

# 酸素不足ノ呼吸機轉ニ及ボス影響

## 第7編 實驗成績總括

金澤醫科大學谷野内科教室(主任谷野教授)

高 橋 實

(昭和11年8月13日受附 特別掲載)

## 目 次

第1章 酸素不足ノ意義	第4章 酸素擴散恒數
第2章 瓦斯代謝	第5章 結 論
第3章 各臓器ニ於ケル組織呼吸	文 獻

## 第1章 酸素不足ノ意義

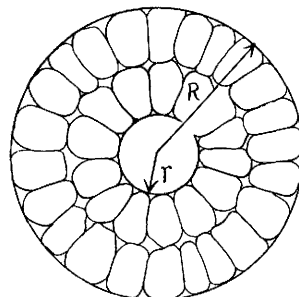
余ハ酸素不足ヲ起サシムル方法トシテ低壓空氣ヲ作用セシムルコトヲ利用シタノデアルガ酸素不足ト低壓其ノモノトハ異ナル所アルハ勿論デアル。亦其ノ低壓ノ程度ヲ示ス爲メニ其ノ低壓ノ相當スル山ノ高サヲ以テ示スコトヲ選ビタルモ低壓ト高山氣象ト異ナルハ此處ニ云フマデモナイコトデアル。

抑モ動物ガ酸素不足ノ状態ニアルト云フコトハ組織細胞ガ其ノ必要トスル酸素量ヲ得ラレナイト云フコトニ歸スル。從ツテ此ノ問題ヲ考察スルニ當ツテハ先ヅ生體內ニ於テ血液中ヨリ組織中ヘ如何ナル機序ニヨツテ酸素ガ供給セラル、カヲ知ラネバナラス。毛細血管ト末梢細胞トノ間ニ行ハル、酸素ノ擴散關係ハ既ニ Krogh ノ實驗ニヨツテ明カトナツテオル。中央ニ毛細管ノアル組織圓柱ヲ假定スルナラバ毛細血管内ニ必要ナル酸素壓ハ次ノ式ニヨツテ現シ得ルノデアル。

$$T = \frac{10^4 \cdot P}{d} \left( -\frac{1}{2} R^2 \cdot \log. \text{nat.} \frac{R}{r} - \frac{R^2 - r^2}{4} \right) + T_m \dots \dots (1)$$

(下圖参照)

- 1)  $P$  = 組織ノ酸素消費量
- 2)  $R$  = 呼吸ニ必要ナル酸素壓ヲ保チ得ル點ノ毛細管中心ヨリノ距離
- 3)  $r$  = 毛細管ノ半径
- 4)  $d$  = 組織ノ酸素擴散恒數
- 5)  $T_m$  = 組織細胞ノ酸素攝取ニ必要ナル酸素壓
- 6)  $T$  = 毛細血管内ノ酸素壓



上記諸因子ノ内何レカガ生體ニ不利ニ變化シタ場合ニハ其ノ變化シタ因子ノ恢復ヲ計ルカ

或ハ他ノ因子ニヨル代償ガナカツタナラバ上式ノ $R$ ノ値ガ小サクナラネバナナナイ。即チ $R$ ノ値ガ組織内ノ最モ末梢部ノ細胞ト毛細血管中心トノ距離ヨリモ小トナルカ、他ノ因子ガ代償ノ變化ヲ惹起スルカ或ハ之等二者共ニ招致セラレルカノ三種ノ場合ガ考ヘラレル。之等三者ノ何レノ状態モ皆酸素不足ノ状態デアルト云フコトガ出來ル。之ニヨツテ見レバ外界ノ酸素壓或ハ毛細血管内酸素壓ガ正常デアツテモ動物ハ酸素不足ノ状態ニ陥リ得ル理デアル。而シテ細胞ノ位置ガ毛細血管ヨリ遠ケレバ遠イ程又毛細管内血液ガ靜脈血ノ性質ヲ帶ビレバ帶ビル程其ノ細胞ガ酸素不足ニ陥ル危險ガ大ナルコトガ明カデアル。

組織ノ一部分ニ酸素供給ノ杜絶シタ部分ガ出來タト云フコトガ同一デアツテモ其ノ原因的因子ガ異ナルニ從ツテ生體反應ニ異ナル所ノアルノハ當然ノ事デアル。而シテ之等ノ因子ノ内何レカーツ或ハ數個ノ因子ニヨル酸素不足ヲ來セル場合ニハ其ノ生體ハ先ヅ其ノ障碍セラレタ因子ヲ恢復セシムルト同時ニ他ノ因子ノ合理的調節ニヨリ組織ノ各部分ニ平等ニ酸素供給ヲナシ得ルヤウニ努メルデアラウ。此ノ機能ヲ生體內酸素供給機能ノ代償機能或ハ補力ト言ハネバナラス。此ノ補力ニヨツテモ尙酸素供給ヲ見ザル部分ガアル場合ハ生體內酸素供給機能ノ代償不全 (Decompensation) ノ状態ニアルト云フ可キデアル。

余ノ試タヤウニ生體ニ低壓ヲ作用セシムル時ハ主トシテ毛細血管内ノ酸素壓即チ上式 $T$ ノ値ガ小トナルニ他ナラナイカラ之ヲ代償スルニハ先ヅ根本策トシテ

1. 毛細血管内ノ酸素壓減少ノ抑減ヲ計ラネバナナナイ。之ガ爲メニハ
  - a. 肺内酸素壓ノ増加
  - b. 血液内酸素含有量ノ増加
  - c. 血液循環速度ノ増加等ヲナサネバナナナイ。其ノ他
2. 組織内酸素消費量ノ減少
3. 組織内酸素擴散恒數ノ増加等ノ何レカノ方法ニヨツテ對應スル可能性ガアル。

此ノ如ク考ヘ來タレバ動物ノ種屬的個體の將亦臟器的ニモ上述諸因子ノ状態ニ差違アリ從ツテ酸素不足ニ對スル抵抗能力ニモ差違アルコトハ明カナコト、思ハレル。

## 第2章 瓦斯代謝

低壓ノ作用セシ場合ニ前章ニ記載シタ諸因子ノ内1ノa—cノ事項ニ就テノ研究ハ幾多ノ文獻ニ見ル所デ、其ノ實驗成績ハ概シテ上述セシ所ニ戻ル所ガナイガ2ニ關スル業績ハ極メテ少ク3ノ事項ニ關スル業績ニ至ツテハ皆無ト云ツテモ過言デナイ。又動物體內ニ於テ上述ノ或ルー因子ガ正常ニ比シテ如何ナル程度ニ差違ヲ生ゼシ時他ノ因子ニヨル代償ヲ必要トスルモノデアルカ、換言スレバ正常健康時ニ個體內ニ於テ $R$ ノ値ニ餘裕ヲ有スルヤ否ヤハ今日尙簡明セラレザル所デアル。

第1編ニ於テ余ハ生體全體トシテノ瓦斯代謝ニヨリ之ヲ窺ヒタルニ正常廿日鼠ニ於テハ1000米ノ高サニ相當スル低壓中ニ於テ一過性ニ瓦斯代謝ノ低下スルヲ確メタ。即チ1000米ノ高サニ相當スル低壓ニ於テモ既ニ代償ヲ必要トスル個體ノ存在スルコトガ明カデアル。此ノ

如ク組織ノ酸素消費量ヲ減少セシムルコトガ代償機能トシテ意義アルコトハ前章ニ記載シタ式(1)ニヨツテ明カデアル。之ニヨツテ正常白色廿日鼠ニ於テハRノ値ニ多クノ餘裕ナキモノト考ヘ得ルノデアル。此ノ酸素消費量ノ減少ニ對シテ代償的因子トシテノ意義ヲ初メテ付シタノハ Hennig ノ卓見デアル。氏ハ組織ノ一部分ニ酸素不足ノ部分ガ生ズルコトハ生體ニ對シテ甚ダ危険ナルコトデアツテ、カハル部分ヨリ呼吸調節中樞ヲ經テ他ノ組織部分ノ酸素消費量抑壓ガ行ハル、モノト考ヘタノデアル。

然シ今日マデノ實驗ニヨツテ外界ノ酸素分壓ガ低下スルニツレテ生體ハ痙攣ヲ起シテ窒息死ニ至ルマデ單位時間内ニ於ケル酸素消費量ガ漸次持續的ニ減少スルモノデアルコトハ既ニ明カニセラレテキル。然シ乍ラ代償不全ノ状態ニ於テモ酸素消費ガ減少セザルヲ得ナイノデアルカラ此ノ様ナ死ニ至ルマデノ持續的ナ酸素消費量ノ減少ヲ全部代償的減少ト見做スコトガ出來ナイコトハ明カデアツテ、其ノ何レノ程度マデガ代償的調節ニヨルモノデアルカハ未ダ容易ニ區別スルコトノ出來ナイ所デアル。

余ノ成績ニ於テ 2000m ノ高サニ相當スル低壓中ニ於テハ約3週間、4000m ノ高サニ相當スル低壓中ニ於テハ約5週間酸素消費量ノ遞減セルヲ認メタケレドモ之ハ所謂代償的減少ナルカ代償不全ノ爲メノ減少モ加ハレルカハ只個體ノ酸素消費量ノ測定ノミノ成績デ判斷スルコトガ出來ナイ。然シ少クトモ初期ニハ第3編ニ記述セシガ如ク酸素擴散恒數ノ低下ガ認メラレルカラ代償不完全ナルニヨル所大ナリト考ヘル。而シテ此ノ酸素消費量ノ恢復セシ時期ハ獨リ代償機能が完備セシ時期ノミヲ意味スルモノニ非ズシテ代償不全ノ時期ニ於ケル組織ノ蒙レル障碍ノ恢復ヲモ示スモノデアルト云ハネバナラス。何トナレバ代償機能が充分トナリテ初メテ組織障碍ノ原因ガ去リ而シテ後ニ組織自身ノ恢復ガ得ラレネバナラスカラデア

ル。

### 第3章 各臓器ニ於ケル組織呼吸

酸素不足ノ意義ハ既ニ第1章ニ述ベタ様ニ考フベキモノデアルガ生體內ニ於ケル各臓器ノ Krogh ノ式ニ於ケルRノ値ガ同一ナラザルコトハ想像スルニ困難デハナイ。各臓器ニ於ケル毛細管ノ分布、毛細血管内ノ酸素壓及ビ酸素含有量、殊ニ著シキハ組織ノ酸素消費量Pノ値ニ大ナル差違アルコトハ組織呼吸ニ關スル幾多ノ研索ニヨリ周知ノコトデアル。

故ニ余ノ實驗ニ於ケルガ如ク低壓ヲ作用セシメ、外界ヲ變化セシメタノミデ殊更ニ個々ノ臓器ニ違ナル處置ヲ施サナイ場合ニハ生體內ニ於ケル各臓器ガ一律ニ障碍セラル、モノデアルト考ヘルコトガ出來ナイ。殊ニ臓器ハ夫々生理的ニモ官能ヲ異ニスルノデアル。又障碍ノ性状ニヨツテ或ル臓器ハ特ニ勞役ヲ強ヒラル、ノデアル。例ヘバ低壓作用ニヨル酸素不足ノ場合ニハ心臓、呼吸筋、骨髓等ノ如キハ特ニ官能發揮ヲ強ヒラルノデアルカラ酸素消費量ニモ増加ヲ來ス可クシテ酸素消費量ノ調節的減少ニヨル代償ハ不合理ナルコトハ明カデアル。之ニ依ツテ見テモ個體ガ一樣ナル原因ニヨル酸素不足ノ状態ニ陥ツタ場合ト雖各臓器ニ於テハ障碍ノ輕重ハ勿論代償ノ機序サハ一樣ナルヲ得ザルハ明カデアル。此ノ推論ハ余ノ第2編

ニ於テナセル實驗ニヨツテ明カニ立證スルヲ得タト信ズル。即チ心臟ニ於テハ低壓作用ノ場合ハ初期ニ呼吸量ガ増加シ、横隔膜ニ於テハ觀察期間中終始呼吸量ガ増加シ、亦肺臟ノ如ク他動的ニ働クモノハ増加セズ寧ロ低下セルヲ認メタノデアル。其ノ他解糖作用ニ於テモ各獨自ノ變化ヲ示セルヲ認メタ。而シテ肝臟ニ於テハ低壓作用後ノ  $Q_{O_2}$  ガ概シテ變化ガナイケレドモ之ヲ以テ肝臟組織ガ酸素不足ニ遭遇シナイモノト判斷スルコトガ出來ナイ。何トナレバ他ノ物質代謝係數ガ大イニ變化ヲ示シテオルカラデアル。本編第1章ニモ述ベタ様ニ血管内ノ酸素壓ガ減ジタ場合デモ組織ニ一様ナ酸素不足ヲ來タシタモノト考ヘルコトハ出來ナイ。即チ毛細血管ヨリ遠イカ、肝臟ニ於テハ毛細血管ノ分布上小葉ノ中心部ニ近キ部分ニ酸素不足ガアツタノデ組織呼吸ノ物質代謝係數ノ變化ハ主トシテ其ノ部分ノ變化ト見做ス可キデアル。之ハ肝臟ニ於テハ初期ニ擴散恒數ノ減少セル點ニヨツテモ判ル。長ク組織ガ窒息状態ニアツタ場合ニ  $Q_{O_2}$  ガ減少スルモノデアルコトハ周知ノ事實デアルガ余ノ實驗ニ於テハ低壓動物ノ肝臟組織呼吸ガ略不變デアルカラ肝臟ニ於テハ低壓ノ爲メニ窒息ヲ來サナカツタ細胞ハ少クトモ酸素消費量ガ減少シテ居ナイコトガ容易ニ考ヘラレルノデアル。換言スレバ肝臟細胞ニ於テハ低壓作用後隣接ノ窒息細胞ニ對シテ冷淡ナラザルヲ得ナカツタモノト考ヘラレル。此ノ考察ハ一見 Hennig ノ說ヲ否定スル如ク觀ユルガ體液或ハ神經系統ヨリ分離シタ材料ニヨル實驗成績ヲ基礎トシテ生體全體トシテノ調節状態ヲ云々スル場合ニハ慎重ナル考慮ヲ要スルモノト思ハレル。余ノ第5及ビ6編ニ述ベタ Adrenalin ノ作用ノ如キハ寧ロ氏ノ見解ニ一致スルモノデアル。

#### 第4章 酸素擴散恒數

低壓ニヨル酸素不足ノ場合ニ於ケル先キニ記述セシ適應の諸因子ノ内第1及ビ第2因子ニ關シテハ今日マデノ業績ニヨツテ簡明セラレタ所ガ多イガ組織ノ酸素擴散恒數ノ態度ニ就テハ未ダ一打ノ斧鉞モ加ヘラレテ居ナイト云ハザルヲ得ナイ。余ハ此ノ方面ヲ窺知スルコトガ出來タ。

第3編ニ於テ所謂酸素供給機能代償不全状態ニアルト信ジ得ル時期即チ 2000m 及ビ 4000m ノ高サニ相當スル低壓作用後3日後ニ於テ及ビ 1000m ノ場合ニハ稍輕度ニ長ク肝臟ノ酸素擴散恒數ガ減少セルコトヲ證明スルコトガ出來タ。而シテ此ノ酸素擴散恒數ノ遞減スル原因ハ代償不全ノ時期ニ招來セラレル Acidosis ノ爲メデナイコトハ第4編ノ實驗ニヨツテ證明シタ。又酸素不足ノ場合ニ血中ヘノ遊出ガ増加スル所ノ Adrenalin ノ爲メデナイコトハ第5編及ビ第6編ニナセル實驗成績ニヨツテ證明スルコトガ出來タ。毛細血管内酸素壓ノ減少シタ場合ニ Adrenalin ノ作用ノ如キハ寧ロ對應的作用ト云フ可キモノト思ハレル。即チ余ノ實驗第6編ニ於テ證明シタヤウニ Adrenalin ハ肝臟ノ酸素消費量ヲ高メズシテ酸素擴散恒數ノミヲ高メ得ル機能ヲ有スル。前述シタ Krogh ノ式ヨリ見テ毛細血管内酸素壓ノ低下シタ場合ニカ、ル物質ノ出動ハ實ニ合理的デアル。余ハ此ノ Adrenalin ノ新シイ機能ヲ發見シタコトニヨツテ今日マデノ Adrenalin ガ瓦斯代謝ニ及ボス影響ニ關スル研究ニ於テ存在シタ論

争ノ解決ニ寄與シ得タト信ズル。

組織ノ一部分ニ酸素供給不全ノ存スルモノト考ヘル時、此ノ酸素供給ノ杜絶ハ生活細胞ニ對シテ甚大ナル障碍トナルハ論ズルマデモナク、該部分ノ組織ハ死滅スルカ甚シク退萎スルコトハ明カデアル。此ノ如ク障碍セラレタ細胞ガ混在スル爲メニ酸素擴散恒數ノ遞減スルモノト考ヘテ誤リ無キモノト信ズル。故ニ少クトモ肝臓ニ於テハ Adrenalin ノ游出増加ニモ拘ラズ尙代償不全ニシテ總體的ニ檢スル時酸素擴散恒數ヲ減ジタル結果ヲ示スモノト見做スヲ妥當ト思ハレル。即チ此ノ低壓作用後ニ於ケル酸素擴散恒數ノ減少ハ其ノ臓器ニ於ケル代償不全ノ存セシコトヲ證スルモノト考ヘ得ル。

今マデ記述シテ來タ所ニヨリ低壓作用後生體ノ瓦斯代謝ノ状態ニヨツテモ組織呼吸ノ状態ニヨツテモ代償不全ガアツタカ否カラ證明スルコトガ出來ナイ。之ガ證明ハ個體トシテ寧ロ血漿中ノ Adrenalin 様物質ノ出動ヲ檢スルコトニ可能性ガアツテ臓器的ニハ酸素擴散恒數ノ状態ヲ利用スルコトニ希望ヲ有スル。

## 第5章 結 論

余ノ第1編乃至第6編ニナシタル實驗成績ニヨリ次ノ結論ヲナシ得ルモノト思フ。

1. 生體ガ酸素供給不足ニ遭遇シタ場合ニ瓦斯代謝ノ遞減スルハ代償的調節或ハ之ト代償不全ヲ意味スルモノデアル。
2. 低壓ニヨル酸素不足ノ場合ニ生體內各臓器ニ於ケル障碍ハ一様ナラズ、且ツ低壓ニヨル酸素不足ニ對スル適應ニハ各臓器獨自ノ調節の機序ヲ選ブモノデアル。
3. 低壓ニヨル酸素不足ノ場合組織ヘノ酸素供給機能代償不全アリト思惟シ得ル時期ニ肝臓組織ノ酸素擴散恒數ハ遞減スル。
4. Acidosis ハ肝臓組織ノ酸素擴散恒數ヲ低下セシメズ。
5. 低壓ニヨル酸素不足ノ場合ニ血中ニ Adrenalin ノ游出スルハ Adrenalin ガ酸素消費量ヲ高ムルコトナクシテ組織ノ酸素擴散恒數ヲ充進セシムル特異ナル機能ヲ有スルコト、關係ガアルト認メ得ル。

終ニ臨ミ御指導並ニ御校閲ヲ賜リシ恩師谷野教授ニ謹ンデ感謝ノ意ヲ表ス。

## 文 獻

- 1) H. Hennig, Ueber Veraenderungen in der Grösse des Sauerstoffverbrauchs unter den Einfluss zunehmenden Sauerstoffmangels in der Atemluft. Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. S. 168, Bd. 95, 1935.
- 2) Krogh, Anatomie und Physiologie der Capillaren. Berlin Julius Springer. 1929, S. 224. Zit. nach Hennig.
- 3) 高橋實, 酸素不足ノ呼吸機轉ニ及ボス影響. 第1編, 低壓ノ瓦斯代謝ニ及ボス影響. 十全會雜誌, 第41卷, 第9號, 2694頁.
- 4) 同人, 酸素不足ノ呼吸機轉ニ及ボス影響. 第2編, 低壓ノ組織呼吸ニ及ボス影響. 十全會雜誌, 第41卷, 第9號, 2723頁.
- 5) 同人, 酸素

不足ノ呼吸機轉ニ及ボス影響。第3編，低壓ノ組織(肝臟)内酸素擴散速度ニ及ボス影響。十全會雜誌，第41卷，第9號，2758頁。 6) 同人，酸素不足ノ呼吸機轉ニ及ボス影響。第4編，Acidosisノ組織(肝臟)内酸素擴散速度ニ及ボス影響。十全會雜誌，第41卷，第9號，2784頁。 7) 同人，酸素不足ノ呼吸機轉ニ及ボス影響。第5編，低壓ノ血中 Adrenalinノ消長ニ及ボス影響。十全會雜誌，第41卷，第9號，2791頁。 8) 同人，酸素不足ノ呼吸機轉ニ及ボス影響。第6編，Adrenalinノ組織(肝臟)酸素擴散速度ニ及ボス影響。十全會雜誌，第41卷，第9號，2802頁。