

前回の復習

電気的エネルギーに関する生体物性

$$\text{電気の流れにくさ } \rho = \sigma^{-1}$$

(ロード)

電流の流れやすさを表す σ (シグマ)分極のしやすさを表す ϵ (イプシロン)磁化のしやすさを表す μ (ミュー)

機械的エネルギーに関する生体物性

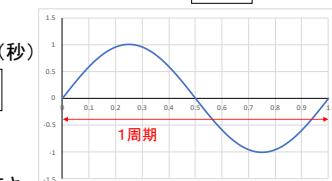
硬さの指標 \square (縦弾性率) \square 体積変化の指標 \square (縦と横のひずみの比)流れにくさの指標 \square

3

波の基本 (音波の例)

周波数: 1秒間に何回振動するか = 音の \square 周波数 f [\square]

周期: 波1つ分の長さ(秒)

周期 T [\square] = \square 

音速: 音波が伝わる速さ

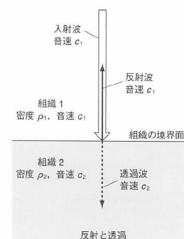
音速 $c \approx 346.75$ [m/s] (大気中, 25°C)

波長: 波1つ分の長さ(距離)

波長 λ [m] = \square

生体組織における音響特性

散乱

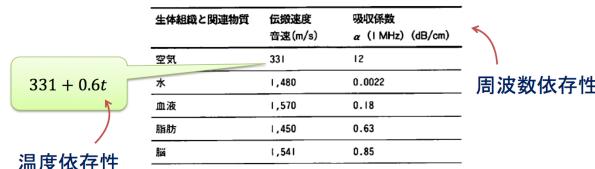
媒質の固有音響インピーダンス $\rho \times c$ が変化する部分で、反射が起こる。

筋、脂肪や腎臓、肝臓などの内部では、音響特性が分布的に変化する。

入射する音波の進行方向に対して、180°の角度で散乱する音の度合いを表す。
反射波を利用 超音波診断装置

p. 18 図2-6

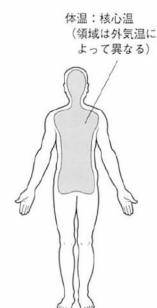
6

密度の大きな組織では減衰が \square 、水を多く含む組織では減衰が \square

p. 16 表2-4

9

生体の熱に対する性質

体内での熱の產生
肝臓や骨格筋などの臓器での \square の結果

体内での熱の移動

生体組織の 热伝導 (局所)
(生体組織の熱伝導率は水とほぼ等しい)
 \square による熱の移動 (80~90%)

体外への熱拡散

体表に近い部分は、外部の環境温によって変化

11

熱を利用した医療機器

熱エネルギーによる温度上昇を利用

電気メス
レーザメス

組織の 破壊 と同時に、組織の 収縮 を利用して血管からの出血を抑える。

ハイパーサーミア

細胞の熱に対する耐性(癌細胞 < 正常細胞)の違いを利用

生体の熱放射を利用

熱放射により放射される \square のエネルギーはボルツマンの法則に従う。

$$I \propto T^4$$

13

超音波の音響特性

減衰

生体内での減衰は、
散乱によるものが主。

吸収 (熱に変換される)

散乱

$$A = \square \Leftrightarrow \frac{dA}{dx} = -\alpha A$$

A : 振幅(音の強さ、大きさ)
 α : 減衰係数

$$A = \square$$



p. 18 図2-6

7

超音波の生体作用

熱作用

反射、散乱、減衰の過程で吸収された熱エネルギーによる作用

安全限界 100mW/cm² 500秒の照射時間で50Ws/cm²
10mW/cm² (胎児)

陰圧(膨張)により生じた 空洞 が陽圧(圧縮)時に消失する現象

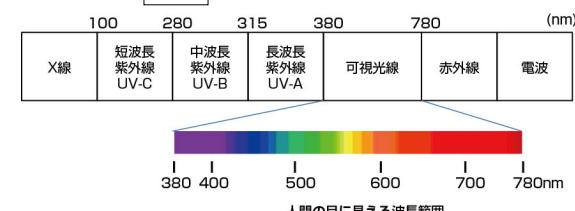


発生した衝撃波によって、熱の発生、機械的作用、化学作用が生じる。

数MHzで数十W程度の超音波で起こる。

10

光

光は \square の一種で、横波光速 $c = \lambda \times f \approx 30$ 万 [km/s]光の色は \square に関係する。

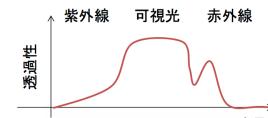
人間の目に見える波長範囲

眼球の光学的性質

眼球内での光の透過性は、
水の吸光特性を反映している。
→光の□により異なる。

強い光の影響

紫外線
波長の長い赤外線
→□への影響
可視光
近赤外線
(特に平行光線)
例)レーザー光
→□への影響



p. 22 図2-8

15

皮膚の光学特性

主に、□と□による吸光特性に依存する。
その特性は、

ヘマトクリット(全血中に占める血球成分の割合)および

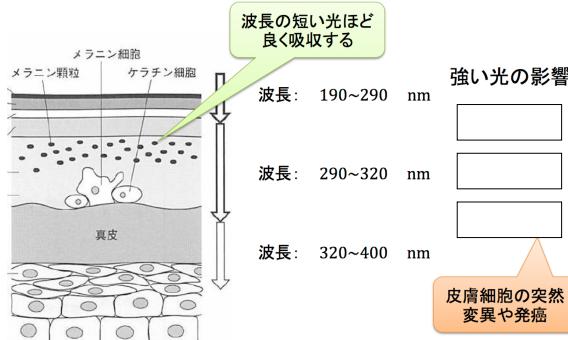
血液の性状や配向による影響を受ける。

異方性
脳活動計測(NIRS)
に用いられる。

ヘモグロビン
□と結合している状態と結合していない状態では、吸光特性が異なる。

血行動態の観測には、臓器表面の反射光が利用される。

17



p. 23 図2-9

16

生体の磁気、電磁波に対する性質

$$B = \mu_0 H$$

磁界の強さ $H \rightarrow [A/m]$
磁束密度 $B \rightarrow [T] (□)$

静的な磁界に対する性質

地磁気の約1万倍

強力な磁界(1~2T)の下においても、はっきりした生体反応は認められない。

医療機器: □(磁気共鳴画像装置)

低周波磁界に対する性質

数十kHz以下

熱作用、興奮性膜の興奮、心筋の期外収縮、心室細動の誘発などの影響がある。

18

生体の磁気、電磁波に対する性質

高周波磁界に対する性質

100kHz以上

主に、□による影響がある。医療機器: ハイパーサーミア

電磁波吸収の周波数依存性

周波数 (MHz)	波長 (μm)	吸収模式	特徴
~30	10~	準共振	体表面で吸収、体内で減少／周波数の増加で吸収が増加
30~300	1~10	全身共振	身長の2倍の波長に対応した周波数で吸収が最大となる
300~400	0.75~1	部分共振	頭部などの局所的な共振部で吸収が最大となる
400~2,000	0.15~0.75	ホットスポット形成	生体内部で局所的に吸収が大きくなり、温度上昇する
2,000~	~0.15	表面吸収	皮膚の表面でほとんど吸収／体表面だけの温度上昇

p. 26 表2-7

19

復習問題1

下記の文章中のAからDに当てはまる言葉、数値を答えよ。

皮膚を介して感電した場合を□ショックと呼ぶ。□ショックではmA以上の電流が流れた場合、心室細動を引き起こす危険がある。

心臓に電流が集中してする形で感電した場合を□ショックと呼ぶ。□ショックではmA以上の電流が流れた場合、心室細動を引き起こす危険がある。

A _____ B _____ C _____ D _____

復習問題2

生体組織が持つ特異性について、以下の問いに答えよ。

(1)異方性について説明せよ。

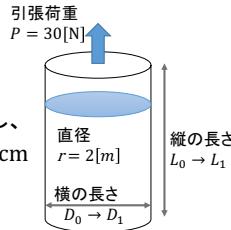
(2)経時変化について具体的な例を用いて説明せよ。

復習問題3

材料に引張荷重を加えると変形し、縦の長さ $L_0 = 10\text{cm} \rightarrow L_1 = 12\text{cm}$ に変化した。

(1)応力 σ を求めよ。

(2)ボアソン比 $m = 0.5$ の時、横変形量 ΔD を求めよ。



p. 27 図2-12

20