー量をいう。

温熱に対する生理的反応

▶ Lecture 3 参照.

熱ショック蛋白質

(heat shock protein: HSP)

▶ Lecture 3 参照.

MEMO

誘電加熱と誘導加熱

非直接的な方法で物体を加熱するための技術で、電磁場を利用してエネルギー変化により物体内部の温度を上昇させる。誘電加熱は、誘電体の性質を利用して、誘電体は、電場中でのみエネルギーを吸収し、外部の電場がかかると分子が振動し、摩擦熱が発生する物質である。誘導加熱は、導体（電気や熱の伝導率が大きな物質）の性質を利用している。交流電流が導体内に流れると、導体内で電流の抵抗によるジュール熱が発生し、導体が加熱される。

高周波アプリータ (diathermy applicator; 照射導子)

マグネトロン
▶ Step up 参照。

MEMO

熱電子

高温の金属などの表面から放出される電子。

表 2 超短波療法と極超短波療法

	超短波療法	極超短波療法
加熱法	誘電加熱	誘導加熱
周波数 (MHz)	27.12	2,450
波長	11 m	12.25 cm
発生装置	電気回路	マグネトロン
発生方法	人体が電気回路の一部になる	アプリケーションより照射
利点	電極で挟み込んだ部分全体が加温される	操作が簡単
欠点	操作が面倒	一方向のみの加温
金属部分への照射	禁忌	禁忌
使用頻度	少ない	多い

5) エネルギー変換熱を利用した物理療法

高周波電流によるエネルギー変換熱を利用した物理療法として、超短波療法と極超短波療法がある。超短波は波長 1~10 m, 周波数 30~300 MHz の電波をいい、物理療法機器では 27.12 MHz が使用されている。極超短波は波長 1 mm~1 m, 周波数 300~3,000 MHz の電波をいい、物理療法機器では 2,450 MHz が使用されている。どちらも高周波電流によるエネルギー変換熱を使用しているが、超短波療法は主として伝導電流（誘電加熱）として人体に伝えられるのに対して、極超短波療法は電磁波の放射（誘導加熱）という伝達形式をとる（表 2）。

6) 高周波アプリータ

高周波アプリータは、高周波で電磁場を発生させ電磁波を放射する装置であり、容量板アプリータ、誘導コイルアプリータ、マグネトロンなどがある。

(1) 容量板アプリータ

プラスチックで覆われている金属板 2 枚の間に治療部位を挟んで使用する（図 4a）。治療部位が 2 枚の板を結ぶ電気回路の一部となり、電流が組織を通り抜ける。組織で生み出される熱の総量は電流の強さと密度と関係し、最も伝導率の高い組織で最大の加熱が生じる。また、電流は抵抗の少ない経路を通るので、電流は表在組織に集まり、脂肪のような伝導性の乏しい組織があると、それより深い組織にはあまり浸透しない。このため、容量板アプリータは大部分の熱を皮膚で生み出し、より深い部位には熱を発生しにくい。

(2) 誘導コイルアプリータ

コイルからできていて、電流が流れると垂直方向に電磁場が発生する。この電磁場により分子の振動を起こし、熱が発生する。誘導コイルアプリータは、ケーブル式（図 4b）とドラム式（図 4c）の 2 種類がある。ケーブル式は、プラスチックで覆われた電線の束で、治療部位にコイル状に巻きつけて使用する。ドラム式は、平坦ならせん状のコイルをプラスチックで覆ったもので、治療部位の上に当てて電磁波が放射される。誘導コイルアプリータは、表在組織も深部組織も加温できるが、コイルに近い組織と電気伝導率が高い組織で熱が発生しやすい。

(3) マグネトロン

特殊な二極真空管を使用したもので、永久磁石による磁場を利用し、電磁波を発生させる。マグネトロンは、外側に数個の空洞をもつ陽極、中央にバリウムとストロンチウムの酸化物を塗ったニッケル円筒の陰極から構成される（図 5）。電流が流れると中央の陰極が熱せられ、熱電子が遊離し、電位差により加速しながら陽極に引かれる。このとき、陰極と陽極の間には陰極と平行な磁場が形成されており、熱電子は陽極に近づくにつれて磁場の影響を受け、その軌跡を曲げられ陰極の周りを飛び跳ねる。

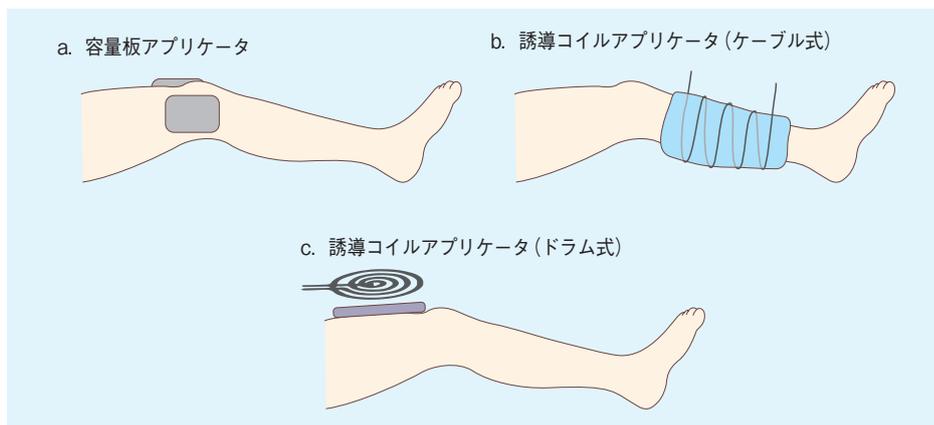


図4 高周波アプリーケータ

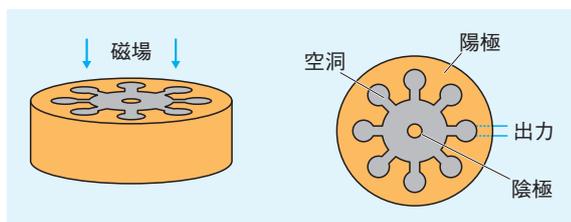


図5 マグネトロン

ように運動する。この熱電子が陽極の振動を励起し、電磁波を発生させる。この電磁波を同軸ケーブルで照射アンテナへ送信し、アプリーケータから電磁波として照射する。アプリーケータには半球形のものと同方形のものがある。半球形のアプリーケータは膝や肩などの狭い部位に使用し、同方形のアプリーケータは腰や両肩など広い部位に照射するのに適している。

2. 超短波療法 (超短波ジアテルミー)

1) 超短波療法とは

27.12 MHzの周波数を使用して、エネルギー変換熱により人体の深部を加温する治療法である。電磁波の深部への到達度は波長に比例し、周波数に反比例する。このため、極超短波より超短波のほうが深部を加温するには適しているが、組織の誘電率やアプリーケータにより影響される。アプリーケータの種類により、コンデンサー電界法、らせん電界法、パンケーキ法 (らせん電界放射法) に区分され、それぞれ加温の特徴がある (図6)²⁾。

(1) コンデンサー電界法

容量板アプリーケータ (図4a) を使用方法で、治療部位を2枚の電極の間に置き、電気回路の一部となり、人体に誘導電流を発生させる。皮膚や脂肪が加温されやすい (図6a)²⁾。容量板アプリーケータ (電極導子) と治療部位の間にスペーサーを挟んで使用する。

(2) らせん電界法

ケーブル式誘導コイルアプリーケータ (図4b) を使用方法で、治療部位に電線の束をコイル状に巻きつけて、電磁場を発生させる。脂肪や筋が均等に加温されやすい。ケーブル式誘導コイルアプリーケータと治療部位の間にスペーサーを挟んで使用する。

スペーサーは、発汗により汗が熱せられ、火傷を防止するため、バスタオルやフェ

MEMO

励起 (excitation)

エネルギーの低い安定した状態をもつ系 (量子力学系) が、他との相互作用によってより高いエネルギー状態に移ることをいう。

超短波療法 (ultra-short wave diathermy)

MEMO

スぺーサーの目的
電力線の集中を防ぐ、汗を吸収させる、電極間の距離を適切にすることである。



図7 超短波治療器 (a) と実施例 (b)

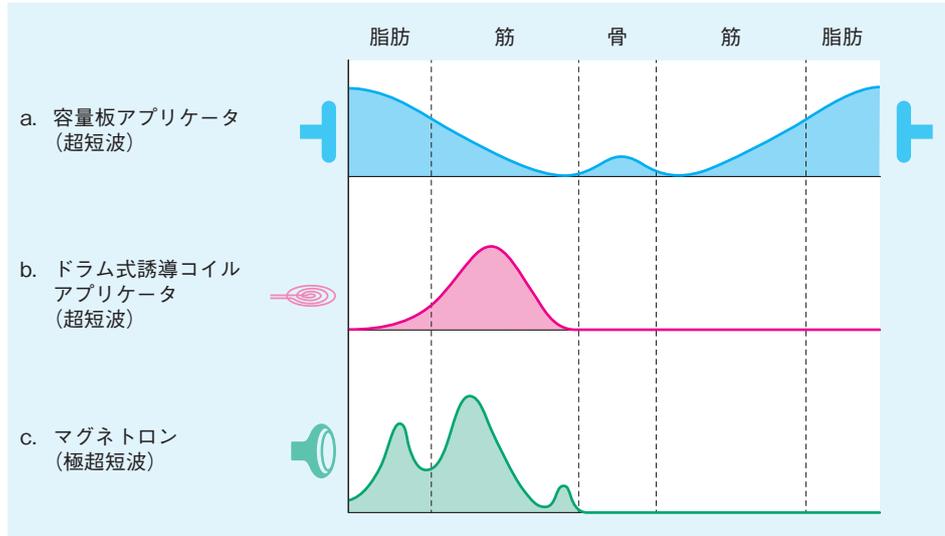


図6 アプリケーター深部到達度

(Cameron MH ほか：EBM 物理療法. 原著第2版. 医歯薬出版：2006. p.390-436²⁾をもとに作成)

ルトなど、吸水性のよいものを使用する。

(3) バンケーキ法 (らせん電界放射法)

ドラム式誘導コイルアプリケーター (図 4c) を使用方法で、らせん状のコイルから電磁波を放射する。筋が加温されやすい (図 6b)²⁾。ドラム式誘導コイルアプリケーターと治療部位の間にスぺーサーを挟んで使用する (図 7)。

2) 適応と禁忌

(1) 適応

一般的な温熱療法と同様であるが、深部を加温することができる。

(2) 禁忌

- 金属が挿入されている部位 (髄内釘, 人工骨頭, ペースメカなど)。
- 眼：白内障を誘発するため, ワイヤパッド (シールド用の眼鏡) で眼を覆い保護する。
- 疾患, 外傷の急性期や炎症症状が強い部位。
- 出血傾向が強い場合や血友病。
- 悪性腫瘍, 結核の病巣, 放射線療法で不活化された組織。
- 感覚障害のある部位。
- 心臓疾患, 末梢循環不全, 腎疾患による重篤な循環障害や浮腫のある部位。
- 皮膚疾患, 感染, 開放創のある部位。
- 甲状腺, 眼球, 精巣などの貧血組織, 胃, 肝臓, 胸部前面。
- 低血圧：収縮期血圧 90 mmHg 未満。
- 自律神経疾患。
- 妊娠時の腹部。
- 新生児, 乳児, 高齢者などで応答が困難, 体力が消耗している場合。
- 成長期の骨端線：高強度の連続照射は骨成長が減少する。

(3) 利点と欠点

利点は、筋などの人体深部の加温ができることである。

欠点には以下のものがある。

- 金属類が体内にあると使用できない。
- 実施方法が煩雑であり, 使用頻度が少なくなっている。治療器の販売も少ない。



MEMO

水が飛び出さないように、セロハンテープは金属ヘッド部分から最低 1 cm 以上の高さにする。高さが足りないときは 2~3 重に巻く。

1. 超音波導子のビーム不均等率 (BNR)

実習目的

超音波導子から照射される超音波の BNR を視覚的に確認する。

準備物品

超音波治療器、セロハンテープ、水。

手順・リスク管理

- ①超音波治療器を 3 MHz, 照射時間率 100% に設定する。
- ②導子 (大サイズがよい) の金属ヘッド周囲にセロハンテープを巻く。その際、中に水がたまるようにヘッドからセロハンテープがはみ出すように巻く (図 1a)。
- ③ヘッド部分を上向きにし、中に水をためる。
- ④水面の状態を確認しながら超音波の出力を上げていき、水が振動しているか確認する (図 1b)。超音波の出力は、水がセロハンテープから飛び出さない最大強度まで上げる。

実習課題 1

- 水面が振動し始めた出力強度を確認し、水面がどのような状態になったか (波打った、泡立ったなど) を確認する。
- 超音波の出力を、水が飛び出さない最大強度まで上げた場合、水面がどのような形

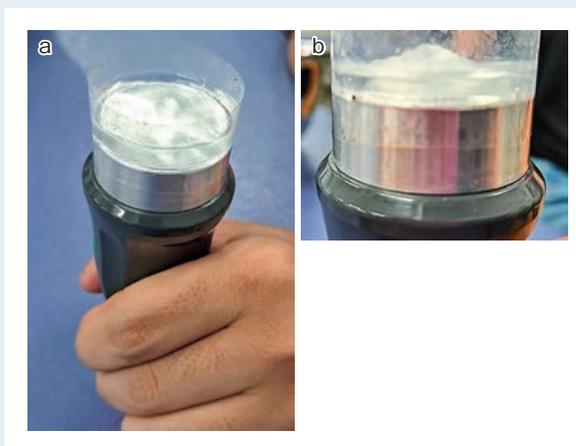


図 1 ビーム不均等率 (BNR) の確認
a: BNR 確認のための準備, b: 最大強度時の水面の様子。中心部分が盛り上がっている様子が確認できる。

になったか確認する (最も水面が高くなった部分が最大出力箇所である)。

2. 超音波照射による関節角度の変化

実習目的

超音波照射が生体にどのような影響を及ぼすか、実際に照射して確認する。

準備物品

超音波治療器、ゴニオメータ。

手順・リスク管理

- ①患者役のアキレス腱部に、炎症その他の超音波の禁忌事項がないか確認する。
- ②背臥位、膝伸展位にて足関節背屈の関節可動域を測定する。

MEMO

関節可動域の小さな変化を捉えるため、矢状面上から写真撮影をして画像上で角度変化を確認すると良い。

1. 超音波療法と運動療法の併用

超音波は、単体で使用するよりも運動療法や他の物理療法と併用することが推奨されている。組織伸張性の増加を目的とする場合は、ストレッチと組み合わせて実施する。コラーゲン線維の伸張性を高めたい場合は、組織温を4℃以上上げることが推奨されており、組織の温度上昇率(表1)¹⁾を考慮する。温度上昇率とは、1分あたりの上昇温度を示したものであり、仮に骨格筋を周波数3MHz、照射時間率100%、1.5W/cm²の強度で照射しても約5分程度必要となる。超音波による加温は、治療終了後数分しか維持されないため、高い組織温のうちにストレッチを行うには超音波照射と同時か、超音波照射終了直後に行う必要がある。

2. 広範囲の超音波照射

1回の治療において、一般的な超音波治療の照射範囲は有効照射面積(ERA)の2倍以内とされている。理由としては、広範囲に照射した場合、温熱効果が十分に得られないからである。超音波照射にて温度が上昇した部位は、温度の下降も非常に速い。そのため、広範囲に照射すると超音波が照射されない時間が増え、温度を保てずもとに戻ってしまう(図1)。

一方、非温熱効果を得たい場合は、照射範囲を拡大する方法を選択することができる。ERA 10倍の範囲を照射時間率100%で照射した場合、ERA 2倍の範囲を照射時間率20%の非温熱モードで実施した場合と比べ、理論上は超音波エネルギー量が同等になる。治療部位の面積を考慮し、設定を調整することも重要である。

表1 組織ごとの温度上昇・下降率

	温度上昇率	温度下降率
筋	0.75℃/分	0.52℃/分
膝蓋腱	2.07℃/分	0.92℃/分
アキレス腱	1.97℃/分	0.91℃/分

3MHz, 1W/cm², 有効照射面積(ERA) 2倍にて4分照射した場合。

(庄本康治: PT・OT ビジュアルテキスト エビデンスから身につける物理療法。第2版。羊土社; 2023. p.136-52¹⁾をもとに作成)

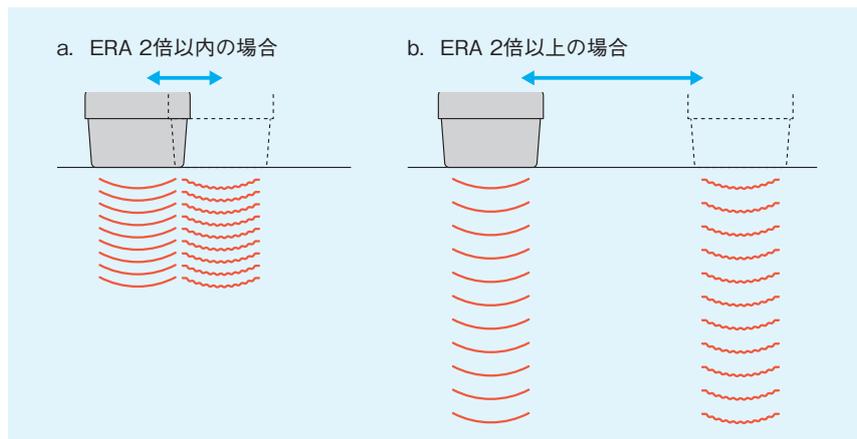


図1 有効照射面積(ERA)と温度上昇

a: 温度が下がる前に次の超音波エネルギーが到達するため加温されていく。

b: 一度温度が上がっても、次の超音波エネルギーが到達するのが遅いため組織温が下がる(非温熱効果自体は組織に蓄積される)。

引用文献

- 1) 庄本康治: 超音波療法. 庄本康治編: PT・OT ビジュアルテキスト エビデンスから身につける物理療法. 第2版. 羊土社; 2023. p.136-52.

参考文献

- 1) 平賀 篤, 高木峰子ほか: 下腿三頭筋に対するスタティックストレッチングと超音波療法の同時施行による効果の検討. 理学療法科学 2019; 34 (4): 505-10.
- 2) 平賀 篤, 佐野由季ほか: 超音波療法における照射面積の違いによる効果の検証. 国際エクササイズサイエンス会誌 2018; 1 (1): 6-11.