

運動神経ノ直接刺戟ニ依ル筋運動時ノ瓦斯代謝, 血行, 血糖及ビ血液水素イオン濃度ニ就テ

第I篇 瓦斯代謝ニ就テ

金澤醫科大學生理學教室(主任上野教授)

金澤醫科大學谷野内科教室(主任谷野教授)

研究科學生 山 本 尚 忠

Naotada Yamamoto

(昭和18年8月16日受附)

(本研究ハ昭和16—17年度文部省科學研究費ニ依ル)

内 容 抄 録

著者ハ家兔ニ於テ運動神経ノ直接刺戟ニ依リ後肢ニ不隨意運動ヲ起サセテ瓦斯代謝ヲ研究シ, 次ノ結果ヲ得タ.

1) 呼吸氣量, O_2 消費量, 及ビ CO_2 排出量ハ増加スル.

2) 呼吸數ハ僅カナガラ増加スル.

3) 呼吸商ハ上昇スル.

4) 運動時ノ安静時ニ比較シテノ超過 O_2 消費量ハ運動ニ伴ヒ大トナル.

目 次

I 緒 論
II 實驗方法
III 實驗成績

IV 考 察
V 結 論
文 獻

I. 緒 論

運動時ノ瓦斯代謝ニ關スル研究ハ既ニ18世紀ニ Lavoisier 及ビ Seguin⁽¹⁾ ガ筋活動ニ際シ, O_2 消費及ビ CO_2 排出ノ増加スル事ヲ呼吸瓦斯分析ニ依ツテ明カニシタニ初マリ, 其後多クノ學者ガ或ハ人體自身ヲ或ハ動物ヲ實驗臺トシテ研究ヲ重ネテ來タ. 即チ Lavoisier ニ次イデ19

世紀初期ニハ Prout, Valentin, Vierördt, Schärting⁽²⁾ 等ガ瓦斯代謝ト筋運動トノ關係ヲ報告シ, 更ニ1850年ニナルトコノ方面ノ研究ハ多クノ生理學者ノ研究ノ可ナリノ部分ヲ占メ, 時ノ經過ト共ニソノ技術モ改良サレ正確サモ増シテ來タ. 斯クテ1859年ニハ Edward Smith ハ廣汎

ナル研究ヲ發表シ, 續イテ Pettenkofer, Voit⁽¹⁾ ハ大呼吸室ニ人間ヲ入レテ實驗シタガ, 之等ハ Lavoisier ヲ除キ皆 CO₂ 排出ト筋運動トノ關係ヲ述ベタモノデアツタ. 夫ハ即チ CO₂ 測定ハ簡單ニ出來ルガ O₂ ノ測定ハ困難ナ爲メデアツタカラデアル. 然シ1866年ニナルト Speck ハ⁽²⁾ 呼氣中ノ CO₂ 及ビ O₂ ヲ測定シ, 發生 CO₂ 量及ビ消費 O₂ 量ヲ共ニ定量シ併セテ仕事量モ測定シタ. 次イデ Geppert 現ハレ Zuntz 出ヅルニ及ンデコノ方面ノ研究ハ益々進ミ, 運動生理ニ關スル研究業績モ目ザマシイ發達ヲナシタ. 即チ例ヲ上ゲレバ Katzenstein⁽³⁾, (歩行) Leo Zuntz⁽⁴⁾, (自轉車) Frenzel・Reach⁽⁴⁾, (歩行) Heinemann⁽⁵⁾ (Gärtner Ergostat), Zuntz⁽⁶⁾, (登山) Gruben⁽⁷⁾, (歩行) Sonden・Tigerstedt⁽⁸⁾, (歩行及ビ車輪回轉) Chauveau, (踏車, 階段昇降) Amar, (自轉車) Wolpert⁽⁹⁾, (各種職業ニ於テ) Atwater・Benedict (自轉車)等枚擧ニ違ガナイ位デアル. 更ニ比較的最近ノモノヲ拾ヘバ Lindhard・Stenström⁽¹⁰⁾, (水泳, 雪滑, 氷滑) Lindhard・Liljestrand⁽¹¹⁾, (漕艇) Hill・Long・Lupton, (走行) Bock⁽¹²⁾, (自轉車) Schneider⁽¹³⁾, (自轉車) Herxheimér⁽¹⁴⁾, (階段昇降) Liebenow⁽¹⁵⁾, (階段上昇) Benedict⁽¹⁷⁾, (歩行及ビ階段上昇) Hebestreit⁽¹⁸⁾, (膝屈伸運動)等ガアル. 又我國ニ於テモ運動ト瓦斯代謝トノ關係ニ就テノ研究ハ可ナリ見ラレルノデアル. 即チ田邊秀穂⁽¹⁹⁾ (紡績婦人労働者ノ瓦斯代謝) 小田俊郎⁽²⁰⁾ (階段昇降, 力走, 雪滑) 奥山美佐雄⁽²¹⁾ (無負荷, 負荷歩行) 柳沼三郎⁽²²⁾ (送信作業) 奥山美佐雄⁽²³⁾ (椅座位執務者) 小笠原道生⁽²⁴⁾ (歩行, 走行) 古澤一夫⁽²⁵⁾ (天秤棒ニ依ル荷擔) 白井伊三郎⁽²⁶⁾ (自由歩行) 古澤一夫⁽²⁷⁾ (懸垂) 竹中繁雄⁽²⁸⁾ (重量擧上) 矢崎定雄⁽²⁹⁾ (足踏, 自轉車)等之亦枚擧ニ違ガナイ位デアル.

然ルニ之等ノ諸研究ニ於ケル運動ハ皆隨意運動デアツテ, 從ツテ斯カル場合ニ身體諸反應ニハ精神的影響ガ非常ニ加味サレテ來ル事ハ當然デアル. ソコデ著者ハ大腦トハ全ク無關係ニ不隨意的ニ動物ノ後肢ニ運動ヲ起サシメ, 夫ガ動物ノ瓦斯代謝ニ如何程影響スルカヲ研究セント企テタノデアル. 斯カル意圖ノ下ニナサレタ瓦斯代謝ニ關スル研究業績ハ從來極メテ少ク, 且ツ運動量トノ關係ヲ研究シタモノハ全ク之ヲ見ナイノデアル. 即チ Geppert 及ビ Zuntz⁽³⁰⁾ ハ1888年犬及ビ家兎ヲ用ヒ, ソノ脊髓ヲ斷チ後肢ニ電氣的刺戟ヲ與ヘテ強縮ヲ起サセ, 瓦斯代謝及ビ血液瓦斯等ニ就キ一連ノ研究ヲナシ, 又 Verzar⁽³¹⁾ ハ猫ノ腓腸筋ニ坐骨神經刺戟ニ依リ強縮ヲ起サセ, 該筋ノ O₂ 消費ヲ血液瓦斯分析上ヨリ測定シテ居ルガ, 運動量ニハ言及シテ居ナイ. 又 Johansson⁽³²⁾ 等モ後肢ノ不隨意運動時ノ血壓, 脈搏數, 呼吸氣量及ビ呼吸數等ニ關スル研究ヲ極メテ詳シク研究シテ居ルガ, 遺憾ナガラ瓦斯代謝トノ關係ハ示シテ居ナイ. 古寺⁽³³⁾ ハ家兎ノ坐骨神經ヲ切斷シテソノ末梢端ヲ感應電氣ヲ數分間ノ短時間刺戟シ, 瓦斯代謝ヲ觀察シテ居ルガ, 運動量トノ關係ハ顧慮シテ居ラズ, 且ツ瓦斯代謝ヲシラベタ運動時間モ短カイ.

著者ノ實驗ハ上述ノ如ク, 大腦ノ命令ニ依ル事ナクシテ運動神経ヲ感應電氣ヲ刺戟シ, 後肢ニ運動ヲ起サセソノ運動ヲ煤紙上ニ畫カシメテ運動量ヲ求メ, コノ運動量ト運動時ニ於ケル O₂ 消費量ノ増加トヲ比較セントシタモノデ, 運動ハ刺戟ヲ受ケタ運動神経ニ依リ支配サレテ居ル後肢筋ニ限ラレル故, 動物自身ノ隨意運動ノ場合ニ比スレバコノ運動ニ依ル變化ノ極メテ小ナル事ハ, 論ヲ俟タザルモノナル事ヲ前以テコトワツテオク次第デアル.

II 實驗方法

I. 實驗動物: 實驗ニハ專ラ家兎ヲ用ヒタ. 今ヲ去ル150年前ニ Lavoisier 及ビ Seguin ガ瓦斯代謝ノ實

驗ニ當ツテ, 被實驗動物ニ對シ朝食ヲ攝取サセテハナラナイ由ヲ彼等ノ實驗デ認メタ事ハ, 實ニ意義深イ事

ト云ハネバナヲス。此ノ事ハ今日ト雖モ尙瓦斯代謝實驗ノ必要條件トシテ重要視サレテ居ル處デアツテ、若シ動物ガ實驗前ニ食物ヲ攝取スルナラバ胃腸ハ活動シ、從ツテ其處ニハ餘分ノ物質代謝ガ起ルシ、且ツ又身體内ニ吸収サレタ物質ノ燃燒ノ爲メ等カラ瓦斯代謝ハ大イニ増加スルコトニナル。而シテ此ノ影響ハ家兎ニ於テハ食餌ヲ與ヘテカラ8〜9時間後ニハ度外視得ル故⁽³⁴⁾、著者ハ少クモ最後ノ食餌攝取時ヨリ12時間以上經過シタ家兎ヲ使用シタ。

實驗ニ際シ家兎ヲ安靜ナル状態ニ保ツ爲メニハ「ウレタン」ヲ背部皮下ニ體重毎瓦1瓦ノ割合デ注射シ、30分程經過シテ家兎ガ何等抵抗ヲ示ナイ弛緩ノ状態ニ至ルノヲ待チ、固定器ニ固定シテ手術ニ移ツタ。麻醉劑トシテハ「エーテル」ノ如キ吸入麻醉ハ呼吸分析上ノ都合ガ避ケタ。

2. 手術：⁽³⁵⁾⁽³⁶⁾ 家兎ハ頸部、鼠蹊部ノ毛ヲ剃リ、頸部ニ於テハ型ノ如ク氣管ヲ露出シテ「カニューレ」ヲ挿入シ、ソノ後ハ手術面ノ外氣ニ接觸シ體温ノ下降スルノヲ出來ルダケ防グ爲メ、兩側ノ皮膚ヲ合スヨウニシテ「クレンメ」デ止メタ。鼠蹊部ハ皮膚切開後丁寧ニ股神經ヲ分離シ、知覺神經ハ切斷シ運動神經ハナルベク長ク採レル様、中心部ニ近ク鉗子ニ依リ強ク碎打シテ挟ミ、中樞部ヘノ刺戟傳導ヲ斷ツタ。次ニ膝關節ヨリ約1.5cm上方ノ處ニ於テ大腿骨ニ錐デ孔ヲアケ、之ニ眞直ナル金屬性ノ支軸ヲ通シタ。

坐骨神經ノ場合ニハ大腿後面ノ毛ヲ剃リ、坐骨神經ヲナルベク中心部ニ近イ處デ切斷シタガ、骨ニ支軸ヲ通ス事ハシナカツタ。

3. 運動裝置：家兎ノ後肢ノ運動ヲ記録スル爲メ、特ニ考案作製シタ家兎固定臺ニ家兎ヲ移シ、且ツ家兎ノ體温ヲ出來得ル限り保持セン爲メ、固定臺ノ上ニハ綿ヲ厚ク敷キソノ上ニ家兎ヲ乗セ、家兎ノ下半身ハ綿ヲ以テ輕ク運動ヲ妨ゲナイ程度ニ蔽フタ。實驗ハ運動裝置固定臺ニ家兎ヲ固定シ約30分間安靜ニ保ツテ後ニ開始シタ。坐骨神經刺戟ノ場合ニハ別ニコノ固定臺ニ移シ換ヘル事ハシナカツタ。

4. 刺戟裝置：電源トシテハ1.5volt乾電池ヲ用ヒ之ヲDu-Bois-Reymond型感應電流器ニツナギ、一方刺戟頻度ヲ加減スル爲メニ「メトロノーム」ヲ一次回路ニ挿入シ、單一刺戟ヲ律動的ニ與ヘル事ニシタ。又開放電流ノミヲ使用センガ爲メ三極真空管ヲ用ヒテ整流シタ。兩側ノ股神經ヲ同時ニ刺戟シM. iliopsoas, M. sartorius, 及ビM. quadricepsfemorisヲ大腦ヨリノ運動命令ニ無關係ニ收縮サセ、以テ上腿ニ通シタ 金

屬性支軸ニ固定サレタルママ、後肢ノ伸展運動ヲ左右同時ニ起サセ、後肢端ニ結ンダ糸ヲ筋槓杆ニツナギ運動ヲ煤紙上ニ畫カシメタ。此ノ場合負荷ハ左右全ク等シク49瓦宛デアル。坐骨神經ノ場合ハソノ刺戟ニ依リ色々ノ後肢筋ニ收縮ヲ起シソノ運動モ一種類ニアラズ以上ノ方法デハ運動量測定ハ不能故描記シナカツタ。

5. 運動量測定：今煤紙上ニ記録サレタル面積ヲ求メ、此ノ面積ヲソノ基線ノ長サデ除セバ1回平均ノ運動高トナル。コレニ負荷重量ト後肢ノ運動全回數ヲ乘ジタモノハ全運動量トナルワケデアル。乃チ「ストツブウオツチ」ニテ正確ニ所要時間ダケ後肢ノ伸展運動ヲ起サセ、所要時間ニ1分間ノ刺戟頻度ヲ乘ズレバ所要時間内ノ全運動回數トナリ、之ニ高サ及ビ負荷ヲ乘ズレバ運動量ガ得ラレル。

又運動各時期ノ攣縮曲線ノ高サヲ比較スル爲メ、運動開始後1分間内ノ攣縮曲線ノ高サノ平均ヲ100トシ、以後各時期ノ1分間平均ノ攣縮曲線高トヲ之ト比較シタ。

6. 器械の効率：總熱量ヲ呼吸商ヨリ Zuntz 及ビ Schumburg ノ表ヲ用ヒテ算出、又運動量ヲ熱量ニ換算シ兩者ノ比較ヨリ求メタ。

7. 呼吸採集並ビニ運動時ノO₂消費量決定：呼吸採集ニハ特ニ本學工作部ニ於テ作製セシメタ家兎ニ適セル小型ノ Krogh 型呼吸瓣ヲ用ヒタ。運動開始直前ニ於テ安靜時ノ呼吸ノ「サンプル」ヲ採リ、コノ「サンプル」ヨリO₂消費量ヲ求メテ之ヲ基準トシ、次イデ運動各時期ノ夫々ノ「サンプル」ヲ採ツテソレヨリ各時期ノO₂消費量ヲ求メ、安靜時ニ於ケル基準O₂消費量トノ差ヨリ運動ニ依ツテ生ジタO₂消費量ノ増加ヲ知り、之ヲ連續的ニ求メテ呼吸ヲ採ラナイ間ノO₂消費量ハソノ前後ノ平均ヲ取り、以テ全運動期間中ノ安靜時ニ比シテノ超過O₂消費量ヲ求メタ。

8. 呼吸分析法⁽³⁷⁾⁽³⁸⁾⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾⁽⁴¹⁾：呼吸分析ハ「ホルデン」ノ瓦斯分析裝置ニヨリ呼吸中ノCO₂及ビO₂ノ百分率ヲ求メ、CO₂ハ直チニ吸氣中ノCO₂ノ百分率トノ差ヨリ排出CO₂百分率ヲ、O₂ハ吸氣中ト呼吸中ノ窒素ノ百分率ノ差異ニヨル補正吸氣中ノO₂百分率ヲ Sandinford 及ビ Boothby, 奥山等ニ從ヒ求メ、此ト呼吸中ノO₂ノ百分率トノ差ヨリ消費O₂ノ百分率(即チ吸氣ニ比シテノ呼吸中ノO₂不足率)ヲ求メタ。呼吸ハ之ヲ氣壓760mmHg 氣温0°Cノ標準状態ニ、更ニ水蒸氣ヲ以テ殆ソド飽和ノ状態ニアル故乾燥状態ニ換算シ、換算後ノ呼吸量ニ上述ノ如クシテ得タ呼吸中ノO₂不足率及ビCO₂排出率ヲ乘ジ、O₂消費量及ビCO₂排出量ヲ求メ各々ヲ比較シタ。

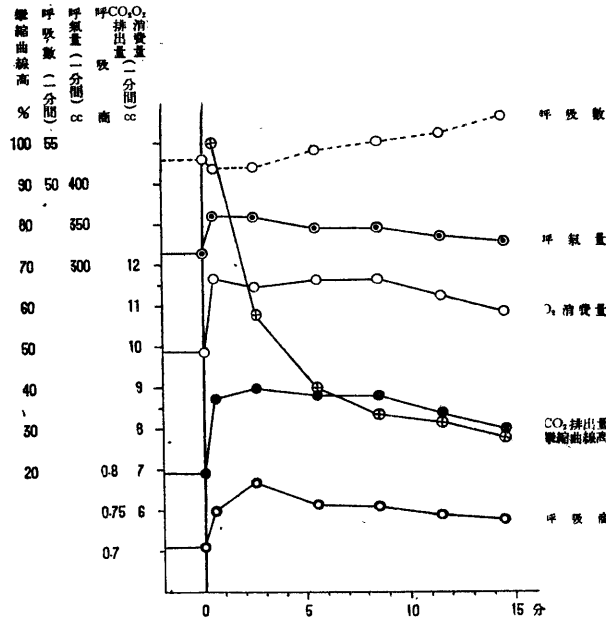
III. 實驗成績

1. 股神経刺戟ニ依ル運動ノ場合
 股神経ノ律動性單一刺戟ニ依リ, 膝關節ノ伸展運動ヲ律動的ニ行ハシメタ時ノ變化ハ次ノ通りデアル.

實驗例 No. 1. 家兎♀, 體重 2.55kg, 3月3日, 室温 15°C, 氣壓 765mmHg.

股神経ヲ毎分 117 回ノ頻度デ15分間刺戟シタ. ソノ成績ハ第 1 圖ニ示ス通りデアル.

第 1 圖



即チ先ヅ呼吸數ハ運動開始後 3 分マデハ變化ナク, 5 分以後少シ宛増加シ始メ運動持續中増加シ續ケ結局 58/分ニナツタガ, 運動前ノ 53/分ニ比スレバ増加ノ程度ハ僅少デアル.

1 分間ノ呼吸量ハ運動開始後 1 分以内ニ最大 360ccニ達シ(安靜時ニ比シ増加13%) 3 分頃マデ同様, 以後徐々ニ減ジ15分後ニハ約 3%ノ増加ニナツテ居ル. 以上二量ノ比較ニ依リ 1 回ノ呼吸量ハ 3 分内ニ最大ニ増加シ, 以後ハ徐々ニ減少スル事ヲ知ル. 即チ 1 分間ノ呼吸量ノ増加ハ最初ハ主トシテ呼吸ノ深サノ増加ニ依リ, 後ニハ呼吸數ノ増加ニ依リ生ジタ事ニナル.

次ニ O₂ 消費量ハ最初ノ 1 分内ニ最大ニ達シ以後 9 分頃マデ略恒常, ソノ後ハ徐々ニ減ジテ居ル. CO₂ 排出量モ略同様ニ變化シタ故呼吸商ハ運動持續中ヲ通ジテ一般ニ上昇シテ居ルガ, 特ニ 2-3 分ニ最大ヲ示ス.

一方攣縮曲線ノ高サヲ見ルト 2-3 分デハ 0-1 分ニ比

シ 58%ニ減ジテ居ルノデ O₂ 消費モ減ジテ居ル. 而シテ 5-6 分デハ 40%, 8-9 分デハ 34%ニ減ジテ居ルガ O₂ 消費ハ此ノ兩時期ニハ殆ンド恒常デアル. 11 分以後ニナルト攣縮曲線高ノ漸減スルニツレ O₂ 消費モ漸減シテ居ル.

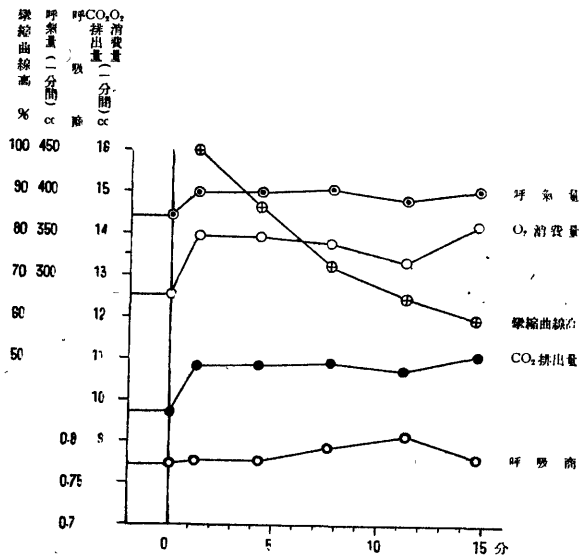
實驗例 No. 2. 家兎♀, 體重 2.55kg, 2月26日, 室温 15°C, 氣壓 761.5mmHg.

股神経ヲ毎分 117 回ノ頻度デ15分30秒間刺戟シタ. ソノ成績ハ第 2 圖ニ示ス通りデアル.

即チ先ヅ 1 分間ノ呼吸量ハ運動開始後 1 分半内ニ既ニ 373cc ヨリ 400ccニ達シ運動持續中略恒常デアル.

次ニ O₂ 消費量ハ最初ノ 1 分30秒内ニ既ニ最大ニ達シ, 9 分頃マデハ略恒常デ10分頃ニ極メテ少シ一時ソノ消費量ハ減ジタガ, 次イデ14分以後ニハ又増加ヲ示シテ居ル. CO₂ 排出量モ略同様ニ變化シタ故呼吸商ハ運動持續中ヲ通ジテ一般ニ上昇シテ居ルガ, 特ニ 7 分以

第 2 圖



後ニ増加シテ居ル。

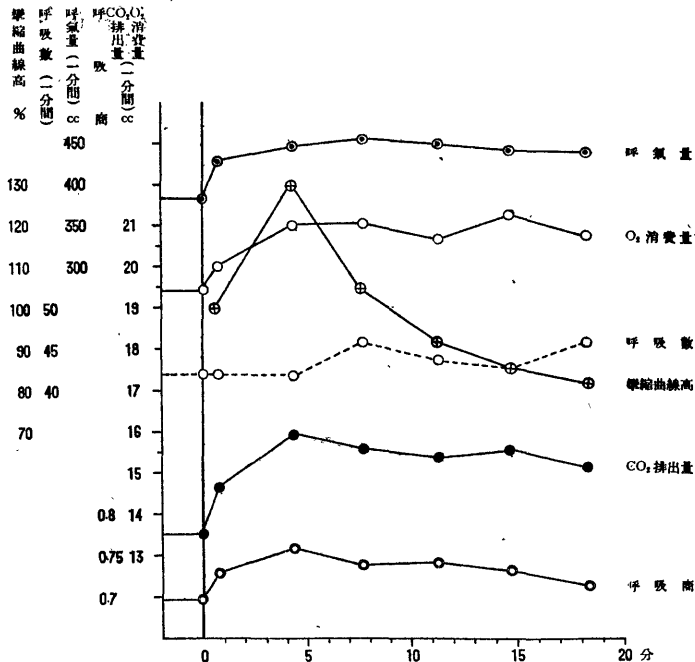
攣縮曲線ノ高サヲ見ルト3分以後12分マデハソノ低下ト共ニ O₂ 消費量ハ減ジテ居ルガ, 14分-15分半ニ於テハソノ低下ニモ拘ラズ反ツテ O₂ 消費量が高マツテ居ルヲ認ム。

實驗例 No. 3. 家兔♀, 體重 1.95kg, 3月9日, 室温 13°C, 氣壓 764.4umHg.

股神經ヲ毎分78回ノ頻度ヲ20分間刺戟シタ。ソノ成績ハ第3圖ニ示ス通りデアル。

即チ先ヅ呼吸數ハ運動開始後5分マデハ變化ナク7

第 3 圖



分以後結局46/分ニナツタガ, 運動前ノ42/分ニ比スレバソノ増加ノ程度ハ僅少ナル。

1分間ノ呼氣量ハ運動開始後7分-8分半ニ最大456cc (安靜時ニ比シ増加19%)ニナリ以後ハ徐々ニ減ジテ居ル。以上二量ノ比較ニ依リ1回ノ呼氣量ハ3分半-5分ニ最大ニ増加シ以後増減一様デナイ。而シテ呼吸ノ深サノ深イ場合ハ割合ニ呼吸數ガ少ク, 呼吸數ノ多イ場合ハ割合ニ呼吸ノ深サガ淺イノヲ知ル。

次ニ O₂ 消費量ハ運動開始後1分半内デハ未ダ増加ハ少イガ, ソノ後増加シ3分半-8分半マデハ略恒常デ以後ハ減ジテ居ル。(但シ14分-15分ニハ最大値ヲ示シタガ) CO₂ 排出量モ略同様ニ變化シタ故呼吸商

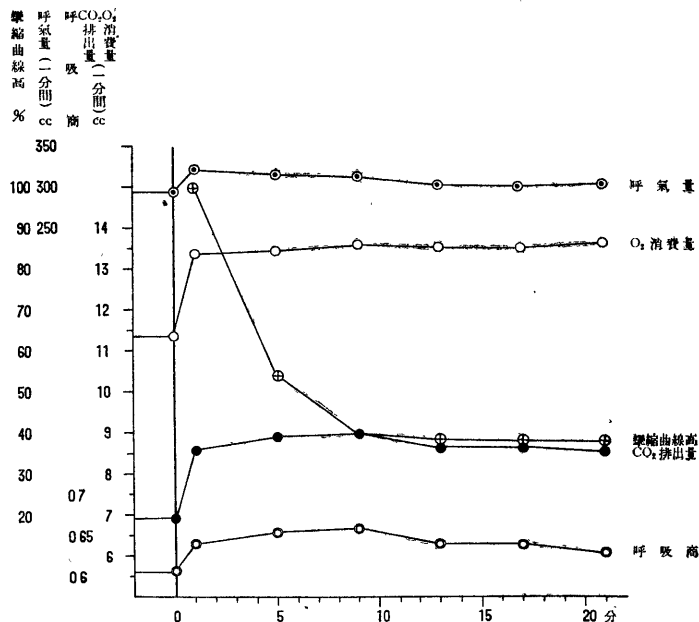
ハ運動持續中ヲ通ジテ一般ニ上昇シテ居ルガ, 特ニ3分半-5分ニ最大ヲ示ス。

攣縮曲線高ハ3分半-5分デハ130%, 7分-8分半デハ105%トナリ, 從ツテ O₂ 消費ガ運動開始後徐々ニ増加シタ事ガ理解サレル。以後攣縮曲線高ハ漸次低下シテ居ルノニ O₂ 消費量ガ案外減少シテ居ナイノハ, 累次蓄積シタ乳酸ノ除去ニ多クノ O₂ ヲ要シタ爲メデアラウ。

實驗例 No. 4. 家兔♀, 體重1.9kg, 2月7日, 室溫 11°C, 氣壓 759.5mmHg.

股神經ヲ毎分117回ノ頻度デ22分間刺戟シタ。ソノ成績ハ第4圖ニ示ス通りナル。

第 4 圖



即チ1分間ノ呼氣量ハ運動開始2分以内ニ最大294ccニ達シ (安靜時ニ比シ増加9.5%) 以後徐々ニ減ジ2分後ニハ略恒常トナル。

次ニ O₂ 消費量ハ運動開始後最初ノ2分以内ニ既ニ約17%安靜時ニ比シ増加シ, 8分以後ハ略恒常ノ値ヲ續ケテ居ル。CO₂ 排出量モ略同様ニ變化シタ故呼吸商ハ運動持續中ヲ通ジテ一般ニ上昇シテ居ルガ, 特ニ8分-10分ニ最大ヲ示ス。

攣縮曲線高ヲ見ルト運動開始8分以後ハ略同高デア

ル。即チ運動開始初期ノ大ナル筋運動ニ依リ高メラレタ O₂ 消費ハ, 其後攣縮高ヲ減ジテモ適度ナル筋運動ヲ略恒常ニ保ツ事ニヨリ略恒常ナルヲ得タト思ハル。

實驗例 No. 5. 家兔♀, 體重 2.55kg, 3月3日, 室溫 19.5°C, 氣壓 766mmHg.

股神經ヲ毎分78回ノ頻度デ30分間刺戟シタ。ソノ成績ハ第1表ニ掲ゲ第5圖ニ示ス通りナル。

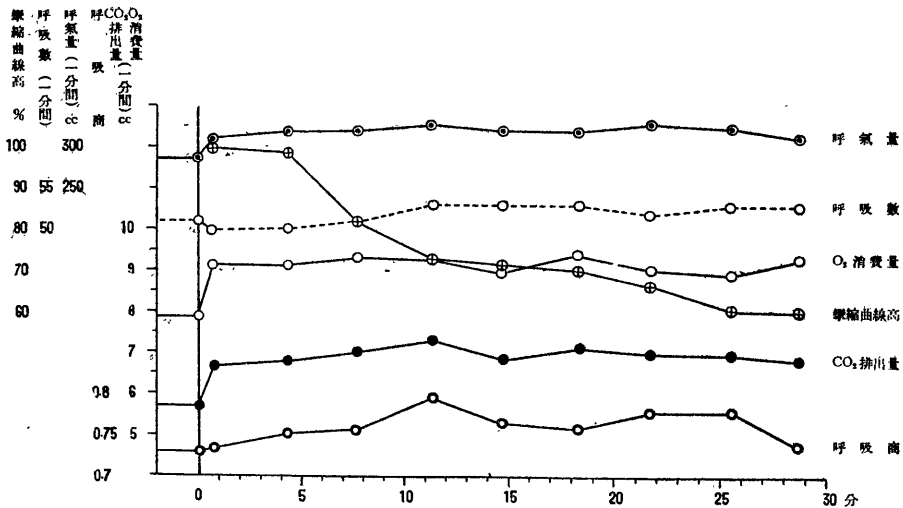
即チ先ヅ呼吸數ハ運動開始後8分位マデハ殆ソド變化ナク, 10分半以後ニ極メテ僅カ増加シタニ過ギナ

第 1 表

No. 5 家兔 ♀ 體重 2.55kg 3月3日 室温 19.5°C 氣壓 766mmHg

	安靜時	運動時 0' - 1½'	3½' - 5'	7' - 8½'	10½' - 12'	14' - 15½'	17½' - 19'	21' - 22½'	24½' - 26'	28' - 29½'
呼氣量(1分間)	287cc	312	318	321	327	321	321	327	324	312
呼吸數(1分間)	51α/m	50	50	51	53	53	53	52	53	53
1回呼氣量	5.63cc	6.24	6.39	6.29	6.18	6.05	6.05	6.29	6.11	5.89
呼氣中CO ₂ 排出率	1.99%	2.14	2.14	2.19	2.25	2.14	2.19	2.14	2.14	2.19
呼氣中O ₂ 不足率 (吸氣ニ比シ)	2.73%	2.93	2.86	2.91	2.83	2.80	2.91	2.75	2.75	2.97
CO ₂ 排出量(1分間)	5.72cc	6.68	6.83	7.03	7.35	6.87	7.11	7.01	6.94	6.84
O ₂ 消費量(1分間)	7.85cc	9.15	9.1	9.32	9.26	8.99	9.41	9.00	8.91	9.26
呼吸商	0.73	0.731	0.751	0.755	0.794	0.765	0.757	0.779	0.779	0.738
呼氣量增加率		8.58%	10.67	11.60	13.92	11.60	11.60	13.92	12.76	8.58
CO ₂ 排出量增加率		16.68%	16.69	22.85	28.32	19.93	24.1	22.47	21.22	19.41
O ₂ 消費量增加率		16.57%	15.97	18.78	18.01	14.54	20.00	14.73	13.59	18.09
攀縮曲線高		100%	99	81	73	71	70	66	60	60

第 5 圖



イ.

1分間ノ呼氣量ハ運動開始後次第ニ増加シ、7分以後ハ運動終了マデ略恒常ト云ツテヨイ。以上二量ノ比較ニ依リ1回ノ呼氣量ハ3分半-5分ニ最大ニ増加シ、以後ハ(21分-22分半ニ於テ一時増加ヲ示シタガ)徐々ニ減少スル事ヲ知ル。即チ1分間ノ呼氣量ノ増加ハ大體呼吸ノ深サノ増加ニ依リ生ジタ事ニナル。

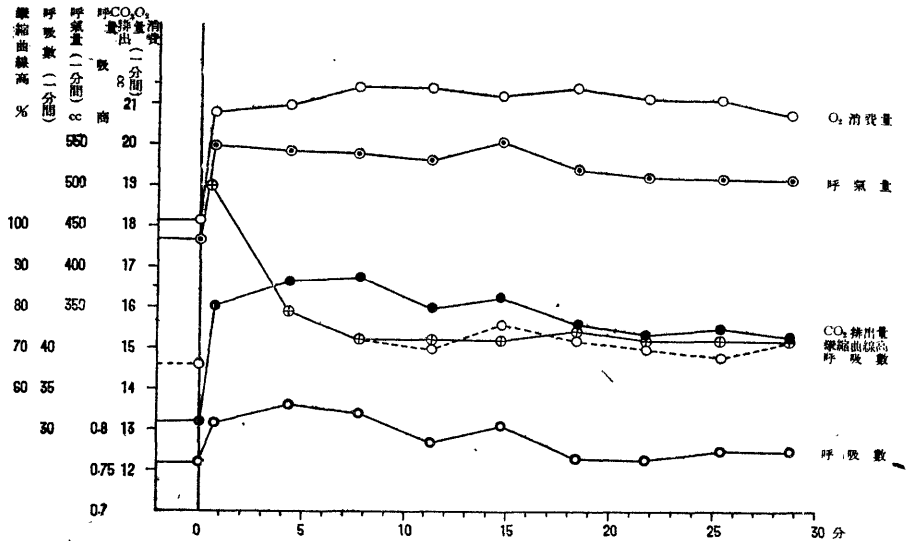
次ニ O₂ 消費量ハ運動開始後7分-8分半マデ次第ニ増加シ以後減少ス。14分以後ハ略恒常デアル。(但

シ17分半-9分、及ビ28分-29分半ニ一時増加シタガ) CO₂ 排出量ハ10分半-12分マデ次第ニ増加シ以後減少シテユク。以上二量ノ比較ニヨリ呼吸商ハ運動開始後1分半内デハ、O₂ 消費量及ビ CO₂ 排出量ノ増加ガ殆ソド同率ノ爲メニ安靜時ト殆ソド變リナイガ、3分半以後ニナルト CO₂ 排出量増加ガ O₂ 消費量ノ増加ヨリ高率トナル爲メニ上昇シテ居ル。特ニ10分半-12分ニハ CO₂ 排出量ハ最大トナリ呼吸商モ最大ヲ示ス。攀縮曲線ノ高サハ運動開始後5分位マデハ同高デア

リ、以後10分—9分ハ約70%、21分—30分ハ約60%デアル。此ノ場合 O₂ 消費ト攣縮曲線高トノ間ニハ、運動後半ニ攣縮高ノ減少ト共ニ O₂ 消費ガ減少シタ以外、嚴密ナル相互關係ハ認メラレナカッタ。

實驗例 No. 6. 家兎 ♀, 體重 2.7kg, 2月18日, 室溫 11°C, 氣壓 761.5mmHg.
股神經ヲ毎分 117 回ノ頻度デ30分間刺戟シタ。ソノ成績ハ第 6 圖ニ示ス通りデアル。

第 6 圖



即チ先ヅ呼吸數ハ運動開始後 5 分マデハ不明デアツタガ、7 分目以後ノ各時期ニ於テハ略恒常デアル。

1 分間ノ呼氣量ハ運動開始後 1 分半内ニ既ニ 499cc (安靜時ニ比シ増加約 30%)ニ達シ、以後徐々ニ減ジ 28 分後ニハ約 19%ノ増加ニナツテ居ル。(14 分目ニ一時急ナル増加ガアツタガ)

1 回ノ呼氣量ハ 10 分半—12 分ニ最大ニ達シ以後減ジテ居ル。

次ニ O₂ 消費量ハ 7 分—8 分半ニ最大ニ達シ以後 19 分マデハ略恒常、ソノ後ハ徐々ニ減ジテ居ル。CO₂ 排出量ハ 7 分—8 分半ニ最大ニ達シソノ後ハ徐々ニ減ジテ居ルガ、減ジ方ハ O₂ 消費ノ減ジ方ヨリ急デアツタ爲メ、呼吸商ハ 3 分半—5 分ニ最大ニ達シ以後減ジテ居ル。

攣縮曲線高ヲミルト 3 分半—5 分ニ於テ 69%、以後運動持續中ハ 62—60%デ略恒常デアツタ。今 O₂ 消費量ト攣縮曲線高トヲ比較スルニ 7 分以後 19 分マデハ兩者トモ略恒常ニテ、21 分以後ハ攣縮曲線高ハ尙恒常デアルガ O₂ 消費ハ幾分減少シテ居ル。

以上ノ總括

呼吸數: 運動開始後 No.1 デハ 5 分, No.3 デハ 7 分, No.5 デハ 10 分, No.6 デハ 7 分後ニ始メテ安靜時ヨリ増加ヲ示シタ。即チ刺戟頻度ガ 78—117/分ノ小頻度デ運動ヲ起サセタ時ニハ、呼吸數ノ増加ハ運動開始ト共ニ急速ニ起ラナイデ、數分經テカラ現ハレテ來ルヲ認ム。又増加後ハ No.1 デハ漸次増加ノ形ヲ示シタガ、No.3 及ビ No.6 デハ常ニ動搖シ No.5 デハ略恒常ヲ續ケタ。

呼氣量: 1 分間呼氣量ハ No.1, No.4 及ビ No.6 (17 分目ニ一時高クナツタガ)ニ於テハ運動開始ト共ニ急速ニ増加シ、最初ノ 1—2 分間ニ既ニ運動各時期ヲ通ジテノ最高値ニ達シタ。然シ他ノ例デハ最初ノ急速ニ増加ノ後徐々ニ増加シテ 7—10 分後ニ最高値ニ達シタ。ソノ後ハ運動ノ低下ト共ニ減少スルカ或ハ略恒常ニ止マツタ。

1 回呼氣量: 1 回呼氣量ハ No.1 デハ運動開始ノ初期ニ既ニ最大ニ増加シ以後ハ減ジテ居

ル。即チ1分間呼吸氣量ノ増加ハ No.1 デハ運動初期ハ呼吸ノ深サヲ増ス事ニ依リ、後半ハ呼吸數ヲ増ス事ニ依リ生ジタ事ニナリ、No.2 及ビ No.5 デハ初期ニハ主ニ呼吸ノ深サニ依リ、後半ハ呼吸數ト呼吸ノ深サノ兩者相俟ツテ増加シタ事ニナル。

O₂ 消費量: 1分間 O₂ 消費ハ初期ニ急速ニ増加シテ居ル。而シテ No.1 及ビ No.2 デハ運動開始ト共ニ既ニ最大ニ達シ以後漸減ヲ示スガ、No.3 デハ14分後、No.4 デハ8分後、No.5 デハ7分後(17分目ニ異常ナル最高値ヲ示シタガ) No.6 デハ7分後ニ最高値ニ達シ、又最高値ニ達シテカラ後ハ No.4 デハ略恒常ヲ保ツタ以外 No.3, No.5 及ビ No.6 デハ徐々ニ減ジテ居ル。

CO₂ 排出量: 1分間ノ CO₂ 排出量モ最初急ニ増スガ、No.1 デハ2分目、No.2 デハ3分目、No.3 デハ8分目、No.5 デハ10分目、No.6 デハ7分目ニ最大ニ達シ以後各例共漸次減少シテ居ル。只 No.2 デハ後レテ14分目ニ最高ニ達シテ居ル。

O₂ 消費量及ビ CO₂ 排出量ノ増加率ヲ比較スルニ後者ガ常ニ大デアリ、從ツテ呼吸商ハ各例

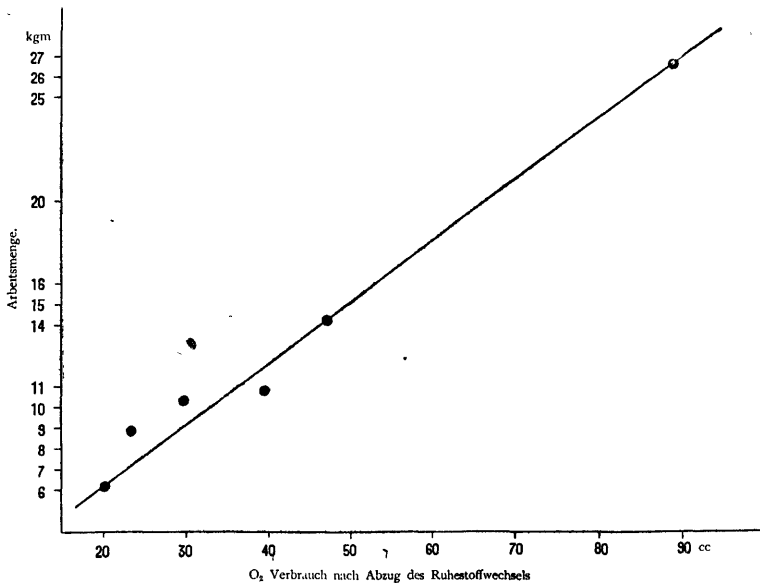
共運動各時期ヲ通ジテ常ニ安靜時ヨリモ上昇シテ居ル。而シテ No.1 デハ2分目、No.2 デハ10分目、No.3 デハ3分目、No.4 デハ3分目、No.5 デハ10分目、No.6 デハ3分目ニ夫々最高値ニ達シ以後ハ No.5 以外ハ漸次減少ヲ示シテ居ル。只 No.5 デハ動搖ガ強イ。

攣縮曲線高: No.3 デハ3分—8分半ニ於テ反ツテ運動開始當初ヨリ高クナツテ居ルガ、他ノ場合ニハ運動開始後漸次減ジ、殊ニ No.1, No.4 及ビ No.6 デハ急速ニ減少シテ後又漸次減少ヲ示ス。即チ疲勞ハ刺戟頻度ノ小サイ(78/分) No.3 及ビ No.5 デハ割合ニ遅イガ、ヤ、早イ刺戟頻度(117/分)ノ No.1, No.4 及ビ No.6 デハ早く現ハレル事ガ分ル。

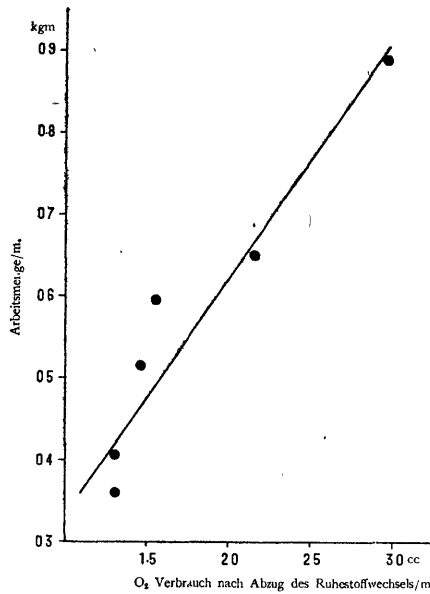
運動量ト O₂ 消費量トノ比較ハ、第7' 及ビ7'' 圖及ビ第2表ニ示ス如ク、運動量が大ナレバ運動時ノ安靜時ニ比較シテノ超過 O₂ 消費量モ大ニナリ、兩者ノ間ニハ大體平行的關係ガ認めラレル。

器械的効率: No.1 デハ 2.6%, No.2 デハ 1.8%, No.3 デハ 1.2%, No.5 デハ 2.0%, No.6 デハ 2.2%デアツタ。即チ斯クノ如ク効率が低イ

第 7 圖



第 7 圖



第 2 表

	Reizfrequenz α/m	Arbeits- dauer	O ₂ -Verbrauch nach Abzug des Ruhestoffwechsels cc	O ₂ -Verbrauch nach Abzug des Ruhestoffwechsels per min. cc/m	Arbeits- menge kgm	Arbeitsmenge per min kgm/m
No. 2	117	15'30"	20.25	1.31	6.265	0.404
No. 1	117	15'	23.27	1.55	8.926	0.595
No. 3	78	20'	28.98	1.45	10.33	0.516
No. 5	78	30'	39.27	1.31	10.831	0.360
No. 4	117	22'	47.02	2.14	14.331	0.651
No. 6	117	30'	88.9	2.96	26.727	0.891

ノハ負荷ガ小ナルト, 又疲勞ノ爲メト思ハル,

2. 坐骨神経刺戟ニ依ル運動ノ場合

坐骨神経ノ律動性單一刺戟ニ依リ, 後肢筋ニ律動性運動ヲ行ハシメタ時ノ變化ハ次ノ通りデアル。

實驗例 No. 1 家兎♂, 體重. 2.2kg, 5月16日, 室温 18°C, 氣壓 755mmHg.

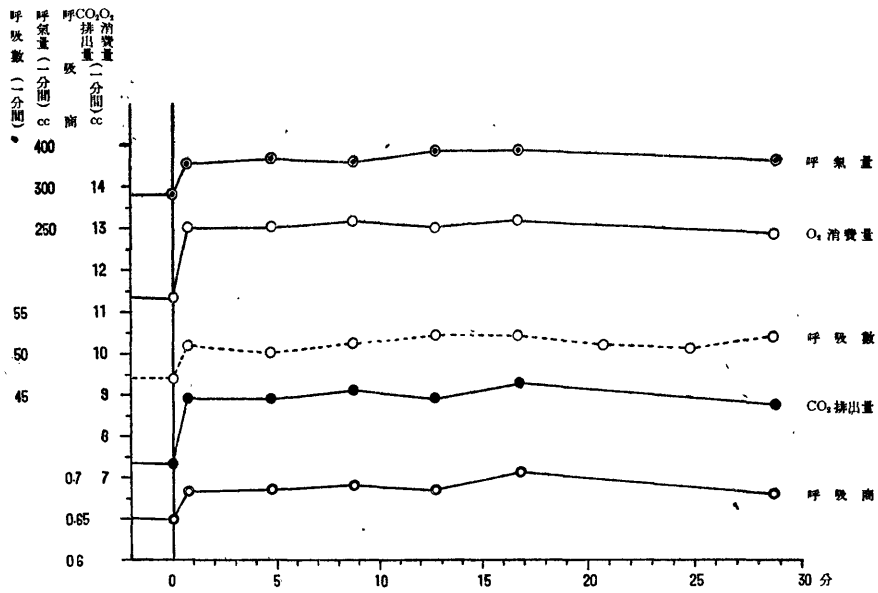
坐骨神経ヲ毎分 196 回ノ頻度デ30分間刺戟シタ. ソノ成績ハ第 8 圖ニ示ス通りデアル。

即チ先ヅ呼吸數ハ運動開始後 1 分半内ニ既ニ 51/分ニ増加シ, 以後運動持續中ハ殆ンド恒常デアルガ, 増加ノ程度ハ運動前ノ 47/分ニ比スレバ僅少デアル。

1 分間ノ呼氣量ハ運動開始後 1 分半内ニ安靜時ニ比シ 12% 増加シ, 以後次第ニ増加シ 12 分後ニハ最大 340 cc (安靜時ニ比シ増加約 19%) ニ達シ, 20 分—28 分ハ不明ナルモ 28 分以後ハ又減少ヲ認ム. 以上二量ノ比較ニ依リ 1 回呼氣量ハ 4 分目ニ最大ニ達シ, 以後略恒常ヲ續ケ 28 分目ニハ幾分減少シテ居ル。

O₂ 消費量ハ運動開始 1 分半内ニ 13.01cc (安靜時 11.29cc) ニ達シ以後運動持續中略恒常デアル. CO₂ 排出量モ O₂ ト同様ソノ増加値ヲ略恒常ニ保チ, 結局呼吸商モ運動持續中ヲ通ジ略恒常ノ増加値ヲ保チ得タ. 又特ニ 16 分—17 分半ニ最大ヲ示シタ。

第 8 圖

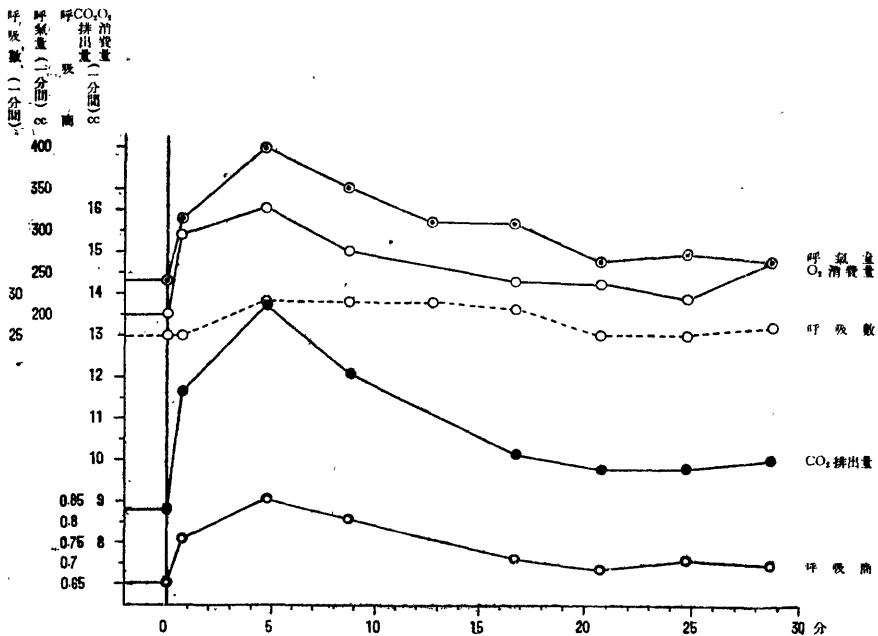


實驗例 No. 2 家兎♂, 體重 2.2kg, 6月3日, 室溫 18°C, 氣壓 757.7mmHg.
坐骨神經ヲ毎分 200 回ノ頻度デ刺戟シタ. ソノ成績

ハ第9圖ニ示ス通りデアル.

即チ先ツ呼吸数ハ運動開始後 1分半 マデハ變化ナク, 4分以後ニハ最大 29/分ニ 増加シ 17分マデ 恒常デ

第 9 圖



アルガ、以後減少シ安静時ト殆ソ等シイ。

1分間ノ呼氣量ハ運動開始後4分-5分半ニ最大399ccニ達シ(安静時ニ比シ増加65%)以後徐々ニ減ジテ居ル。以上二量ノ比較ニ依リ1回ノ呼氣量ハ4分-5分半ニ最大ニ増加シ、以後減ジ12分-25分マデハ略恒常デアアルガ、28分以後ハ又減ジテ居ル。

O₂消費量ハ運動開始後4分-5分半ニ最大ニ達シ、以後減ジ16分以後ハ略恒常デアアル。(24分-25分半ニ少シク減少シタガ)CO₂排出量モ略同様ニ變化シタ故呼吸商ハ上昇シテ居ルガ、特ニ4分-5分半ニ最大0.856ヲ示ス。

コノ例デハ1分間200回ノ速イ刺戟頻度デ後肢筋ノ

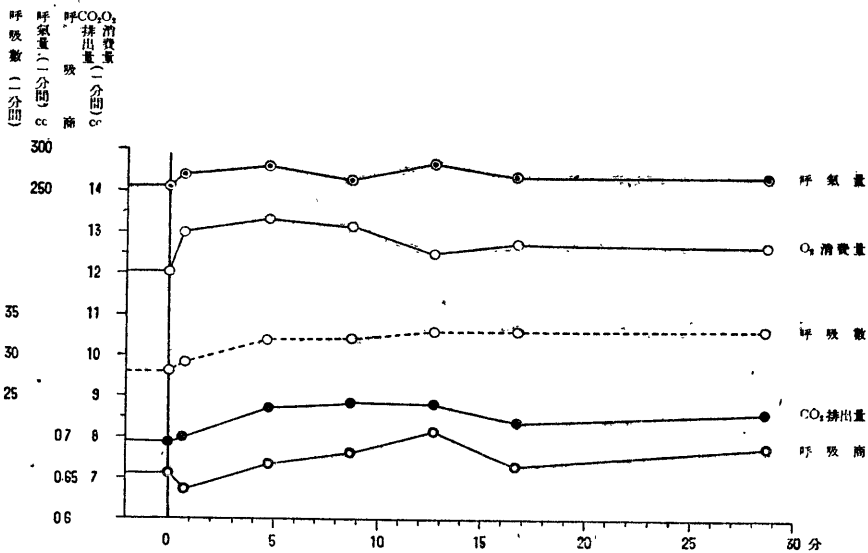
運動ヲ起シタ爲メ、運動ハ比較的速ヤカニ疲労ニ依リ衰ヘ行キ、左足ノ如キハ後ニハ運動ハ極メテ小サクナリ、ソノ爲メ運動開始初期ニ急速ニ増加シタ呼氣量、O₂消費量及ビCO₂排出量ハ次第ニ減ジタモノト思ハル。

實驗例 No. 3 家兎♂、體重 2.2kg、6月3日、室温 22°C、氣壓 756.3mmHg。

坐骨神経ヲ毎分200回ノ頻度デ30分間刺戟シタ。ソノ成績ハ第10圖ニ示ス通りデアアル。

即チ先ヅ呼吸數ハ運動開始後1分半マデハ大體變化ナク、4分以後32-33/分トナリ運動中コノ値ヲ保持シテ居ル。

第 1 0 圖



1分間ノ呼氣量ハ徐々ニ増加シ(8分目ニ一時減少シタガ)12分-13分半ニ於テ最大トナリ以後減少ス。以上二量ノ比較ニ依リ1回ノ呼氣量ハ運動開始後1分半内デハ増加シタガ、以後反ツテ安静時ヨリ減少シテ居ル。即チ1分間呼氣量ノ増加ハ運動開始1分半内デハ呼吸ノ深サノ増加ニ依リ、以後ハ呼吸數ノ増加ニ依リ生ジタ事ニナル。

O₂消費量ハ4分目ニ最大ニ達シ以後徐々ニ減ジテ居ル。CO₂排出量ハ運動開始後1分半内デハ安静時ト殆ソ大差ナカツタガ、以後増加シ4分以後ハ略恒常デアアル。(16分目ニ一時少シク減ジタガ)ソレ故呼吸商ハ運動開始後1分半内デハ一時減ジタガ4分以後ニハ

増加シテ居ル。然シソノ増加ハ極メテ僅少デアアル。

實驗例 No. 4 家兎♀、體重 2.55kg、5月20日、室温 14°C、氣壓 753mmHg。

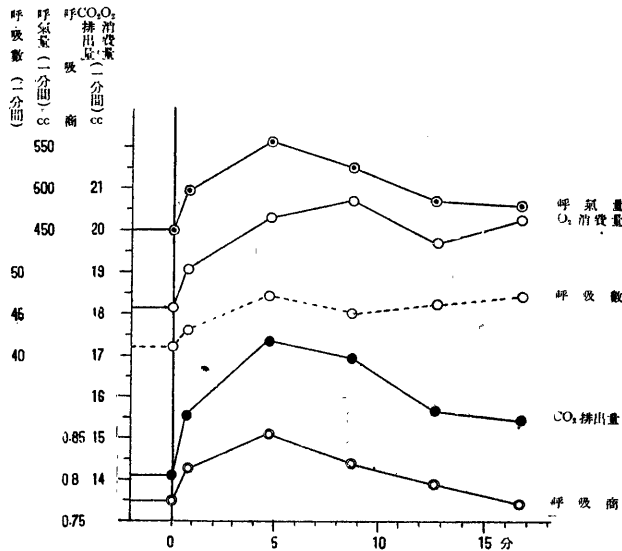
坐骨神経ヲ毎分196回ノ頻度デ刺戟シタ。ソノ成績ハ第11圖ニ示ス通りデアアル。

即チ先ヅ呼吸數ハ運動開始4分目ニ最大47/分ニ達シ以後運動持續中ハ略恒常ナルモ、然シ運動前ノ41/分ニ比スレバ増加ノ程度ハ僅少デアアル。

1分間ノ呼氣量ハ運動開始後4分-5分半ニ最大555ccニ達シ(安静時ニ比シ増加23%)以後徐々ニ減ジテ居ル。

以上二量ノ比較ニ依リ1回ノ呼氣量ハ4分-5分半

第 1 1 圖



＝最大＝増加シ、以後減ジ12分以後＝ハ安静時ヨリ少クナツテ居ルガ、呼吸數ノ増加ニ依リ1分間ノ呼氣量ハ反ツテ安静時ヨリ増加シテ居ル。

O₂消費量ハ運動開始ト共ニ次第ニ増加シ8分—9分半＝最大＝達シ、次イデ減少シテ居ル。CO₂排出量ハ4分—5分半＝最大＝達シ以後徐々ニ減少シテ居ルガ、特ニソノ減ジ方ハO₂ノ場合ヨリ急速ナ爲メ、呼吸商ハ4分—5分半最大ニ達シタ後ハ徐々ニ低下シ、16分目ニハ安静時ヨリ幾分低クナツテ居ル。

以上ノ總括

刺戟頻度ガ196~200/分ノ高頻度デアツタ爲メ、前ノ股神經刺戟ノ場合ヨリ幾分異ナツタ成績ノモノモ現ハレタ。

呼吸數：股神經刺戟ノ場合ヨリモ増加ガ速ヤカニ起リ、No.2デハ4分目デアルガ、No.1、No.3及ビNo.4デハ既ニ運動開始ト同時ニ増加ヲ示シテ居ル。又No.1デハ増加後ハ略恒常デアルガ、No.2デハ後半カラ減少ヲ示シ、No.3及ビNo.4ハ尙漸次増加ヲシタ。

1分間呼氣量：No.1デハ12分目、No.2、No.3及ビNo.4デハ4分目＝最高値＝達シ以後ハ減少ヲ示ス。又No.2ノ如キハ特ニ増加著シク4分—5分半ニハ安静時ノ65%モ増加シテ居ル。

而シテ股神經ノ場合ヨリモ刺戟頻度ガ大ナル爲メ早く疲労ガ起リ、爲メニ呼氣量モ股神經ノ時ニ比シ速ク減少シテ居ル。

1回呼氣量：No.3ノ4分以後及ビNo.4ノ12分以後＝於テハ安静時ヨリ少ク、コノ時期ニハ1分間ノ呼氣量ノ増加ハ主ニ呼吸數ノ増加ニ依ツテ居ル。而シテNo.3及ビNo.4ノ上記ノ時期以外並ビニNo.1及ビNo.2デハ、呼吸ノ深サト呼吸數ノ兩者共ニ増加シテ呼氣量ノ増加ヲ生ジタ。

O₂消費量：No.1及ビNo.4デハ8分目、No.2及ビNo.3デハ4分目＝夫々最大＝達シ以後ハ減少シテ居ル。而モNo.2及ビNo.3デハ減少ノ度ガ急デアル。

CO₂排出量：No.1デハ16分目、No.2及ビNo.4デハ4分目、No.3デハ8分目＝夫々最大＝達シ以後減少シテ居ルガ、No.2デハ最大＝達シテ以後ハ急速ニ減少シ、又No.4モ比較的急速ニ減少シテ行ク。

呼吸商：No.1デハ運動開始ト共ニ上昇シ、其後ハ16分—17分半ニ一時少ク上昇シタガ略恒常デアル。No.2デハ4分—5分半ニCO₂排

出量ガ特ニ多ク, 安靜時ノ55%モ増加シテ居ル爲メ呼吸商ハ以外ニ高クナリ, 安靜時ノ0.65ヨリ0.85ニ上昇シテ居ル. 而シテCO₂排出ガ急速ニ減ジタ爲メ呼吸商モ急速ニ減ジテ居ル. No.3デハ運動開始後1分半内デハCO₂排出量

ノ増加率ガ意外ニ小デアツタ爲メ, 一時的現象トシテ低下ヲ見タガ, 之モ次ノ時期カラハ上昇シ12分目ニハ最大ニ達シテ居ルガ, 上昇率ハ少ナカッタ. No.4デハ4分目ニ最大ニ達シ以後比較ノ急速ニ低下シタ.

V. 考 察

運動時肺ニ出入スル空氣ノ量ハ不隨意運動ノ場合デモ運動開始ト同時ニ増加スル. コノ呼吸氣量増加ハ普通ノ隨意運動ノ場合ニハ極メテ著明デアアルガ, 夫ニハ精神ノ影響ガ極メテ大キイ役割ヲナスモノデアツテ, 例ヘバ被檢者ガ激烈ナ仕事ヲ豫期セラレル時ハ, Ergometerニ負荷ヲ掛ケナクトモ既ニ呼吸氣量ノ大ナル増加ヲ來タス⁽⁴²⁾. 然ラバ不隨意運動デハ如何トイフニ, Geppert及ビZuntzハ「エーテル」麻醉犬ノ脊髓ヲIX肋骨ノ高サデ切斷シ, 此處ヲ刺戟シテ數分間強縮ヲ起サセ, 呼吸氣量ハ1.3~2.1倍増加シタ. 又家兎ノ脊髓ヲXII胸椎デ切斷シ, 同様強縮ヲ起サセタ時ニハ約2倍半ノ増加ヲ認メタ. 一方犬ニ意識ニ車ヲ引カセタ時ノ呼吸氣量ハ約3倍半モ増加スルヲ認メタ. 古寺ノ家兎ノ坐骨神經ヲ切斷シ, 感應電氣デ以テ180/分ノ頻度デ刺戟シタ成績デハ, 運動開始後0—2.5分ニ於テ13%~62%(或例デハ僅カ4%)2.5分—5分ニ於テ12%~80%(或例デハ僅カ3%)ノ増加ヲ認メテ居ル. 以上ノ成績ト著者ノ成績ヲ比較スルニ, 股神經刺戟ノ場合ハ最初ノ1分半分デハ7.5%~30%, 3分—5分デハ7.5%~28%, 坐骨神經刺戟ノ場合ハ1分半内デ10%~30%(No.3デハ特ニ小サク5.7%)4分—5分半デ9%~65%デアアル. 即チ犬ニ隨意運動ヲサセタ場合ハ不隨意運動ノ場合ヨリ大デアリ, 不隨意運動デモ強縮ノ場合ガ律動性運動ノ場合ヨリ大デアアルヲGeppert及ビZuntz, 古寺等ノ成績ヨリ認ム. 而シテ律動性運動ヲ起サセタ古寺ノ成績ヨリ著者ノ成績ハ幾分増加ノ程度ガ小サイガ, 之ハ古寺ト刺戟頻度ハ大體等シクトモ, 恐ラク古寺ノ場合刺戟強度ガ強クテ運動モ大キカツタ爲メデ

ハナカラウカト思ハレル. 又古寺デハ運動開始後2分半内ト2分半—5分ノ兩時期ニ於テ, 前半期ニ呼吸氣量ノ大ナルハ3例, 後半期ニ大ナルハ2例デアツタ. 即チ呼吸氣量ガ運動開始後直チニ最大ニ達スルモノト, 次第ニ達スルモノトガアルヲ認ム. 著者ノ成績モ略古寺ニ一致シテ居ル. サテ全運動持續中ヲ通ジテ見ルニ, 著者ノ成績デハ呼吸氣量ハ筋運動ト共ニ増加シ多少ノ變動ヲ伴ヒナガラ増加ノ値ヲ保持シ續ケルカ, 或ハ次第ニ減少シテ行ク. コノ減少ハ筋肉ノ疲勞ニ依ル運動ノ低下ニ依ルモノデアリ, 幾分ハ呼吸瓣ノ抵抗ニ依ル呼吸ノ低下モ之ニ關係スルモノデアラウ.

以上ノヨウニ不隨意運動ノ場合デモ呼吸氣量ガ増加スルガ, ソノ機構ニ就テハ種々議論サレテ來タ. 即チGeppert及ビZuntzハ1888年廣汎ナル研究業績ヲ發表シ, 運動時ノ呼吸ノ増加ハ呼吸中樞ト活動筋トノ神經ノ結合ニ依ル(Volkman)モノデモナク, 又運動ニ際シテノ體温上昇モ呼吸ノ大ナル増加ヲ惹起スルニハ餘リニ小サク, 且ツ呼吸ノ増加ガ著明ナルニ拘ラズ温度ノ上昇ガ全く見ラレヌ事ガアリ, 又温度ノ上昇ハ呼吸ノ増加ヨリ後レテ現ハレル事實ヨリ之ヲ否定シ, 又運動ニ際シ動脈血ノO₂含有量乏シクナリ呼吸中樞ガ刺戟サレルトイフ説(Rosenthal⁽⁴³⁾)ニハ, 自己ノ研究ノ結果ヨリO₂含有量ハ反ツテ増加スル事ヲ述ベテ否定シ(著者後述ノ實驗デハ必ズシモO₂含有量ハ増加スルトハ限ラヌ事ヲ認メタ.)又肺ニ於ケル迷走神經末端ガCO₂ニ依リ刺戟サレ呼吸ガ増加スル(Traube)トイフ事モ否定シ去リ, 結局彼等ハ筋運動ニ際シ生ズル代謝産物ガ血液ヘ移行シ

行き、直接呼吸中樞ヲ刺戟シ呼吸ガ強メラレ肺ノ換氣モ多クナルト結論シタガ、ソノ代謝産物ノ何タルカニ就テハ決定出來ナカツ。然シ最近ハ血液中ノ水素イオン濃度ノ増加ニ依ルトイフ事ニ落着イテ居ル。(著者後述ノ實驗デハ必ず運動ニ依リ血液水素イオン濃度ノ増加スルヲ認メタ。)

次ニ運動ニ際シテハ隨意、不隨意ヲ問ハズ、一定時間内ノ呼吸氣量ハ増加シ夫ト共ニ呼吸中ノ CO_2 含有率及ビ O_2 不足率ハ變化スル。人體ニ於テハ一般ニ運動ト共ニ之等ハ増加スル。即チ Katzenstein ハ歩行ニ際シ呼吸中 CO_2 含有率ハ安靜時 4.08% ダツタモノガ運動時 4.46%ニ、 O_2 不足率ハ 3.81% ヨリ 5.90%ニ、又 Zuntz ハ登山ニ際シ CO_2 含有率ハ 3.68% ヨリ 5.15%ニ、 O_2 不足率ハ 4.74% ヨリ 6.41%ヘト増加ヲ認メテ居ル。然シ乍ラ動物殊ニ犬ヤ馬デハ反對ノ報告ヲ見ル。即チ馬デハ Zuntz 及ビ Hagemann⁽⁴⁴⁾ニ依ルト運動時ニハ呼吸中 CO_2 含有率ハ減ジ、犬デモ Zuntz 及ビ Geppert ハ隨意運動時ニ呼吸中 CO_2 含有率及ビ O_2 不足率ノ減少ヲ認メテ居ル。他方同ジク Zuntz 及ビ Geppert ハ家兎ノ不隨意運動ニ於テ、呼吸中 CO_2 含有率及ビ O_2 不足率ハ安靜時ニ比シ何レモ減少ヲ認メテ居ル。即チ呼吸中 CO_2 含有率ハ安靜時 3.77% ヨリ強縮時 3.11%ニ、或ハ 3.83% ヨリ 3.15%ニ、 O_2 不足率ハ 4.23% ヨリ 3.60%ニ、或ハ 4.64% ヨリ 4.25%ニ減少シテ居ルガ、著者ノ場合ハ或時ハ増加、或時ハ減少シ一定ハシテ居ナイガ、多クノ場合増加シテ居リ、且ツ又運動中呼吸氣量ノ大ナル時期ニハ呼吸中ノ O_2 不足率及ビ CO_2 排出率ハ小トナツテ居ル。之ハ呼吸氣量ノ増加ノ程度ニ關係スルモノデアル。即チ増加ガ大ナレバ Zuntz 及ビ Geppert ノ様ニナリ、著者ノ場合増加ノ著大ナラヌ事ニ關係スル譯デアル。

次ニ O_2 消費量ニ就テハ Geppert 及ビ Zuntz ハ強縮時 36%~80%、隨意運動時ニハ實ニ 3 倍強ノ消費増加ヲ認メタ。古寺ハ運動開始後 2 分半内ニ 11%~26%、2 分半—5 分ニ 9%~39%

(低イ時ハ 4%)ノ消費増加ヲ認メタ。著者ハ股神經ノ場合 1 分半内デハ 11%~19% (1 例デハ特ニ低ク約 4%) 3 分—5 分デハ 8%~18%、坐骨神經刺戟時ハ 4%~15%ト 10%~19%デアアル。即チ Geppert 及ビ Zuntz ノ強縮時ニハ O_2 消費量モ大キイガ、律動性刺戟ノ時ニハ小サク、又著者ノ値ハ古寺ノ値ヨリ幾分小サイ。 CO_2 排出量ニ就テハ古寺ハ 0 分—2 分半ニ於テ 17%~61%、2 分半—5 分ニ於テ 14%~81%ノ増加ヲ、Geppert 及ビ Zuntz ハ強縮時ニハ犬デハ 19%~74%、家兎デハ實ニ約 2 倍半ノ増加ヲ認メタ。而シテ犬ノ隨意運動デハ 3 倍以上ノ増加ヲ認メタ。著者ノ場合ハ股神經刺戟時 1 分半内デハ 8%~26%、3 分—5 分デハ 12%~29%、坐骨神經刺戟時ハ 10%~32% (No.3 デハ例外的ニ低ク 0.65%)ト 11%~56%ノ増加デアアル。即チ CO_2 排出及ビ O_2 消費何レモ上述ノ如ク、隨意運動時ガ一番大デアリ、相當強イ運動デアアル強縮之ニ次ギ、運動ノ小ナル律動性運動時ニハ小サイ。又古寺トノ比較ニ於テ刺戟頻度ハ大體等シクトモ、著者ノ場合恐ラクソノ刺戟強度ガ弱イ爲メ運動モ小ナル爲メカ、 O_2 消費量及ビ CO_2 排出量モ増加ガ小サイ。

運動持續中ノ O_2 消費量及ビ CO_2 排出量ヲ見ルニ、運動開始ト共ニ急ニ増スガ最大ニ達シテカラハ漸次減少シテ居ル。之ハ疲勞ニ依ル運動ノ低下ノ爲メデアラウ。

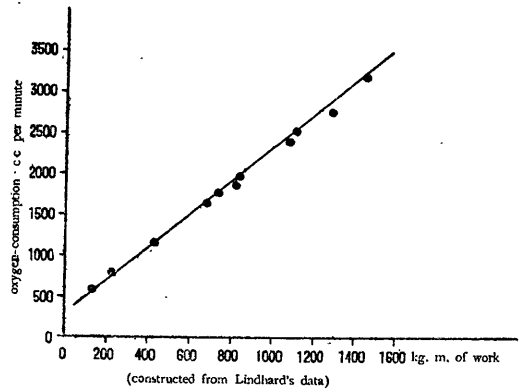
呼吸商ハ古寺ノ成績ハ著者ノモノヨリ遙カニソノ上昇ガ大デアアル。即チ安靜時 0.81ノモノガ運動開始後 5 分以内ニ 0.91ニ、又 0.67ヨリ 0.96ニ、或ハ 0.88ヨリ 1.10ニ上昇スルヲ認メタ。然シ 1 例デハ 0.7ヨリ 0.69ニ減ジタモノモ認メラレル。著者ノ場合古寺ノ如キ顯著ナ上昇ハ認メラレズ、ソノ増加モ股神經刺戟時最大 0.08 (0.706ヨリ 0.786ニ) 坐骨神經刺戟時 0.2 (0.65ヨリ 0.85ニ)ノ増加ヲ見タニ過ギナイ。然シ確カニ運動ニ依リ呼吸商ハ上昇スル。處デ呼吸商ガ運動開始ト同時ニ増加スル事ハ運動生理學上廣ク認メラレテ居ルガ、コノ現象ハ古來種々議論サレテ來タ。即チ Chauveau⁽⁴⁵⁾ハ 1896年コノ事實

ニ就テ『筋運動ハ含水炭素ノ燃燒ニ於テ完成サレル。』トイフ説ヲ立テタガ、夫ハ直チニ Zuntz⁽⁴³⁾ (1896)ニ依リ反駁サレタ。Zuntz 自身ハ『スベテノ榮養素ハ含水炭素ニ前以テ變ズル事ナク筋活動ニ對シ「エネルギー」ヲ供給出來ル。』ト述ベタ。然シ乍ラ又 A. V. Hill 及ビ Meyerhof⁽⁴⁵⁾ 等ハ『脂肪ハ含水炭素ノ源トナリ得ルグラウ。』ト説キ、1924年ニハ A. V. Hill ハ『筋ノ最初ノ燃料ハ含水炭素デアツテ、脂肪ハ體內ノ何處カニ於テ前以テ含水炭素ニ變ジテ後ニノミ筋ニ依リ利用サレルノデアル。』ト述ベタ。即チ呼吸商ガ運動ニ依リ上昇スルノハ、運動時筋肉内ニ貯ヘラレタ含水炭素ガ先取的ニ利用サレル爲メト思考サレル。

次ニ運動量ト O₂ 消費量トノ關係ニ就テハ、筋活動ニ伴ツテ O₂ 消費量ノ増加スル事ハ Lavoisier 以來明白ナル處デアツテ、1分間平均ノ O₂ 消費量ハ1分間平均ノ運動量ト密接ナ關係ガアリ、從ツテ運動時ノ O₂ 消費量ヲ以テ運動量ノ大サノ測定ニモ用ヒラレル位デアル⁽⁴⁷⁾⁽⁴⁸⁾⁽⁴⁹⁾。

Lindhard ハ第12圖ニ示ス如ク、運動量ト O₂ 消費量トノ關係ヲ示シテ居ルガ、著者ノ實驗ニ

第 1 2 圖



於テ種々ノ時間内ニナサレタ運動量ト、運動時ノ超過 O₂ 消費量トノ關係ヲ圖ニ示スト第7' 及ビ7'' 圖ノ如クナリ、不隨意運動ノ場合デモ隨意運動ノ場合ト同様、運動量ト O₂ 消費量トハ密接ナ關係ガアル事ガ分ル。

器械的効率ハ Fick ニ依レバ荷重ニ伴ヒ増加ノ傾向ガアル。而シテ著者ノ場合ニハ荷重ハ僅カ左右各々 49g デ小ナル爲メト、又疲勞ノ爲メトデ効率ハ極メテ小サカッタ。

IV. 結 論

中樞部トノ刺戟傳導ヲ斷ツタ運動神経ノ刺戟ニ依リ後肢ニ不隨意運動ヲ起サセテ瓦斯代謝ヲ研究シ、次ノ結果ヲ得タ。

- 1) 一定時間内ノ呼吸氣量ハ運動開始後速ヤカニ増加シ、其後ハ運動ノ低下ニ伴ツテ減少スルカ、或ハ略増加値ヲ保ツ。
- 2) 呼吸數ノ増加ハ著明デハナイガ認メラレル。然シ殆ソド増加ノ起ラヌ事モアル。
- 3) 呼氣中ノ CO₂ 排出率及ビ O₂ 不足率ハ安靜時ニ比シ高イ時モアリ、低イ時モアリ一定セズ。然シ多クノ場合高イ。
- 4) CO₂ 排出量ノ増加率ハ O₂ 消費量ノ増加率ヨリ大デアツテ、從ツテ呼吸商モ運動開始ニ伴ツテ上昇スル。

5) 運動量ト運動時ニ於ケル超過 O₂ 消費量トハ密接ナ關係ガアツテ、運動量大ナレバ超過 O₂ 消費量モ多イ。

(恩師上野先生ニハ 常日頃御慈愛深キ 御指導ト御鞭撻ヲ忝クシ且ツ又御校閱ノ煩勞ヲ賜フ。今茲ニ 拙筆ニ 臨ミ謹ンデ 瀆腔ノ 感謝ヲ捧ゲ奉ル。

又恩師谷野先生ニハ 研究ニ際シ種々御便宜ト御鞭撻ヲ忝クシ且ツ又御校閱ヲ賜フ。茲ニ 厚ク御禮申シ上ゲ奉ル。

最後ニ身ハ激務ニ携ハリナガラモ絶エズ 激勵シ 覆ケテ下サツタ 慈愛深キ 兄、而シテ終ニ天涯萬里異境ノ 荒野ニ 陣没シ去ツタ 軍醫ノ 兄上ニ、コノ一篇ヲ捧ゲ 衷心ヨリ 冥福ヲ 祈リ奉ル)。

文 獻

- 1) **Lavoisier, Seguin, Prout, Valentin, Vierordt, Scharling, Smith, Pettenkofer, Voit and Speck**: zit. nach Benedict and Cathcart: Muscular work 1913. 2) **Katzenstein**: Pflügers Arch. Bd. 49, S. 330, 1891. 3) **Leo Zuntz**: Pflügers Arch. Bd. 70, S. 346, 1898. 4) **Frentzel und Reach**: Pflügers Arch. Bd. 83, S. 477, 1901. 5) **Heinemann**: Pflügers Arch. Bd. 83, S. 441, 1901. 6) **Zuntz**: zit. nach Benedict and Cathcart: Muscular Work 1913. 7) **Gruben**: Z. Biol. Bd. 28, S. 466, 1891. 8) **Sonden and Tigerstedt**: Skand. Arch. Physiol. Bd. 6, S. I, 1895. 9) **Wolpert**: Arch. Hygiene Bd. 26, S. 68, 1896. 10) **Lindhard und Stenström**: Skand. Arch. Bd. 39, S. 1, 167, 1920. 11) **Lindhard und Liljestrand**: Skand. Arch. Bd. 39, S. 215, 1920. 12) **Hill, Long and Lupton**: Proc. Roy. Soc. Vol. 97, P. 84, 1925. 13) **Bock etc**: J. Physiol. Vol. 66, P. 136, 1928. 14) **Schneider**: Amer. J. Physiol. Vol. 91, P. 103, 1929. 15) **Herxheimer**: Z. klin. Med. Bd. 110, S. 1, 1929. 16) **Liebenow**: Z. exper. Med. Bd. 59, S. 49, 1928. 17) **Benedict**: Amer. J. Physiol. Vol. 84, P. 675, 1928. 18) **Hebestreit**: Pflügers Arch. Bd. 222, S. 738, 1929. 19) **田邊秀穂**: 労働科學研究, 5卷, 211頁, 昭3. 20) **小田俊郎**: 日本內科學會雜誌, 19卷, 617頁, 昭6及20卷, 677頁, 昭7. 21) **奥山美佐雄**: 労働科學研究, 10卷, 159頁及230頁, 昭8. 22) **柳沼三郎**: 労働科學研究, 11卷, 411頁, 昭9. 23) **奥山美佐雄**: 労働科學研究, 11卷, 431頁, 昭9. 24) **小笠原道生**: 體育研究, 2卷, 215頁, 昭9-10, 及23卷, 508頁, 昭10-11. 25) **古澤一夫**: Jap. J. med. Sci. III. Vol. 4, P. 88, 1936. 26) **白井伊三郎**: 體育研究, 6卷, 113頁, 昭13-14. 27) **古澤一夫**: 労働科學研究, 15卷, 36頁, 昭13. 28) **竹中繁雄**: 日本生理學雜誌, 4卷, 70頁, 昭14. 29) **矢崎定雄**: 日本循環器病學, 6卷, 167頁, 昭15. 30) **Geppert und Zuntz**: Pflügers Arch. Bd. 42. S. 189, 1888. 31) **Verzar**: J. Physiol. Vol. 44, P. 243, 1912. 32) **Johansson**: Skand. Arch. Physiol. Bd. 5, S. 20, 1895. 33) **K. Kodera**: Tohoku. J. exper. Med. Vol. 23, P. 298, 1934. 34) **金澤勳**: 日本消化機病學會雜誌, 21卷, 360頁, 大11. 35) **W. Krause**: Die Anatomie des Kaninchens. 36) **白井豹**: 醫學研究實驗動物ノ實際, 昭7. 37) **Haldane**: Methods of Air Analysis 1920. 38) **奥山美佐雄**: 労働科學研究, 9卷, 451頁, 昭7. 39) **吉岡昌治, 三浦勇三**: 労働科學研究, 5卷, 121頁, 昭3. 40) **石川知福**: 労働科學研究, 5卷, 127頁, 昭3. 41) **Sandiford and Boothby**: Laboratory manual of the technic of basal metabolic rate determination 1920. 42) **Krogh and Lindhard**: J. Physiol. Vol. 51, P. 182, 1917. 43) **Rosenthal**: Arch. Anat. u. Physiol. S. 456, 1864. 44) **Zuntz und Hagemann**: 吉田章信, 運動生理學ヨリ引用. 45) **Chauveau, A. V. Hill und Meyerhof**: zit. nach Rapport and Ralli: Amer. J. Physiol. Vol. 83, P. 450, 1927-28. 46) **N. Zuntz**: Arch. Physiol. Jg, S. 543, 1896. 47) **Boothby**: Amer. J. Physiol. Vol. 37, P. 383, 1915. 48) **Lindhard**: Pflügers Arch. Bd. 161, S. 195, 1915. 49) **Benedict and Cathcart**: Muscular Work 1913.