

<集中 (後) LC-23>

担当教員：小山勝弘

(1)健康運動処方実習授業計画 (案)

<対象学生>

3,4 年次生

<授業の目的および概要>

健康づくりのための運動処方（生活習慣病の予防・改善も含む）の基本に基づき、各種運動負荷テストの進め方、データの評価方法、さらには運動指導に必要な様々な技術について実習を通して学ぶ。行動調査や栄養調査の方法を理解し、実習により体験する。またレジスタンストレーニングの処方に必要な基礎知識を習得する。

1. レジスタンストレーニングと有酸素運動の意義について理解できる
2. レジスタンストレーニングの一般的特性について、マシンとフリーウエイトを対比して説明できる
3. 健康維持・増進、生活習慣病対策に寄与する運動を理解できる
4. ウォーミングアップとクーリングダウンの意義を説明できる
5. ガス分析装置がない条件下で、自転車エルゴメーターを使って有酸素能力の評価が行える
6. 行動・栄養調査によりエネルギーの出納バランスを推定し、問題点を指摘できる

<授業の方法>

講義と演習

<成績評価の方法>

1. 出席 授業回数の3分の2以上の出席が単位取得の条件となる
3. レポート 3題のレポート課題を課し、合計で最高50点を与える。
4. 試験 基礎的知識の理解度、論理性について評価し、最高50点を与える。

<授業計画の概要>

1 レジスタンストレーニングと有酸素トレーニングの比較

(安全性、期待される効果、処方の実際における課題、可能性など)

2 レジスタンストレーニングと有酸素トレーニングの強度管理 (1RM の測定：直接法&間接法)

3-4 レジスタンストレーニングと有酸素トレーニングによる健康増進効果

5-7 最大酸素摂取量の測定と評価 (トレッドミルと自転車エルゴメーター、最大負荷法と最大下負荷法)

・3段階法 ・最大下負荷法

※データ解析、結果のまとめ方などについてもエクセルを使って学習する

8 食事・行動調査によるエネルギーの出納バランス推定

9-14 生活習慣病に対する運動処方の実際 (運動と各種疾病との関係)

- | | | | |
|----------|---------|--------|-----------------|
| 1) 肥満症 | 2) 高血圧症 | 3) 糖尿病 | 4) メタボリックシンドローム |
| 5) 循環器疾患 | 6) がん | 7) 認知症 | 8) 転倒・骨折 (骨粗鬆症) |

15 まとめと試験、および解説

★ レジスタンストレーニングの基礎 ★

エアロビックエクササイズ (aerobic exercise) に比較すると、アナロビックエクササイズ (anaerobic exercise) は健康づくりの手段として高い評価を受けてきたとはいえない。その根拠にはアナロビックエクササイズは、「体脂肪の燃焼効果が低く肥満解消の運動として適当でない」、「血圧上昇作用がある」、「怪我の危険性が高い」などが挙げられてきた。

しかし近年、アナロビックエクササイズと同義と理解されやすい筋力トレーニングが注目されている。筋力トレーニングは、その実施方法によっては、必ずしもアナロビックエクササイズとなるわけではなく、安静時代謝を高めたり、加齢に伴う骨格筋量の減少を抑制したり、行動体力を維持するなどのポジティブな報告がみられるようになった。現在では、アスリートから健康づくりのための運動愛好家に至るまでの幅広い層に対し、筋力トレーニングは大変有用であるとする共通認識が得られつつある。

レジスタンストレーニング (resistance training) とは、様々な形態の負荷 (抵抗: resistance) をかけて筋肉をトレーニングすることの総称である。筋力トレーニング、ウェイト・トレーニング、ストレングス・トレーニングなどがほぼ同義として理解できる。

(1) 筋の収縮様式に基づくレジスタンストレーニングの分類

①等尺性収縮 (isometric contraction) ⇨ 等尺性筋力

- 筋の長さが変化しない exam. バーベルを肘の角度を変えずに保持する時の上腕二頭筋
綱引きで力が拮抗している時の筋力
握力計や背筋力計で計る筋力

<アイソメトリックトレーニングの特徴>

- +最大努力を約6秒以上発揮すると、最大筋力の向上が図れる
- +短時間で効果が期待できる
- +疲労が少なく、怪我の心配がない (安全)
- +道具や広い場所が必要無く、経済的である
- +スティッキングポイントを克服するのに有効
- 関節角度特異性が強い (トレーニングした角度のみで筋力 up が図れる)
- 単調であきやすい
- トレーニング効果に限界がある

②等張性収縮 (isotonic contraction) ⇨ 等張性筋力

- 筋の長さが変化する
- ・短縮性収縮 (concentric contraction) exam. バーベルを引き上げる時の上腕二頭筋
 - ・伸張性収縮 (eccentric contraction) exam. バーベルをゆっくりと下ろす時の上腕二頭筋

<アイソトニックトレーニングの特徴>

- + ダイナミックなトレーニングであり、スポーツトレーニングに向く
- + 最大挙上重量を基準にトレーニングするので、負荷（目標）設定がしやすい
- + バリエーションに富みあきにくい
- + 道具や広い場所が必要無く、経済的である
- 種目によっては動作に習熟を要する
- 怪我の危険性が比較的高い
- スティックポイント（筋力が最も弱い関節角度）がトレーニングの強度を制限する
- ※ エキセントリックな最大筋力はコンセントリックな最大筋力の40%増し

③ 等速性収縮 (isokinetic contraction) ⇨ 等速性筋力

→ 筋の収縮速度を一定にしたままで張力を発揮する（短縮性と伸張性がある）

※ 加速度が加わらないよう、機械的に関節可動範囲全域にわたって一定速度で全力運動を行えるようにしたもの。

<アイソキネティックトレーニングの特徴>

- + 可動域全域で全力運動を行うことが可能である
- + トレーニング動作中に、随時筋力発揮を中断できる
- + 怪我の後の筋出力が低下した状態でも、危険性の少ない最大負荷でのトレーニングができる（リハビリテーションに最適）
- 高価で特殊なトレーニング機器が必要
- 筋力増加の速度依存性が高い

(2) フリーウェイトとマシンを使ったレジスタンストレーニングの一般的特徴

① フリーウェイトトレーニングの利点

- + エキセントリックな収縮局面が多いため、筋力増強や筋肥大の効果が大きい（マシンではギアやチェーンなどの機械的摩擦で負荷が低減する）
- + 実際の動きに近い筋力発揮が可能である（マシンの場合、軌道が一定で動作に制限が加わり、実際の動きと若干異なる）

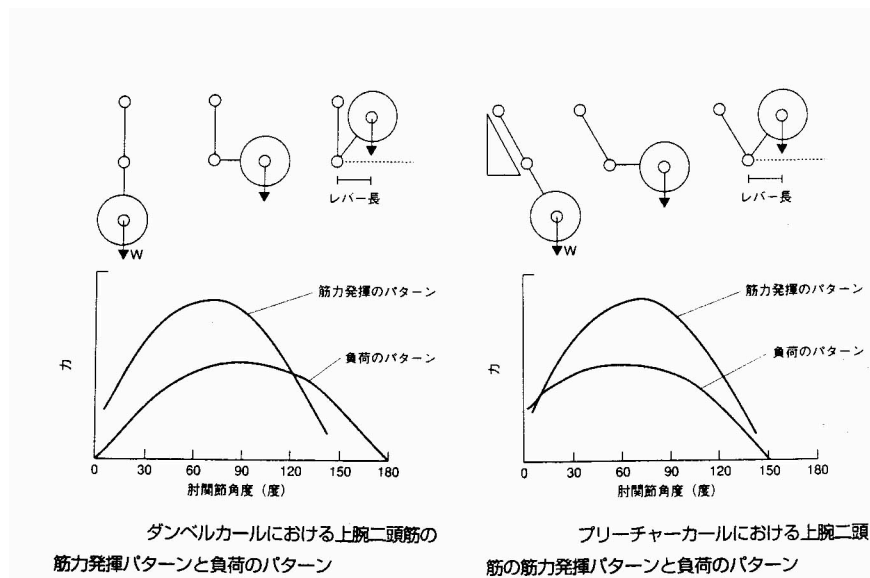
② マシントレーニングの利点

- + 筋群によってはその部位を的確にトレーニングすることが容易になる（広背筋や下腿部の筋群をターゲットにしたフリーウェイトのトレーニングは行いにくい） チン vs ラットプルダウン
- + トレーニング動作の習得が簡単で、安全である（途中でバーベルを落とすことはない。初心者、高齢者、リハビリテーション向き。フリーウェイトでは間違ったフォームでは効果が期待できない）

③ フリーウェイトとマシンの負荷のかかり方の相違点

- ・ マシンで挙げられる重さが、フリーウェイトでは挙げられない理由？

- ・ フリーウェイトでダンベルカールを行う際、最も負荷が大きくなるのは肘関節角度が何度？
- ・ 上腕二頭筋が発揮できる最大筋力は、肘関節角度が何度？
- ◇ フリーウェイトでは最大筋力が発揮できる角度と、最大負荷が加わる角度とにズレが生じる→フリーウェイトの宿命、最大に近い負荷で、全関節可動域でトレーニングすることが困難→プリチャーカールなどで対応
- ◇ マシンでは肘関節角度に関係なく負荷は一定（一部の例外を除き）←滑車によって負荷を伝えるから
 - ・ ダンベルカールを行う際、フリーウェイトがいいのか、マシンがいいのか？
- ・ フリーウェイトでは慣性の影響をより強く受けるので、最初に勢いをつけると後は楽に上げられる？
- ・ 反動を使って挙上するのは意味がない？



(3) 筋力と筋肉の形態、関節の関係

① 良いピッチャーはお尻が大きい

- ・ ボールを投げる動作で最も重要な筋肉はどこか？

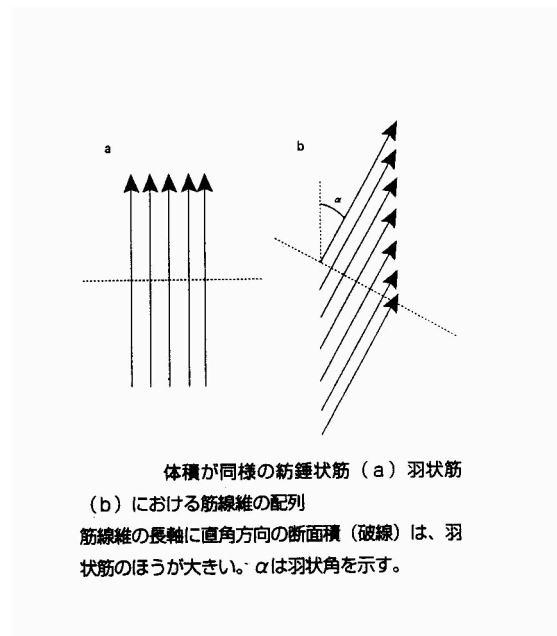
② 筋肉の発揮する筋力と筋肉への負荷の違い

- ・ 上腕二頭筋は、肘関節をまたいで橈骨に付着（停止）するが、この位置は前腕長の5分の1のところ

ある。よって上腕二頭筋接合部で発揮された力の5分の1が表出することになる。例えば10kgのダンベルでダンベルカールを行う時、筋肉には50kgの負荷が加わっている。このテコ比は部位によって異なる（足関節では1:3）

③紡錘状筋と羽状筋の特性

- ・ 代表的な紡錘状筋と羽状筋は？
- ・ 紡錘状筋と羽状筋、トレーニングによって肥大しやすいのは？
- ・ 筋線維は肥大すればするほど大きな筋力が発揮できる？
- ・ 紡錘状筋は力はそれほど出ないがダイナミックに動かせる筋肉、羽状筋は大きな力を発揮できるがあまりダイナミックに動けない筋肉
- ⇒ 膝や腕の伸筋（大腿四頭筋，上腕三頭筋）のトレーニングは、可動域を広くとるというよりも、大きな負荷をかけ、逆に屈筋のトレーニングでは可動域を広くとってダイナミックに関節を動かす方がよい

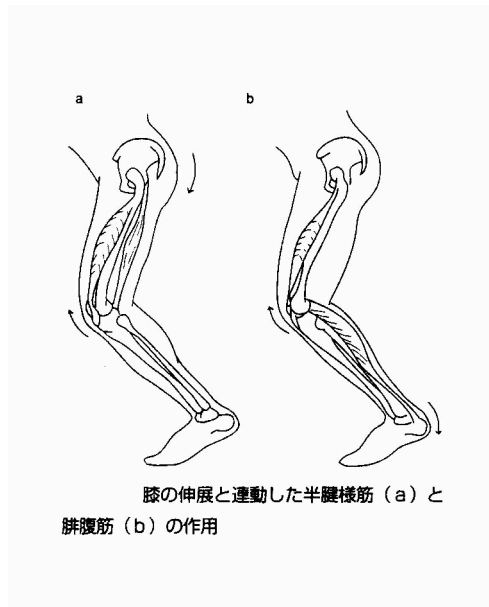


④拮抗筋の重要性

- ・ 上腕二頭筋と上腕三頭筋は拮抗筋であり、共に同じ筋力を持つことが理想的である？
- ・ 拮抗筋は動作を規定して決定される（大胸筋と広背筋の例）

⑤単関節筋と多関節筋

- ・ 単関節筋とは一つの関節にまたがって付着する筋肉，多関節筋は2つ以上の関節をまたいでいる筋肉
- ・ 大腿四頭筋を強く収縮させ下肢全体を緊張させると，膝，股関節，足関節全てが伸展する？



(4) レジスタンストレーニング処方の3大要素

①強度 (負荷と反復回数)

- ・ 最大挙上負荷 (1RM ; 1 repetition maximum) ≠ 等尺性最大筋力 (←これの80~85%が1RM)
- ・ 意図する効果を得るためには1RMを基準にした負荷設定をし，筋肥大を期待する場合には通常1RMの60~70%以上 (15RM以下) の負荷を必要とすると考えられている．その根拠は？
- ・ 60%1RM以下の負荷を用いると筋持久力が向上する (クイックリフトなどを行えばパワー増大も可能なトレーニングとなる)
- ・ 負荷を決定すると，反復回数は自動的にほぼ決まる (繰り返し可能な回数)

②セット数

- ・ ボリューム (トレーニング容量) を指標にする方法があるが，目的によって多種多様である
- ・ 大筋群は2~3種目で10セット，小筋群は最低3セット

③頻度

- ・ 一般には同一筋群には2~3回/week→根拠もなくこの限りではない
- ・ 「小筋群は疲労が早い，回復も早い．大筋群はその逆」といった原則はある

(5) レジスタンストレーニング処方の実際

①フォーストレプス法 (forced reps)

- ・ 強制的に反復を行わせることで、最大反復 (RM) 後に補助者の助けを借りて複数回繰り返す→トレーニングの強度や量を高める効果がある (スクワットやデッドリフトでは危険なのでダメ)
- ・ コンセントリックな局面でなく、エキセントリックな局面で筋力発揮を促すことが望ましい (エキセントリック収縮では、コンセントリックな最大筋力<1RM>よりも40%大きな筋力を発揮できる)

②マルチパウンテージ法

- ・ 1RM の 85% で挙上不能となった後に、休息をとらずに最初の負荷の 80% 程度に下げて反復限界まで、さらにその 80% に下げて反復限界まで (3 段階) 繰り返す
- ・ 筋肉の肥大、毛細血管の発達が効果的に得られる
- ・ マシントレーニング向き←ウェイトをすぐに変えられる

③マルチセット法

- ・ 複数の種目を連続して行い休息をとる方法→トレーニング時間の短縮
- ・ マルチセット法の問題点としてどのようなことが挙げられるか?

- ・ スーパーセット法 (2)
- ・ トライセット法 (3)
- ・ ジャイアントセット法 (4~6)
- ・ サーキットトレーニング (7~)

④ホリスティック法

- ・ 1, 2 セットで最大下 (70%1RM 位まで) のウォーミングアップを行い、続いて最大負荷で数セット行う。そしてその後 80% 程度に落として、最後に 50% 程度で反復可能な限り行うという方法 (例)
- ・ 最大負荷を絡めたピラミッドの最後に、筋持久力向上を目的としたセットを加えるというもの
- ・ 筋肥大を目指したボディビルダー向け

★ 最大酸素摂取量の測定 ★

(資料 1-4 は別に配布)

(1) 最大酸素摂取量 (VO₂max) の測定意義

(2) 有酸素能力の指標

1. 最大酸素摂取量
2. 無酸素性作業閾値, 乳酸閾値, 換気閾値
3. PWC (exam. PWC170)

(3) VO₂max の測定方法

1. 直接 (最大負荷) 法

→ガス分析装置を使って直接的に最大値を測定する

→問題点:

最も正確な値を得られる/測定装置が高価なため一般的には利用しにくい
マンパワーが必要/運動経験のない (慣れていない) 者には行いにくい/危険

2. 直接 (最大下負荷) 法

→ガス分析装置を使って, 最大下の努力によって最大酸素摂取量を推定する

→問題点:

若干の誤差が生じる/安全/測定装置が高価なため一般的には利用しにくい

3. 簡易法 (ガス分析装置なし)通常, 最大負荷法は用いられず, 最大下負荷で行われる

運動強度と心拍数 (HR) との間に比例 (直線) 関係があることを利用する. 最も強い相関があるのは HR が 110~170 の範囲とされるので, その間に回帰直線を求め, VO₂max 推定に利用する.

a) 3段階法

3分間を1ステージとし, 3段階の負荷をかける. 各ステージの最後の1分間の心拍数を測定し, 運動強度と HR との関係から回帰直線 (データに対して最も誤差が少ない直線←最小二乗法) を決定する. 通常この作業はコンピューターに任せる. 1~3段階までの負荷の設定の仕方は様々であり, 使用する自転車 (バイク) の種類, フィットネスクラブの方針などでそれぞれ異なる. YMCA が提唱している Y's way は広く知られている.

cf 資料1

b) 最大下負荷法（2分間隔の負荷漸増法）

運動強度と HR との関係を利用する点では、a)の3段階法と変わらない。しかし、3段階以上のより多くのポイントを実測して回帰直線を求めることで、より信頼性の高い評価が可能となる。通常は、手動で負荷の調節ができるタイプの自転車（モナーク社製）を利用する。ペダル回転数を 50 rpm で一定にし、2分間に 0.25 kp ずつ負荷を漸増する。各段階の後半の1分間の HR を測定し、予め設定した目標心拍数に達した時点でテストを終了する。目標心拍数は 85%HRmax 程度にする。

cf 資料2

<<実習 1>>

(1) 内容

3名で1グループを作り、「Y's way（3段階法）」による最大酸素摂取量の推定を行う。併せて PWC170 を決定し、各人の有酸素能力について考察を加える。

cf 資料1

(2) 役割分担（全員が被験者となり、全ての役割を経験する）

被験者 (1)

検者 タイムキーパー、リズム調節係 (1)

負荷設定、および HR 記録・観察係 (1).....HR モニターにてメモリー

(3) データの処理・評価法

① 回帰直線の求め方

・簡便法

目算で、最も適当と思われる直線を引く（一番簡単、でも一番誤差が大きい。）

・最小二乗法

統計学的手法。通常バイクのコンピューター内でなされているもの。

cf 資料3

② 運動強度と HR の関係について、回帰直線を決定

「エクセル」等の表計算ソフトを用いて算出する。

cf 資料4

(4) 課題

- ① 資料4のグラフの実線が、どのように決定されているかを示し、同様のグラフをエクセルで描く。
- ② ①で作成したグラフ上に、実習の結果（「運動強度と HR」の関係）をプロットし、回帰方程式を決定する。
- ③ VO₂max を推定する（体重当たりの VO₂max も算出する）。
- ④ PWC170 を算出する。
- ⑤ グループ全員の結果（VO₂max と PWC170）を比較検討し、その相違について考察を加える。

<<実習 2>>

(1) 内容

3名で1グループを作り、最大下負荷法による最大酸素摂取量の推定を行う。併せてPWC170を決定し、各人の有酸素能力について考察を加える。 *cf* 資料2

(2) 役割分担 (全員が被験者となり、全ての役割を経験する)

被験者 (1)

検者 タイムキーパー、リズム調節係 (1)

負荷設定、およびHR記録・観察係 (1)....HRモニターにてメモリー

(3) データの処理・評価法

① 回帰直線の求め方

・最小二乗法

統計学的手法。通常バイクのコンピューター内でなされているもの。 *cf* 資料3

② 運動強度とHRの関係について、回帰直線を決定

「エクセル」等の表計算ソフトを用いて算出する。 *cf* 資料4

(4) 課題

①資料4と同様のグラフをエクセルで描く。

②①で作成したグラフ上に、実習の結果（「運動強度とHR」の関係）をプロットし、回帰方程式を決定する。

③ VO₂max を推定する（体重当たりのVO₂maxも算出する）。

④ PWC170 を算出する。

⑤ グループ全員の結果（VO₂max とPWC170）を比較検討し、その相違について考察を加える。

⑥ <<実習 1>>で得られた結果と比較し、相違や一致度について考察する。

【VO₂max 測定の直接（最大負荷）法】 参考資料→ガス分析装置を使って直接的に最大値を測定する

(1) 実験方法

- ①トレッドミル, または自転車エルゴメーターによる負荷漸増法で, exhaustion に至らせる. (トレッドミルの場合, 斜度 5° =8.6%)
- ②マスク, ダグラスバッグ (Douglas bag) などを取り付け, 呼気を採集する. (HR が 170 位を目安にして採気を開始し, 1 分ごとにコックの切り替えを行う)
- ③採集したダグラスバッグの中の呼気を混和し, その一部をサンプルチューブにとる.
- ④ガスメーターによって換気量を測定し, 併せてガス温を読みとる.
- ⑤ガス分析装置を用いて O₂ 濃度 CO₂ 濃度を分析する.
- ⑥測定時の気圧などを調べ, 得られたデータを元に酸素摂取量の算出を行う.

※呼気分析は exhaustion 前の 3 分間 (3 本) について行い, 最大酸素摂取量を決定する.

※最大酸素摂取量の判定基準 (exhaustion) について.....諸説ある

- ・酸素摂取量: レベリングオフ
- ・呼吸商: 1.05 以上
- ・心拍数: 180 以上, または予測最大心拍数以上
- ・血中乳酸濃度: 約 80 mg/dl (9.0 mmol/L) 以上

(2) 換気量 (VE) の換算

気体の体積 (V) は温度 (絶対温度, T) と気圧 (P) によって影響を受ける. これはボイル・シャルルの法則で証明されている. 従って, 換気量を比較検討するためには, 基準となる状態の値に換算しておかなければならない.

換気量などの肺機能に関するものは **BTPS** (Body Temperature, Pressure, Saturated; 体温が 37°C で測定時の気圧の状態), VO₂ などの代謝系に関連するものは **STPD** (Standard Temperature, Pressure, Dry; 0°C, 1 気圧 = 760 mmHg, 標準状態) に換算する.

測定時のままの状態 (温度などを考慮する前の実測値で表わされる) を, **ATPS** (Ambient Temperature, Pressure, Saturated) という.

(3) 換気量計算の実際

$$VE_{STPD} = VE_{ATPS} \times \frac{273}{(273+t)} \times \frac{(P_A - P_{H_2O})}{760}$$

$$VE_{BTPS} = VE_{ATPS} \times \frac{(273+37)}{(273+t)} \times \frac{(P_A - P_{H_2O})}{(P_A - 47)}$$

※ 37°C における飽和水蒸気圧 = 47

—飽和水蒸気圧 (mmHg) —

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4.6	4.9	5.3	5.7	6.1	6.5	7.0	7.5	8.0	8.6
10	9.2	9.8	10.5	11.2	11.9	12.8	13.6	14.5	15.5	16.5
20	17.5	18.6	19.8	21.1	22.4	23.8	25.2	26.8	28.3	30.0
30	31.8	33.7	35.7	37.7	39.9	42.2	44.6	47.0		

(4) 酸素摂取量の計算

酸素摂取量は吸入した酸素量と呼出した酸素量との差である。

$$VO_2 = VI \times FIO_2 - VE \times FEO_2$$

ここで $VI \neq VE$ であるが、窒素は体内に取り込まれることも、排出されることもないので、吸気中の窒素量も呼気中の窒素量も同じである。

$$VI \times FIN_2 = VE \times FEN_2$$

VI は測定しないので、消去するために、

$$VI = VE \times (FEN_2 / FIN_2)$$

これを最初の、 VO_2 を求める式に代入すると、

$$VO_2 = VI \times FIO_2 - VE \times FEO_2$$

$$VO_2 = VE \times (FEN_2 / FIN_2) \times FIO_2 - VE \times FEO_2$$

$$VO_2 = VE \times (FIO_2 \times FEN_2) / FIN_2 - VE \times FEO_2$$

$$VO_2 = VE \times \{ (FIO_2 \times FEN_2) / FIN_2 - FEO_2 \}$$

ここで大気中の O_2 、 CO_2 濃度はそれぞれ 20.93、0.03% であり、 N_2 濃度は 79.04% なので、

$$VO_2 = VE \times \{ (0.2093 / 0.7904) \times (1 - FEO_2 - FEO_2) - FEO_2 \}$$

となる。

呼吸商を出す場合にはさらに VCO_2 が必要なので、

$$VCO_2 = VE \times (FECO_2 - 0.0003)$$

を算出してから

$$RQ = VCO_2 / VO_2$$

(6) 計算練習

測定前のガスメーターの数字：485.10

測定後のガスメーターの数字：595.80

サンプルチューブにとった呼気量：0.50

ガス温：22°C

大気圧：753.8 mmHg

O_2 ：17.3%

CO_2 ：3.92%

→この人の酸素摂取量を計算しなさい。

《省略記号》

V：volume

V：毎分当たりの volume

E：expire (呼気)

I：inspire (吸気)

F：fraction (濃度) FEO_2 呼気の O_2 濃度

VE：毎分換気量

VT：tidal volume (一回換気量)

RQ：respiratory quotient (呼吸商) = VCO_2 / VO_2

O_2 pulse：酸素脈 = VO_2 / HR

t：ガス温 (°C)

PA：測定時の気圧 (mmHg)

PH_2O ：t °Cにおける飽和水蒸気圧 (mmHg)

★ 食事・行動調査 ★**(1) 食事調査**

- ①1日の食事調査を、朝・昼・夜に分けて実施する。食事に含まれている食品名を書き出す。
- ②各食品について、100g当たりのカロリー量を調べ、各種栄養素の摂取量も求める。
- ③1日の総摂取量を求める。
- ④身長、体重、生活活動強度から類推される各栄養素所要量を調べ（食品成分表など）、充足率を求める。

(2) 行動調査（METs法）

- ①1日の行動を全て記載する（その実施時間と内容）
- ②全ての行動についてMETsで数値化する。
- ③安静時代謝量と合わせて、1日の消費カロリーを算出する。

(3) 課題

- ①食事調査、行動調査の生データを提出する
- ②各種栄養素の充足率からレーダーチャートを作成し、栄養摂取状況について考察する
- ③消費カロリー（METs法）と摂取カロリーの関係を図示し考察する
- ④食事・行動調査から考える自身の食習慣・運動習慣について考察する