

<綜說>

體溫調節의 生理

(第一回)

李 榮 韶

變溫動物과 恒溫動物

脊椎動物을 體溫調節의 見地에서 두 가지로 區別할 수 있다. 卽 冷血動物(變溫動物이라고도 한다)과 溫血動物(恒溫動物이라고도 한다)로 區別한다. 冷血動物은 生活환경의 溫度에 따라 直接 그 體溫이 變動하는 것이고 溫血動物은 生活환경의 溫도와 相關없이 體溫이 一定히 維持되는 動物이다. 哺乳動物과 鳥類는 溫血(恒血)動物에 屬하고 單動物은 冷血(變動)動物에 屬한다. 어떤 動物은 生活환경의 溫度가 自體에 適合할 경우에는 恒溫動物로서 그 體溫이 一定히 維持되고 反對로 環境의 溫度가 過度히 冷寒할 경우에는 變溫動物과 같이 體溫이 變動한다. 이런 動物은 寒冷에 忍耐하기 어려움에 이르러 冬眠을 하게 된다. 變溫動物들은 그 生活환경의 溫도와 大差없는 體溫을 가진다. 卽 周圍의 溫度가 네리면 體溫도 네리고 反對로 오르면 體溫이 오른다. 이런 動物, 例 개구리, 의 活動能力은 環境의 溫度에 따라 다르다. 겨울에는 깊은 冬眠을 하고 더운 氣候에는 더위를 避하여 진흙 속 깊이 숨기도 한다. 한편 哺乳動物과 鳥類는 環境의 溫度變化에 따르지 않고 體溫을 一定하게 維持하기 위하여 體溫調節裝置가 잘 發達되어 있다. 그런故로 溫血動物은 外部溫도의 障害를 받지 않고 正常的인 活動을 繼續할 수 있다. 進化의 見地에서 볼때 溫血動物은 冷血動物보담 進化한 것이다. 肉食動物은 草食動物에 比하여 高溫에 對한 調節能力이 크다. 그 까닭은 草食動物에서는 말(馬)을 除外하고는 移動할 수 있는 豫備水分을 가지지 않아 水分蒸發에 依하여 體溫을 喪失하기 보다 輻射와 傳導作用에 體溫損失을 依持하기 때문인 것 같다. 溫血動物과 冷血動物은 다만 體溫에서만 差異가 있는 것인지 또는 組織構造에서 內部的인 差異가 있는지 疑問이 많았다. Adolph氏는 이 疑問點을 溫血動物과 冷血動物에서 心搏動數, 呼吸數 및 酸素消費量을 比較하여, 알아보려고 研究하였다. Adolph氏에 따르면 恒溫維持現象은 動物體의

全般的인 生理機能에 依하여 이루어지는 것이지 身體의 一部分나 中樞神經의 作用만으로 이루어지는 것이 아니라고 한다.

體溫이 發生하는 場所

體細胞의 原形質에서 酸化作用이 이룩함으로써 熱이 發生한다. 筋肉이나 腺과 같은 活動的인 組織에서 주로 熱이 發生된다. 體組織의 많은 部分을 차지하는 筋肉이 熱發生의 가장 主된 部位이다. 事實上 實驗의 結果 筋肉運動을 하는 동안 體溫의 80%以上이 骨骼筋에서 生産된다. 또 休息中은 이 數字가 훨씬 低下한다. 肝은 큰 器官이고 活潑히 代謝機能을 하는 곳이기 때문에 筋肉의 다음가는 重要한 熱生産 部位이다.

體 溫

過去에는 주로 體溫의 恒常性에만 關心이 치우쳤고 體溫의 變動에 對하여는 너무나 無關心하였다. (Bazett). 例로서 皮膚를 循環하는 血液의 溫度는 20°C까지 變動할 수 있고, 四肢의 筋肉을 循環하는 血液은 休息할때와 運動할때 10°C 또는 그 以上 差異가 생긴다.

正常的直腸溫度

動物의 體溫은 普通 溫度計를 直腸으로 插入하여 測定한다. 直腸內溫度는 內部體溫의 좋은 表示가 된다. 身體의 어느 部位에서나 모도 溫度가 同一하거나 또 一定한 部位라 할지라도 언제나 溫度가 똑같은 것은 아니다. 卽 口內溫度는 낮고 體表面의 溫度는 直腸內보다가 훨씬 낮다. 第一表는 各種動物의 正常體溫을 記錄한 것이다. 이表의 數字로 보아 同一品種에서나 異品種자이에 體溫의 差異가 있는것과, 닭의 體溫이 높은 것을 알 수 있다. 이것은 鳥類에서 特徵的인 것이다.

第一表

直 腸 溫 度

動 物	溫 度				著 者
	平 均		範 圍		
馬 (♂)	華氏 99.7	攝氏 37.6	華氏 99.0—100.6	攝氏 37.2—38.1	Fontaine
馬 (♂)	100.0	37.8	99.1—100.8	37.3—38.2	Fontaine
肉用牛 (♀)	101.0	38.3	98.1—102.4	36.7—39.1	Hewitt
乳用牛 (♀)	101.0	38.6	100.4—102.8	38.0—39.3	Woolridge
緬 羊	102.3	39.1	100.9—103.8	38.3—39.9	Clawson
山 羊	103.8	39.9	101.7—105.3	38.7—40.7	Damant
돼 지	102.5	39.2	101.6—103.6	38.7—39.8	Palmer
개	102.0	38.9	100.2—103.8	37.9—39.9	Friedmam과 Bennet
고 양 이 (猫)	101.5	38.6	100.5—102.5	38.1—39.2	Hobday
토 끼	103.1	39.5	101.5—104.2	38.6—40.1	Frothingham과 minot
닭 (日 中)	107.1	41.7	105.0—109.4	40.6—43.0	Fronda

溫도의 減少(Gradients)

사람이나 動物에서 血液 組織 直腸의 順으로 溫度가 漸次 減少하고 體末端(表面)에 이르러 가장 낮다.

Kriss氏는 소(牛)의 直腸과 臍內 溫度를 研究한 結果 6乃至7인치의 깊이(深度)에서 溫度는 4乃至5인치의 깊이에서의 溫度보다 明白히 높다고 發表하였다. 소(♀)에서 直腸의 溫度가 4인치 깊이에서 100.5°F. 5인치에서 101.2°F. 6인치에서 101.4°F. 7인치에서 101.6°F가 되었다. 돼지의 直腸에서는 普通使用되는 臨床用 溫度計가 到達하는 點을 超過한 깊이에서 最高의 溫度를 測定할 수 있다. (Pullar氏)

개에서 血液과 組織의 溫도의 變動은 그림 1과 같다.

體溫의 一日中變動

動物의 體溫은 年齡 性 季節 測定時刻 環境의 溫度 運動, 採食, 消化, 飲水 등의 條件에 따라 變動한다. 一日 中에서도 體溫을 測定한 時刻에 따라 一定하지 않다. 이것을 Diurnal Variation(日中差)이라고 한다. 一日中 어느 時間에, 얼마나 溫度가 變動하느냐는 것은 動物의 種類에 따라 다르다. 사람에서는 초저녁에 가장 溫度가 높고 이른아침에 가장 낮다. Kriss氏에

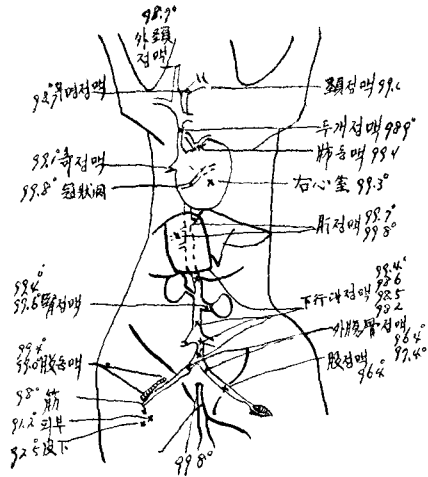


그림 1.

依하면 소(♀)에서 體溫이 아침부터 午後2時30분에 이르는 동안 變動이 없고 그後 5時까지 漸次로 上昇하는 傾向을 보였다. Gaalaas氏(1945)는 소(♀)에서 體溫이 季節이나 달(月)과는 關係없이 午前보다도 午後가 높다고 發表하였다. 저지種소(♀)의 平均體溫은 101.1±0.5°F(氣溫은 50~60°F, 濕度는 높을 경우)

닭(♀)에서 一日中 體溫의 變動은 그림2와 같다.

이 表에서 볼때 體溫은 어느程度, 氣溫에 關係하여 變動한다. 氣溫을 70°F로 保持하여 主면 一日中의 體溫變動이 크지 않다. (Wilson)

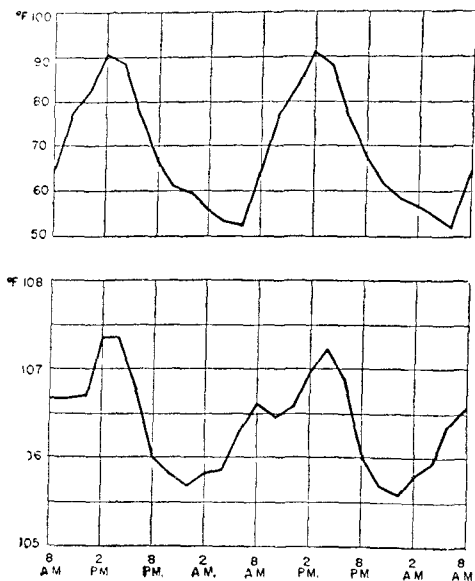


그림 2

說明

닭(♀)에서 一日中의 體溫變動(48時間) 體溫은 닭의 數로 平均한 것이다.

一日中 가장 더운 時間에 體溫이 가장 높다. 그러나 가장 低溫일 時間에 體溫이 最低가 되지는 않다.

高温에 對한 體溫調節

熱은 體內에서 이러나는 生理的酸化作用의 結果 끊임없이 發生한다. 따라서 한편에 끊임없이 熱을 放失하는 것도 있어야 할 것이다. 그렇지 않고는 體溫은 生命을 維持할 수 없을 程度로 높아질 것이다. 熱은 身體로부터 다음의 方法으로 放失되고 있다.

① 輻射, 傳導 및 對流 ② 皮膚과 氣道로부터 水分 蒸發 ③ 糞尿排泄 이 세가지 中 ①과②의 方法이 ③의 方法에 比하여 熱을 放失함에 重要한 것이다. 그리고 ①②가 效果를 發揮함에는 體內에 適當한 水分의 貯藏이 있어야 한다. 水分은 物理的인 作用으로 熱을 放失하게 된다. (Burbour)

熱의 복사(輻射), 傳導, 對流作用

복사作用이라는 것은 熱이 通過하는 空間을 加熱하

지 않고서 熱 에너지(energy)가 옮겨지는 것이다. 어떤 物體에 到達한 熱에너지의 波는 吸收되어 그 物體의 溫度가 上昇하는 結果가 된다. 傳導作用이라는 것은 熱의 에너지가 動物體를 構成하는 分子로부터 分子로 移動하는 것이다. 對流作用은 熱의 에너지가 氣體나 液體 등의 더운 物質이 循環함에 따라 移動하는 것이다. 正常條件 밑에서 身體부터 損失하는 熱량의 約 70%가 輻射, 傳導, 對流에 依하여 放失된다. 最近의 研究에 依하면 人體에서는 其中 60%가 輻射에 依하여 損失된다. 動物에서도 비슷할 것이다. 그러나 輻射, 傳導, 對流 때문에 損失하는 熱량은 外界의 溫度에 따라 다를 것이다. 萬一 外界와 身體의 溫度가 同一하다면 그 三作用은 이러나지 않을 것이고 外界의 溫度가 身體의 溫度보다도 높다면 外界의 溫度가 體溫을 높게 할 것이다. 그러나 이 경우에는 主로 水分의 蒸發(皮膚로부터 水分이 蒸發)때문에 體溫이 上昇하는 것을 防止한다.

即 外界의 溫度가 높아지더라도 體溫이 오르지 않은 까닭이다. 또 皮膚에서 이러나는 그 三作用外에 氣道에서 呼吸하는 空氣를 加溫함에 쓰이는 熱의 量(傳導作用)도 考慮할 問題이다. 그 量은 少量이고 개(犬)에서 皮膚面에서 이러나는 三作用的 3%量에 不過하다.

그 三作用으로서 放失하는 熱량은 主로 血管收縮運動에 따라 調節된다.

皮膚이나 粘膜面의 毛細血管이 弛緩한다면 많은 熱을 損失하고 이에 外界溫度가 낮으면 熱損失이 增大한다. 反對로 毛細血管이 縮少한다면 熱損失이 減少한다. 血管運動神經은 皮膚에 주는 溫冷의 刺戟 때문에 이러나는 反射作用이나 血液溫度의 些少한 變動일지라도 體溫調節 中樞에 주는 調節機能의 發動으로 作用을 하게 된다. 即 더운것(溫)은 毛細管에 對하여 反射作用으로나, 血液의 溫度가 上昇하여 溫中樞의 調節機能發動 때문에 毛細血管이 擴張하게 된다. 또 찬것(冷)도 反射의으로나, 中樞의 調節作用이 發動하여 毛細血管縮少가 이어난다. 또 新陳代謝가 充進하면 血液의 溫度가 上昇하고 血管이 擴張할 것이다. 外界의 溫度가 높으면 血液의 濃度を 희박하게 하여 稀釋 熱損失을 助長하고 溫度가 冷하면 濃厚하게 하여 熱을 貯藏한다. 어떤 動物에는 熱의 損失을 助長 또는 防止하기 爲하여 立毛筋運動神經을 通하여 毛髮의 운동이나 羽毛의 運動을 調節한다. 立毛筋이 收縮하여 < 4면에 계속 >

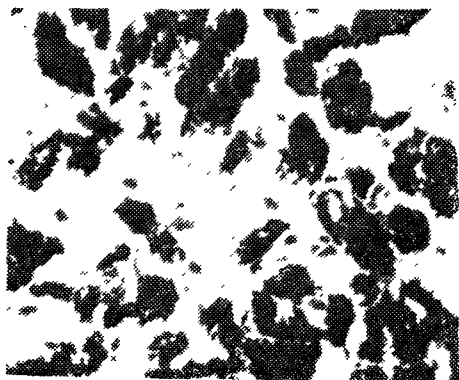


Fig. 4. Higher magnification of the Portion shown Fig. 3 Note black granular calcium salts in cardiac muscle. X 650 Von Kossa's stain.

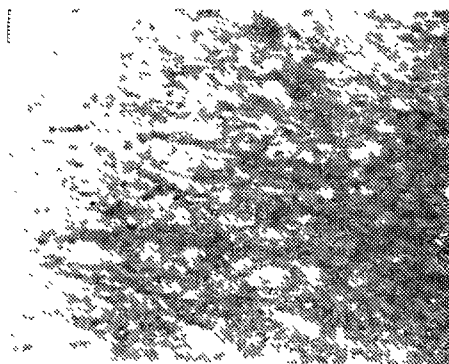


Fig. 5. Note status of spongiosus in medullary parts of folium of cerebellum. X 150. H & E stain.

< 7면에서 >

毛鬚이나 羽毛가 세워지면 身體의 表面에 體溫을 貯藏하는 두꺼운 層을 마련하게 된다. 反對로 毛鬚이나 羽毛가 세워지지 않으면 體溫을 잃게 된다. 家畜에서는 外界의 溫度가 上昇할 경우 氣道와 肺로부터 熱을 傳導하기 爲하여 呼吸數가 增加한다. 이것을 高熱性 多呼吸 heat polypnea이라 한다.

皮膚 및 肺로부터의 水分蒸發

水分蒸發은 身體를 冷却하는 좋은 方法이라 할 수 있다. 1g의 물이 蒸發함으로써 約 0.58大卡로리(Cal)의 熱이 身體로부터 損失된다. 大概 普通氣溫에서 休息動物이 生産하는 熱의 約25%가 皮膚와 氣道의 水分蒸發에 依하여 損失한다. 닭에서는 12~25%이고 平均 17%가 損失된다. 이와같은 現象은 汗腺의 發達이 貧弱한 動物(소)이나 汗腺이 없는 動物(토끼)이나 汗腺이 잘 發達된 사람이나 말에서 다같이 重要한 일이다. 그러나 外界 溫度가 높을 경우 汗腺이 發達된 動物에서 水分蒸發이 쉽고 體溫損失이 더욱 잘 된다. 개(犬)는 他動物에 比하여 氣道부터 大量의 水分이 蒸發한다.

이런 動物은 外界溫度가 높으면 多呼吸을 하고 따라서 水分蒸散量이 增加하기 때문에 血中 氣體成分에 까지 若干의 變動을 가져온다. 即 動脈血中の 炭酸가스의 含量이 顯著히 減少한다. 사람에서는 普通 氣溫에서 水分蒸散으로 잃은 總熱量의 約 60%는 皮膚로부터의 蒸散에 基因한다고 한다. 이와같은 不可視한 水分蒸散은 皮膚와 氣道에서 이어나고 基礎的條件下(休息狀態에서)에서는 比較的 一定하다.

그러나 外界의 溫度가 上昇하거나 皮膚의 血流가 增加하면 皮膚에서 蒸發作用이 增加할 것이다. 아마 體水分이 體表面으로 擴散하기 때문일 것이다. 動物中 개와 같은 種類에서는 外界의 溫度가 上昇하면 氣道 水分의 蒸散이 增加할 것이다. 이것은 氣道神經系의 調節下에 있고, 汗蒸發에 依한 水分損失은 汗腺을 支配하는 神經의 調節을 받고 있다.

排糞과 排尿

排泄物을 分泌, 排泄할 경우 少量이나 體溫을 損失한다.

(筆者=서울大農大獸醫學科教授)