

下

動物園與 野生動物醫學

Murray E. Fowler 主編

劉鴻道 主譯

嚴相近 主校



S858.9

2011

2



動物園與 野生動物醫學

Murray E. Fowler 主編

劉鴻道 主譯

嚴相近 主校



淑馨出版社

國家圖書館出版品預行編目資料

動物園與野生動物醫學／Murray E. Fowler主

編；劉鴻道主譯．-- 初版．-- 臺北市：淑
馨，民87

冊；公分

譯自：Zoo & wild animal medicine

ISBN 957-531-598-7（上冊：精裝）．-- ISBN
957-531-599-5（下冊：精裝）

1. 獸醫 2. 動物－醫療, 衛生方面

437.2

86015630

動物園與野生動物醫學(下冊)

主 編：Murray E. Fowler

主 譯：劉鴻道

主 校：嚴相近

出 版 者：淑馨出版社

發 行 人：陸又雄

地 址：台北市安和路2段65號2樓（日光大廈）

電 話：7039867・7006285・7080290

郵 撥：0534577～5 淑馨出版社

排 版：健弘電腦排版股份有限公司

印 刷：成陽印刷股份有限公司

法律顧問：蕭雄淋律師

登 記 證：新聞局局版台業字第2613號

出 版：1998年（民國87年）2月初版

1998年（民國87年）2月一刷

定 價：1200元

ISBN 957-531-599-5（精裝）

版權所有・翻印必究

目 錄

第四部分 各論：哺乳類動物

33. 動物園哺乳動物的營養原理.....	3
<i>Duane E. Ullrey · Mary E. Allen</i>	
34. 動物園動物的牙科術.....	23
<i>P. T. Robinson</i>	
35. 哺乳動物的蹄、趾甲和爪的疾病.....	39
<i>Murray E. Fowler</i>	
36. 單孔目動物和有袋目動物(單孔目和有袋目).....	47
介紹和識別.....	48
<i>E. P. Finnie</i>	
解剖.....	48
<i>E. P. Finnie</i>	
生理學.....	50
<i>T. J. Bergin</i>	
科學管理.....	53
<i>T. J. Bergin</i>	
單孔目動物和有袋目動物的營養和飼餵.....	57
<i>I. D. Hume</i>	
保定.....	62
<i>E. P. Finnie</i>	
細菌性疾病.....	63
<i>Ray Butler</i>	
病毒性疾病.....	68
<i>E. P. Finnie</i>	
寄生蟲病.....	69
<i>Ian Beveridge</i>	
臨床病理學.....	77
<i>E. P. Finnie</i>	
繁殖.....	80
<i>E. P. Finnie</i>	
37. 管齒目.....	83
<i>Robert A. Dieterich</i>	
38. 蹄兔(蹄兔目).....	87
<i>L. Griner</i>	
39. 食蟲目.....	93
<i>G. E. Cosgrove</i>	
40. 皮翼目.....	101

<i>Donald Lloyd Janssen</i>	
41. 鱗甲目.....	105
<i>Gary Kuehn</i>	
42. 貧齒目.....	109
<i>Barbara J. Divers</i>	
43. 蝙蝠(翼手目).....	119
介紹.....	120
<i>Denny G. Constantine</i>	
舊域果蝠.....	122
<i>Roger E. Carpenter</i>	
美洲葉鼻蝠.....	126
<i>John J. Rasweiler IV</i>	
吸血蝠.....	133
<i>William A. Wimsatt</i>	
食蟲蝠.....	139
<i>Denny G. Constantine</i>	
44. 靈長目.....	147
介紹和識別.....	148
<i>David P. Martin</i>	
生物學資料.....	149
<i>David P. Martin</i>	
科學管理.....	150
<i>David P. Martin</i>	
飼餵和營養.....	151
<i>David P. Martin</i>	
保定和控制.....	154
<i>David P. Martin</i>	
預防醫學.....	157
<i>David P. Martin</i>	
傳染病.....	159
<i>David P. Martin</i>	
非人靈長類動物的病毒病.....	163
<i>Janis E. Off-Joslin</i>	
各種各樣的疾病.....	188
<i>David P. Martin</i>	
寄生蟲病.....	190
<i>David P. Martin</i>	
繁殖和產科學.....	192

<i>David P. Martin</i>		
臨床病理學.....	195	
<i>W. Loeb</i>		
45.家兔、野兔和鼠兔（兔形目）.....	201	
<i>Dale L. Brooks</i>		
46.啮齒動物（啮齒目）.....	217	
<i>J. Derrell Clark · E. D. Olfert</i>		
47.海洋哺乳動物（鯨目，鱗腳目和海牛目）.....	239	
介紹和識別.....	240	
<i>J. R. Geraci</i>		
科學管理.....	246	
<i>J. R. Geraci</i>		
營養和營養性疾病.....	250	
<i>J. R. Geraci</i>		
捕捉，運輸，保定和做標記.....	255	
<i>L. Cornell</i>		
臨床技術.....	261	
<i>J. R. Geraci * J. Sweeney</i>		
傳染性疾病.....	268	
<i>J. Sweeney</i>		
寄生蟲學——首要的考慮.....	272	
<i>M. Dailey</i>		
寄生蟲病和非傳染性疾病的臨床考慮.....	276	
<i>J. Sweeney</i>		
繁殖.....	280	
<i>J. Sweeney</i>		
海洋哺乳動物的臨床病理學.....	282	
<i>W. Medway · J. R. Geraci</i>		
48.食肉動物（食肉目）.....	289	
食肉目.....	290	
<i>Murray E. Fowler</i>		
食肉動物的除臭.....	298	
<i>Murray E. Fowler</i>		
犬科.....	300	
<i>Philip K. Ensley</i>		
熊科.....	303	
<i>Murray E. Fowler</i>		
浣熊科.....	307	
<i>Kay G. Mehren</i>		
鼬科（海獺）.....	310	
<i>Thomas D. Williams</i>		
靈貓科.....	313	
<i>Terry Rettig · Barbara J. Divers</i>		
鼬狗科.....	318	
<i>Barbara J. Divers</i>		
貓科.....	321	
<i>Murray E. Fowler</i>		
新生兒科學和食肉動物的人工飼養.....	332	
<i>Jane E. Meier</i>		
圈養野生食肉動物的繁殖.....	341	
<i>S. W. J. Seager · C. N. Demorest</i>		
49.象（長鼻目）.....	367	
<i>Michael Schmidt</i>		
50.奇蹄類動物（奇蹄目）.....	409	
馬科.....	410	
<i>Lester Nelson</i>		
獐科.....	416	
<i>Gary Kuehn</i>		
犀牛科.....	420	
<i>Lester Nelson · Murray E. Fowler</i>		
51.偶蹄動物（偶蹄目）.....	427	
偶蹄動物的識別.....	428	
<i>William J. Boever</i>		
一般的飼養管理.....	428	
<i>William J. Boever</i>		
保定，控制和麻醉.....	430	
<i>William J. Boever</i>		
疾病介紹.....	439	
<i>William J. Boever</i>		
寄生蟲病.....	443	
<i>William J. Boever</i>		
非傳染性疾病.....	448	
<i>William J. Boever</i>		
豬超科.....	449	
<i>Murray E. Fowler * William J. Boever</i>		
河馬科（河馬）.....	452	
<i>David Taylor · Andrew Greenwood</i>		
駱駝科動物.....	455	
<i>Murray E. Fowler</i>		
麋鹿科（麋鹿）.....	467	
<i>William J. Boever</i>		
鹿科.....	468	
<i>Murray E. Fowler · William J. Boever</i>		
長頸鹿科（長頸鹿科和歐卡皮鹿）.....	473	
<i>Murray E. Fowler · William J. Boever</i>		
牛科動物，瞪羚，羚羊和牛.....	476	

<i>William J. Boever</i>	
叉角羚科.....	482
<i>William J. Boever</i>	
麝牛.....	482
<i>Robert A. Dieterich · Murray E. Fowler</i>	
綿羊和山羊.....	485
<i>Murray E. Fowler</i>	
外來有蹄獸新生幼獸的護理和人工飼養.....	486
<i>James Oosterhuis</i>	

各種偶蹄動物的血液學值和血液化學.....	490
<i>Hiram Kitchen</i>	
繁殖.....	501
<i>J. Haigh</i>	

第五部分 各論：無脊椎動物

52.無脊椎動物.....	521
---------------	-----

Fredric L. Frye

附錄.....	537
---------	-----

各論：哺乳類動物

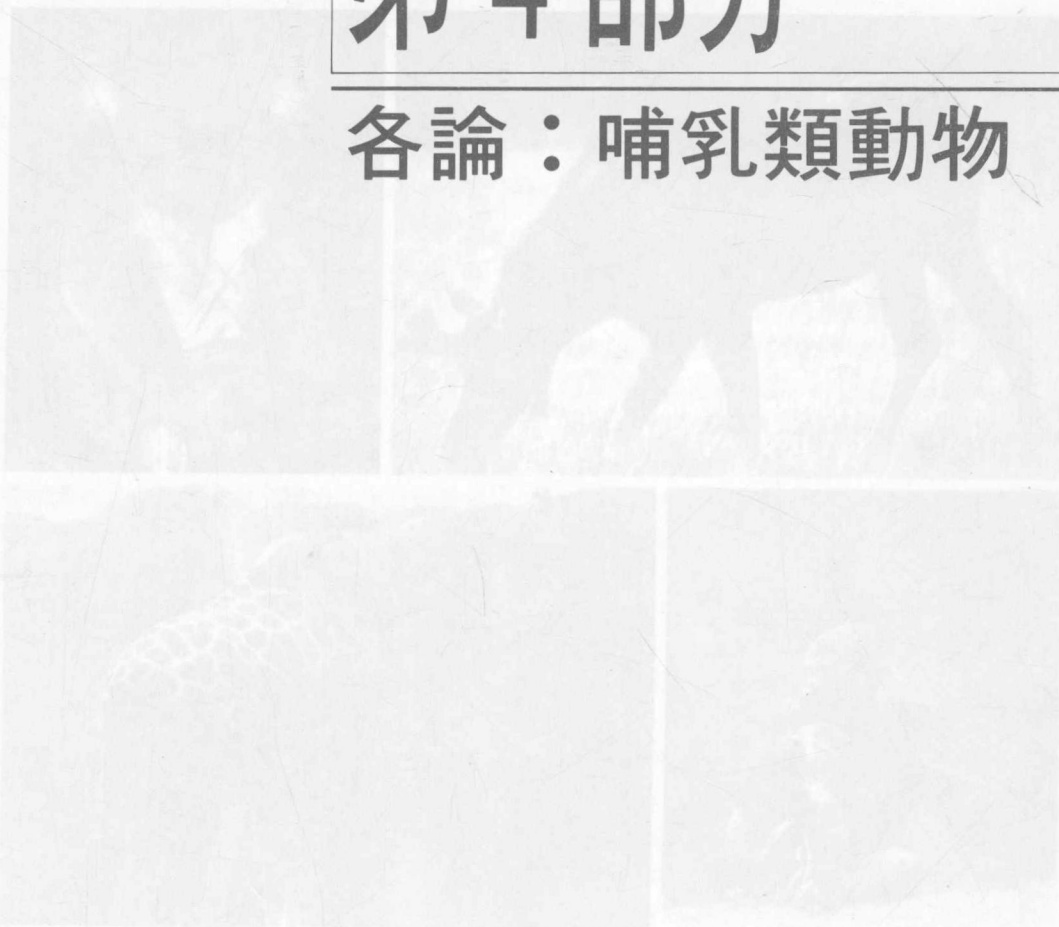
Duane E. Ullrey, Mary E. Allen

33

動物園哺乳動物的
營養原理

第4部分

各論：哺乳類動物

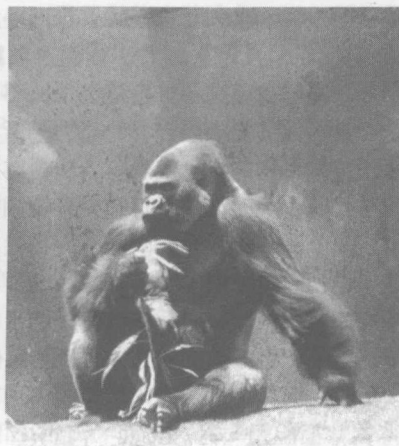
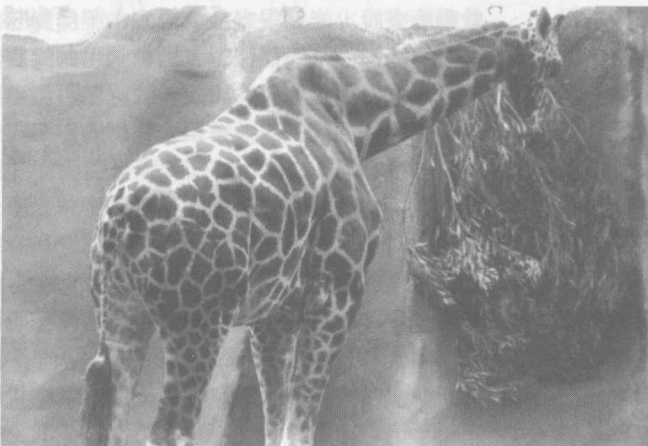


Duane E. Ullrey, Mary E. Allen

33

動物園哺乳動物的 營養原理

(劉鴻道譯，嚴相近校)



在餵養圈養環境中的野生動物時遇到以下一些情況。在數以百計的各種動物中，每一種都是經過數百萬年的進化，最後與特定的生態環境相適應的產物。為此需要區別對待，天然食物可以小到螞蟥，大到羚羊。嘴的結構從缺齒型到裂齒型各不相同。自然進食和覓食方式包括掘土、陸棲、樹棲和水棲等類型。胃可能是單胃也可能是四個胃。腸子可能是管狀的也可能是有一個起發酵作用的桶狀式盲腸。從表面看，這個問題似乎無法解決，而且肯定不容易解決。然而客觀實際要求人們盡可能對所有圈養動物進行恰當的科學餵養。如果要等到能與家養動物現存的飼養資料數據媲美的數據形成，那是不可能的。事實上，飼養家養動物的資料對野生動物的營養需求的估算是很有用的。

配製圈養野生動物食料應考慮以下因素：(1)野生時的食物習性，(2)口和胃腸的結構，(3)已知的相似種類動物的需求；(4)圈養動物的籠子或圍欄環境。有關自然食物的知識給我們提供了關於營養的攝入以及野外食料的某些種類的數量是高還是低的線索，這些有可能影響動物的嗜食、消化和新陳代謝。例如纖維或者次生植物代謝物^{24,73}。雖然口的形狀和胃腸道的結構與自然植物通常密切相關，⁸²但有趣的是大貓熊（*Ailurapoda melanoleuca*）卻是一個例外。¹³它長有一個像食肉動物一樣的下頷，它的牙齒更適合於壓碎食物而不是切斷食物，它不具有從側面磨碎食物的能力。所有這些是大貓熊的特徵。它的自然食物主要由含有大量纖維素的竹子組成，然而它的消化道是一種相當簡單的通道，因而限制了這種食物的發酵。在大多數情況下，嘴的結構，諸如唇的形狀及牙齒的排列有助於確定動物最容易攝取和咀嚼的食物類型。例如，黑犀牛（*Diceros bicornis*）長有一個能抓住食物的上唇，這種上唇是用於吃灌木嫩枝葉，由於缺少門牙使得食草很困難。另一方面，河馬（*Hippopotamus amphibius*）卻長有寬闊而筆直的嘴唇以及較鈍的牙齒，這些能有助於吃草。⁸野生動物的瘤胃、蜂巢胃表明野生動物定性的營養需求類似於牛或羊的需求，同時也表明具有重要的維生素 B 和維生素 K 的微生物合成。假如動物的消化道有一個容積大得足以供微生物發酵的盲腸和結腸，它的營養需求很可能類似於馬的營養需求。位於下消化道供微生物活動的容積有限的簡單的胃，類似於豬的胃。這樣，我們就可以根據已知的與野生動物在飲食習慣、胃腸結構及功能方面類似的家養動物的

營養需求來推斷出野生動物的營養需求。由於動物所處的空間大小將影響到它們對能量的需求，生長在這種環境中的食物種類將會影響動物對補充食物的需要。

營養需求

所有脊椎動物組織的基本營養需求似乎是差不多的。不管是在食物中提供，還是由胃腸道中的微生物產生，大約有 50 種所需項目的營養必須從消化道吸收，因為它們根本不能合成也不能在本身的組織中快速合成。這種營養物一般分為六大類：水、碳水化合物、脂肪、蛋白質和氨基酸、礦物質和維生素。

水

這種營養物常常被忽視，因為它能輕而易舉地、廉價地提供給圈養的動物。對某些適應乾旱環境的動物來說，可能沒有必要來供應飲用水。⁷⁵的確，正如 Prentiss 和他的同事們在研究中顯示的那樣，給貓供應一頓由肉和魚組成的午餐，但不供應水，它也能順利地吃下去。⁶³然而，對於大多數動物來說，能夠很容易就得到水不反對它們本身是必要的，而且還能保證它們攝入足夠的食物中的乾物質。對於這些動物來說，缺乏水可能會影響其他營養物質的消耗，並會損害它們的作用。

動物體內水分的比例隨著年齡而變化。^{41,80}在新生的哺乳動物或者剛孵出的鳥中，水分大約占體重的 70 ~ 85 %。在成年動物中，水的濃度在 40 ~ 70 % 之間不等，與體內脂肪含量的關係相反。如果把脂肪排除在計算之外，成年動物的身體中含有大約 70 ~ 75 % 的水分。這些水分中的大部分，大約 40 % 位於細胞中。從含有水的胃腸道結構看，身體水分的大約 10 ~ 30 % 在消化道之中。剩下的水分位於細胞外的腔隙中。

水的來源包括飲水。食物中的水，從身體組織的分解代謝中釋放出來的預先形成的水，從由氨基酸合成肽這樣的聚合作用來的水，以及由有機營養物的氧化作用產生的代謝水。後者可能占某些種類動物在某些時候對水需求量的 10 % 或者更多一些。有代表性的是 100 克的蛋白質，碳水化合物或脂肪的氧化分別產生 42，60 或 108 克的代謝水。

³⁴

水以尿、糞便和奶的形式喪失，同時也從肺和

通過皮膚蒸發從體內喪失。通過喘氣和出汗的方法蒸發冷卻也導致水分喪失。在有些動物中觀察到過多的流口水也導致水分的喪失。^{27,75}

在飲水的動物中，水的攝入似乎是由對口腔中的滲透感器起反應作用的感覺機理調節的。這樣是爲了減少唾液的流量和血漿的容量以及身體組織脫水。假如這類動物並不熱得渴不可支，通常水的攝入量比乾物質的攝入量多 2 ~ 3 倍。³² 泌乳，炎熱的天氣或者過度勞累可能將水的消耗量增加到乾物質攝入量的 4 倍或者更多。

一些自由遷移的動物，諸如袋鼠、地松鼠、岩袋鼠、叢尾鼬、考拉、聊狐、獺豬、叉角羚、巨羚、瞪羚、劍羚以及各種食肉、食蟲的哺乳動物和鳥，可以從預先形成的和代謝的水中滿足它們的需要。²⁰ 可是，在圈養的情況下，供選擇的食物種類有限，環境又受到限制。如果沒有液態水，那麼要完成這些動物生存所必須的行爲和生理調節也就不可能。有些在本地環境中不飲水的沙漠啮齒類動物，在圈養環境中形成了飲水的嗜好，這種嗜好必須保持下去，否則死亡會接踵而來。⁴

碳水化合物

在圈養動物的大多數食物中碳水化合物在數量上是最重要的能量來源。這對於食草動物來說在食物中是可以指望得到的，因爲大多數植物含有大量的纖維素，半纖維素，澱粉和糖。這樣吃植物的動物定期攝入大量的結構碳水化合物（纖維素和半纖維素）或者貯存碳水化合物（澱粉和糖），它們可能通過在瘤胃和其它發酵腔中的胃腸道的微生物發酵變成產生能量的易揮發的脂肪酸。起源於雜食動物的胰腺或腸組織中的酶可能將儲存的碳水化合物降格變爲能被吸收和代謝的諸如葡萄糖這樣的單糖。與食草和雜食動物相反，野生的食肉動物從它們獵物中的蛋白質和脂肪的水解消化作用中獲取大部分能量。可是在圈養中，由於節約的原因，用於像獅和澳洲野犬這樣的食肉動物的食物通常含有相當數量的穀類澱粉。當這種澱粉在加工期間部分轉變成糊精時，就完全能被食肉動物利用來作爲能量的來源。

假如存在像甘油或生成葡萄糖的氨基酸這樣的葡萄糖前體，碳水化合物似乎不是食物的必要成分（像礦物質和纖維素那樣）。使用這些酶解物，肝臟能合成葡萄糖。紅細胞和腎臟的髓質需要葡萄糖，就像中樞神經系統需要葡萄糖一樣，但是後者在

某種程度上能利用酮體。葡萄糖是在厭氧條件下能作爲所有組織的唯一的潛在的能量來源，但如果存在氧氣，骨骼肌和心肌能利用像脂肪和酮體這樣的其它能源。然而不使用含有碳水化合物的成分來配製動物的食物將是很困難的，並且是很昂貴的。實驗已經表明用無碳水化合物的食物飼餵的年幼的老鼠，體重增加緩慢。⁴² 另外 Romsos 和他的同事們已經證明當食料有一些碳水化合物時用一種半純化的食料餵養狗，它就能更好地泌乳。⁷²

在自然界中，發現的碳水化合物在表 33 - 1 中表示。它們中的大多數由植物合成，但是糖原是一種動物起源的碳水化合物。它在保持葡萄糖的體內平衡中起重要的作用，並在勞累過度期間起着能量儲備的作用。當孟加拉虎追捕一頭斑鹿時，無論對虎還是鹿這都特別有用。但是當獵物被捕捉到時，大部分儲備的能量會被消耗掉。虎很少通過由鹿的組織合成的糖原中直接獲益。

碳水化合物的消化是隨著胃腸的結構而變化，譬如具有胃前發酵作用的動物把它們食物中的碳水化合物轉化或像乙酸、丙酸和丁酸這樣的揮發性的脂肪酸。這主要通過厭氧菌來完成。沒有被微生物發酵的食物中的碳水化合物在小腸中被消化，就像碳水化合物在單胃動物中被消化一樣。所涉及的酶及酶的起源，酶解物，以及最終產物在表 33 - 2 中表示。應該指出家牛小腸中的蔗糖酶的活性水平很低，⁹⁰ 許多新生的哺乳動物也是如此。³⁰ 這對於成年反芻動物配製食料來說實際意義就有限了。因爲在瘤胃蜂巢胃中的細菌會發酵蔗糖。然而適用於年幼反芻動物或其它新生哺乳動物的食料應含有葡萄糖而不是蔗糖。加糖的濃縮牛奶（含有蔗糖）用來配製未滿周歲的幼畜的食料，無疑是禁忌的。

大多數但不是所有哺乳動物的奶都含有乳糖。²⁸ 然而當吃奶的哺乳動物開始吃固體食物時，小腸乳糖酶的活性就下降，在已經斷奶動物的飲食中突然加進乳糖可能引起腹瀉，據認爲有些成爲孤兒的有袋目動物在用牛奶餵養時發生白內障，⁸¹ 這類動物無法忍受半乳糖。可是 Messer 和 Green 已經證明不但灰臉袋鼠（*Macropus engenii*）奶中糖的半乳糖含量非常高，⁴⁰ 而且這種動物有這種糖代謝所必需的酶。⁸⁹

具有胃發酵的動物把有些在小腸中沒有被降解的碳水化合物通過盲腸和結腸中的微生物的作用轉變成揮發性脂肪酸。有些結構碳水化合物可能完全沒有被降解，特別假如和木質素複合以及和木質素

表 33 — 1 在自然界發現的碳水化合物

種類	單糖	分布
單糖		
戊糖 ($C_5H_{10}O_5$)		
阿拉伯糖	—	果膠, 阿拉伯聚糖 (玉米穗軸, 木材)
木糖	—	木聚糖
核糖	—	核酸
己糖 ($C_6H_{12}O_6$)		
葡萄糖	—	澱粉、蔗糖、纖維素
果糖	—	蔗糖
半乳糖	—	乳糖
甘露糖	—	甘露糖
二糖 ($C_{12}H_{22}O_{11}$)		
蔗糖	葡萄糖和果糖	糖甘蔗、糖甜菜
麥芽糖	葡萄糖和葡萄糖 (α -配糖體)	澱粉
乳糖	葡萄糖和半乳糖	牛奶
纖維二糖	葡萄糖和葡萄糖 (β -配糖體)	纖維素
三糖 ($C_{18}H_{32}O_{16}$)		
蜜三糖	葡萄糖, 果糖和半乳糖	棉籽, 糖甜菜
多糖		
戊聚糖 ($C_5H_8O_4$) ₁₁		
阿拉伯聚糖	阿拉伯糖	果膠
木聚糖	木糖	玉米穗軸, 木材
己聚糖 ($C_6H_{10}O_5$) ₁₁		
澱粉	葡萄糖	種子, 塊莖
糊精	葡萄糖	澱粉的部分水解產物
纖維素	葡萄糖	植物細胞壁
旋覆花素	果糖	塊莖
混合的戊聚糖和己聚糖		
半纖維素	戊糖和己糖	植物細胞壁
果膠	戊糖和己糖	水果
樹膠	戊糖和己糖	植物細胞壁

表 33 — 2 在單一胃腔動物中的哺乳動物的碳水化合物

酶	起端	基質	終端產物
澱粉酶	唾液腺	澱粉, 糊精	糊精, 麥芽糖
澱粉酶	胰腺	澱粉, 糊精	糊精, 麥芽糖
麥芽糖酶	小腸	麥芽糖	葡萄糖
乳糖酶	小腸	乳糖	葡萄糖和半乳糖
蔗糖酶	小腸	蔗糖	葡萄糖和果糖

一起時，它們形成了糞便中不易消化的殘渣。當食糧中含有非常成熟的乾草或完整穀粒時，這種殘渣在斑馬或大象的糞便中有時看得很清楚。當食糧中的碳水化合物難以消化時，這樣的殘渣體積會更大。但是，全部消化碳水化合物似乎不令人滿意。假如不易消化的纖維素殘渣太少，消化障礙可能包括急腹痛和腹瀉。具有胃前發酵作用的動物也會因不易消化的纖維素的不足而感到不適。纖維素少的高度濃縮的食物加快了消化物通過消化道的運動。微生物的迅速發酵促進了氣體的蓄積和膨脹。瘤胃蜂巢胃的 pH 下降，有利於細菌產生乳酸鹽，D-乳酸鹽的蓄積（代謝作用緩慢的）可能促使一種全身性的酸中毒。具有四室胃的疣猴和葉猴也需要

食物中的纖維素以便胃前發酵腔進行適當的發酵。雖然適合於這些種類動物的飲食纖維素的水平還沒有確定，但是纖維素的來源可能很重要。Ensley 和他的同事們已經指出當用包含刺槐葉的一種食糧飼餵一羣圈養的葉猴時，有時葉猴發生消化障礙並隨後死亡。¹⁴ 胃腸道被不易消化的刺槐纖維形成的繩索樣的條狀物所塞滿。Holadik 聲稱，根據在斯里蘭卡的野外研究，紫臉葉猴（*Presbytis senex*）和印度葉猴（*Pentellus*）在它們選擇的樹葉、花和水果的比例上是不同的。²⁷ 在活動範圍不固定的黑白疣猴（*Colobus guereza*）和紅疣猴（*C.badius*）中已經觀察到相似的差異。⁵⁷ 這些不同的覓食技巧以及被 Ensley 和他的同事們觀

察到的資料已經表明這些獨特而特殊的靈長類動物在食糧中對纖維素的需求是定量的和定性的。

用於確定動物飼養特性的碳水化合物化合物的分析涉及到測定結構碳水化合物和木質素的數量，以及通過在化驗食糧中的其它成分（水、粗蛋白、乙醚提取物、粗纖維和灰分）之後，測定出殘留食物的數量來估算出碳水化合物的貯存量。旨在包括對纖維素、半纖維素和木質素的粗纖維的測定會摻入一些人為因素。這種測定往往低估了高纖維飼料的纖維素含量，這是因為有些半纖維素和木質素在測定期間喪失了。由 Goering 和 Van Soest 設計的分析淨化系統具有較為精確地表明高纖維飼料的纖維構成成分的特性，但是因為有過濾上的困難，可能會對低纖維飼料中的纖維素估計過高。²¹ 不過，Van Soest 設計的系統已經被廣泛地採用（除制訂規章制度的機構外），分析系統如圖 33-1 所示，纖維素和半纖維素在內臟中只能通過厭氧微生物降解，木質素基本上是不消化的，澱粉和糖或者能

被內源的酶消化或者能被內臟的微植物區系和動物區系發酵。

脂肪

脂肪是供許多雜食動物和食肉動物提高食物適口性的能量密集型物質。如果選擇得當，它可以提供重要的脂肪酸（亞油酸和花生四烯酸）。大多數脂肪可代謝的能量濃度比蛋白質或碳水化合物的能量濃度高 2.25 倍或更高。這樣，由於食肉動物（和其它動物）往往消耗與它們的能量需要相關的食物，一頭食肉動物每天吃的含脂肪量多的食物數量要少於含脂肪量少的食物。因為前者只要少量就能滿足動物每天的能量需要。這種說法假設脂肪含量高的和含量低的飲食在適口性上是相似的，但是事實可能並非如此。假如脂肪含量高的食物動物非常喜歡吃，而且提供的數量又不認真地加以控制，那麼被圈養的食肉動物過多地攝入可能導致過度肥胖。這個問題由於圈養動物活動的機會很有限而又

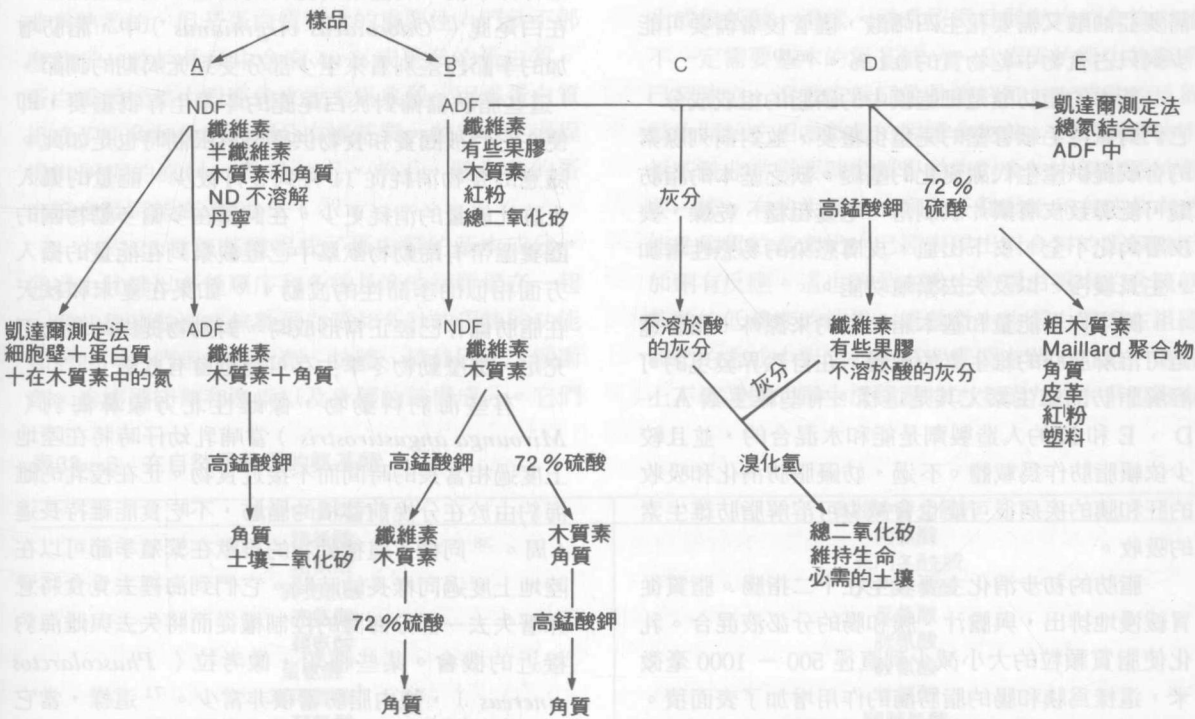


圖 33-1，分析處理飼料樣品的順序是根據 Van Soest 的淨化系統制定的。用中性清潔劑預先處理（NDF）溶解果膠，乳色的一氧化矽和分子量較低的丹寧，否則丹寧會對酸性清潔劑起作用。有些多酚被沸騰的酸濃縮並沉澱為稱作紅粉的丹寧合成物。另一方面，可水解的丹寧被酸性清潔劑（ADF）去除。高錳酸鹽

氧化作用去除丹寧和木質素，但不能去除角質。這些纖維的組成成分的化學特性會產生多種可選擇的提取途徑，這取決於所要求的分析。提供各個分餾物最準確的界限的順序顯得很重要。（摘自 Van Soest, P.J.: 反雛動物的營養生態學, Corvallis, Ore: O & B Books, 1982。）

進一步擴大了。

在反芻動物食物中的脂肪通常被限制在低於乾物質的 8 % 的水平。這是因為更高的水平的脂肪往往會抑制瘤胃纖維的發酵。

對基本的脂肪酸的最低食物濃度的需要僅僅在非反芻動物中得到了說明，儘管尚不能肯定是否反芻動物的組織能夠合成這些化合物。瘤胃蜂巢胃之間的環境是一種有利於化學變化的環境，在反離動物食物中的不飽和脂肪酸在它們通過前腸時至少部分被飽和。然而在更多的數據資料可以被利用之前，較為穩妥的做法是在非反芻動物和反芻動物的食物中提供 1 — 2 % 的可代謝的卡路里作為基本的脂肪酸。

在那些被研究的動物中，除了貓科外的所有家庭成員似乎都能以亞油酸中合成花生四烯酸。這是值得慶幸的。因為許多種子油幾乎都含有 50 % 的亞油酸，而可能提供花生四烯酸的動物副產品通常這種化合物的含量很少，因為它們在加工期間就已被破壞了。對貓和獅的研究表明它們的飲食供應既需要亞油酸又需要花生四烯酸，儘管後者需要可能少到只占食物中乾物質的 0.1 %。^{66,69}

基本的脂肪酸是細胞膜中的磷脂的組成成分，它們對保持毛細管壁的完整很重要，並對前列腺素的合成提供產生代謝變化的基礎。缺乏基本的脂肪酸可能導致皮膚鱗片狀剝落，毛髮粗糙、乾燥，表皮層角化不全，皮下出血，皮膚感染的易感性增加，生長緩慢，以及失去繁殖功能。

除了作為能量和基本脂肪酸的來源外，脂肪還是可溶解脂肪的維生素的載體。在自然界發現的可溶解脂肪的維生素尤其是這樣。有些維生素 A、D、E 和 K 的人造製劑是能和水混合的，並且較少依賴脂肪作為載體。不過，妨礙脂肪消化和吸收的肝和胰的疾病很可能也會減少可溶解脂肪維生素的吸收。

脂肪的初步消化主要發生在十二指腸。脂質從胃緩慢地排出，與膽汁、胰和腸的分泌液混合。乳糜使脂質顆粒的大小減少到直徑 500 — 1000 毫微米，這樣為胰和腸的脂肪酶的作用增加了表面積。甘油三酯附著在 1 和 3 (α) 位置上，釋放 β — 單酸甘油酯和游離脂肪酸，這些與膽汁鹽、磷脂酶和膽固醇的分子相結合形成混合的微團。這種脂質消化的產物主要在近端空腸被吸收。甘油和短鏈 ($C_2 - C_{10}$) 脂肪酸通過被動輸送被吸收進入腸繫膜靜脈血液，然後到門靜脈血液。單酸甘油酯和長

鏈脂肪酸與輔酶 A 相結合形成酰基輔酶 A，酰基輔酶 A 與單酸甘油酯起反應生成二酸和三酸甘油酯。這些分子與蛋白質相結合形成稱為乳糜微粒的小顆粒。它們通過反向胞飲作用離開腸細胞。在哺乳動物中，它們進入乳和淋巴系統，通過胸導管進入門靜脈血液中。

組織脂質來源於飲食中的脂肪，或者通過脂肪生成形成。在以高脂肪食物的單胃動物中，儘管組織成分類似食物脂肪的組織成分，成分往往具有各種動物的特徵。反離動物在這些情況下，組織脂肪改變明顯較少，因為食物脂肪在瘤胃蜂巢胃中被氫化。

脂肪組織是一種重要的能量儲備，單胃動物除了吃食後的短期外，來自脂肪組織的脂肪酸是能量的主要來源。在許多野生動物中，在脂肪的增積上每年都有變化。眾所周知，冬眠的動物在秋天蓄積體內脂肪，在冬天依賴體內蓄積的脂肪作為它們能量的儲備。候鳥也需要能量儲備，儲存脂肪為長期飛行作準備。北溫帶的鹿科動物也形成這些儲備，在白尾鹿 (*Odocoileus virginianus*) 中，脂肪增加的季節性差別看來至少部分受到光周期的調節。¹ 這些脂肪儲備對於白尾鹿的冬季生存很重要，即使在它們被圈養和食物供應沒有限制時也是如此。隨意的食物消耗從 11 月到 3 月較少，能量的攝入也許比能量的消耗更少。在飼養在多倫多動物園的圈養溫帶有蹄動物獸羣中已經觀察到在能量的攝入方面相似的季節性的波動。⁶¹ 如果在夏末和秋天在脂肪儲存已經正常形成時，對動物提供的食物不充足，那麼動物冬季生存可能也會有危險。

有些海豹科動物，像雌性北方象鼻海豹 (*Mirounga angustirostris*) 當哺乳幼仔時將在陸地上度過相當長的時間而不接近食物。正在授乳的雌海豹由於在分娩前蓄積的脂肪，不吃食能維持長達 4 周。³⁸ 同樣，這種動物的雄獸在繁殖季節可以在陸地上度過同樣長的時間。它們到海裡去覓食將意味著失去一部分海灘的控制權從而將失去與雌海豹接近的機會。某些種類，像考拉 (*Phascogale cinereus*)，體內脂肪蓄積非常少。⁷¹ 這樣，當它們生病、食物不充足或者難以應付惡劣的氣候的襲擊的時候，能量的儲備只是在短時期內夠用。

通常用醚提取法來分析動物飼料所含的脂肪。甘油酯 (脂肪酸和甘油的酯) 是在醚中溶解的。而蠟、葉綠素和葉黃素也溶解於醚。由於草木原料可能含有比例相當大的後一種化合物以及由於它們沒

有能產生代謝變化的能量值，飼草的醚提取分析可能誇大了它們的有用性。而且，在飼草中多達一半的醚提取的原料由半乳糖脂組成，它所含的能量比三酸甘油酯更低。⁸⁸

多不飽和的脂肪當暴露在空氣中時很可能迅速氧化。在動物園補充的油通常使用容器，例如魚肝油的容器，在容器打開後爲了要延長它們的使用壽命，必須冷藏。這有助於防止酸敗和防止破壞脂溶性維生素。雖然飽和的脂肪和有些植物物種的不飽和油很可能不經受氧化作用的酸敗，魚油，因爲它們不飽和的程度很高，可能很容易被氧破壞。如果在動物園用已經起氧化變化的魚作爲其他動物的食料，一旦加上脂溶性維生素，它們就會自己破壞掉。因爲這些原因，建議捕捉到的脂肪較多的魚在24小時內冷凍並在-20℃的溫度下貯藏。²³

蛋白質和氨基酸

蛋白質是動物體軟組織和硬組織的結構方面和功能方面的組成成分。蛋白質與肌肉的關係是人們非常熟悉的，但是蛋白質對骨的重要性人們就不那麼熟了。乾的骨頭中含有40%或更多的蛋白質。蛋白質這樣集中對鹿角來說尤爲典型，因爲蛋白質組成了鹿角和骨的大部分有機基質，並爲骨化過程提供所需的原料。⁸⁶ 乾的毛，羊毛，蹄和角的蛋白質含量可能高達90%。⁷⁰

大約22種氨基酸組成了蛋白質的基本成分。通過由肽鍵以多種順序和多種長度的鏈聯接在一起，這些氨基酸造成無數蛋白質和多肽的獨特的功能和形狀。它們用作催化劑、抗體、轉移因子、緩衝劑，滲透調節劑和激素以及身體的結構成分。它們

的獨特性是由遺傳決定的，除了有少數例外，一種氨基酸在一種蛋白質結構中不能爲另一種氨基酸代替。這樣，這22種氨基酸在組織中形成蛋白質時，必須以適當的數量和一定的比例存在。否則，蛋白質製造將會減少，生長將會變得緩慢，泌乳將會中止，血漿白蛋白濃度將會下降，疾病的抵抗力將會受到抑制。假如食物中蛋白質的濃度不充足，氨基酸中大約有12種能在組織中合成。這承擔了大量供應能源和氮的任務。因此，把這些氨基酸歸入食物的非必需的氨基酸一類（表33-3）。剩下的10種氨基酸必須存在於大多數單胃動物的食物中，因爲它們不能由動物的組織合成也不能相當迅速地合成。由於這個原因，它們被歸入食物必需的氨基酸一類（表33-3）。然而，儘管反芻動物的組織同單胃動物的組織一樣不能有效地合成基本的氨基酸，瘤胃中的微生物能從其它食物中的氨基酸或從像尿素這樣的非蛋白質氮化合物中合成它們。當氨基酸通過皺胃和小腸時，這些動物於是就能製造出微生物蛋白質，這些微生物蛋白質又被消化成氨基酸。這樣，通常認爲反芻動物的食物中並不一定需要基本的氨基酸。一旦瘤胃的微生物區系已經建立，這看來就好像是真的了，在哺乳的反芻動物開始吃相當數量的固體食物前，它們對食物中氨基酸非常需要就像單胃動物對食物中氨基酸的需要一樣。有些生長快的家養反芻動物和有些具有功能性瘤胃的高產奶牛已經表現出對食料的蛋氨酸添加劑有反應。這也許是在微生物蛋白質中的含硫氨基酸的低濃度的結果，這種微生物蛋白質與在組織和奶的合成中對它們的高度需要有關。可是，遺傳上不經選擇的野生反芻動物的生殖力的水平並沒有

表33-3 在自然界發現的氨基酸

食物中必需的*	食物中非必需的
精氨酸	丙氨酸
組氨酸	天門冬酰胺
異亮氨酸	天門冬氨酸
亮氨酸	瓜氨酸
賴氨酸	胱氨酸
蛋氨酸 ⁺	穀氨酸
苯丙氨酸 ⁺	甘氨酸
蘇氨酸	羧脯氨酸
色氨酸	鳥氨酸
纈氨酸	脯氨酸
	絲氨酸
	酪氨酸

* 貓科動物的成員需要牛磺酸，一種磺基氨基酸。

⁺ 胱氨酸可以滿足一些對蛋氨酸的需要，但不是所有的需要。

牛酪氨酸可以滿足一些對苯丙氨酸的需要，但不是所有的需要。

那樣高，只要食物含有足夠氮和能量維持微生物蛋白質合成，那麼，微生物蛋白質中的氨基酸就很可能滿足組織氨基酸的需要。儘管瘤胃微生物有從種種食物中的氮源中滿足野生反芻動物對基本氨基酸的需要的能力，但在動物園中反芻動物的食物中使用尿素仍構成一種不能接受的危險。由一頭不適應的反芻動物吃進去的尿素可能導致由於在血液和組織中氮的過量而造成的中毒。

礦物質

基本的礦物質表上包括 23 種元素，按照食物中所需的比例，常規將它們分成二類，常量營養元素和微量營養元素。常量營養元素包括鈣、磷、鎂、鈉、氯、鉀和硫，它們的濃度一般以食物的百分數來表示。微量元素或者痕量元素包括鐵、銅、碘、錳、鋅、鈷、鈂、鉬、鉻、氟、矽、鎳、鈾、錫、砷和鉛。它們的食物濃度一般以百分之幾（ppm）來表示。很可能基本的元素還會擴大到其它元素，但是在目前缺乏鉬、矽、鎳、鈾、錫和砷並不被認為具有實際意義。這些元素的作用只是在嚴格的實驗室條件下才被顯示出來。

鈣：人們發現身體 98 % 以上的鈣在骨骼和牙齒中，它與磷關係密切。在這裡鈣起到一種結構功能的作用。在細胞外液中的鈣離子對神經肌肉的活動和血凝很重要。鈣的體內平衡通過維生素 D，甲狀腺激素和甲狀腺降鈣素來調節的。

食物源包括豆科飼草，石灰石，磷酸二鈣，骨粉，骨肉粉，奶和奶副產品（除奶油外）。肌肉和器官組織的含鈣量很低，單單用這樣的食物飼餵食肉的哺乳動物和鳥，很可能形成佝僂病或骨軟化。整粒的穀物含鈣量也極低。所以為食草動物配合混合穀粒食料時必須謹慎，對不能估計它們數量的豆科飼草的食料特別要謹慎，增加一些含鈣量高的添加劑是十分必要的。使用昆蟲作為圈養的食蟲動物的食物鈣的含量似乎比較低。² 其它昆蟲由於它們的表皮不含無機化合物，可能也缺乏鈣的貯存。在動物園裡，蟋蟀和黃粉蟲幼蟲的食料一般通過把昆蟲養在含鈣高的基質上或者在把它們提供給飼養的食肉動物前用一種含鈣的粉末撒在它們身上來補充鈣。符合要求的食料中的鈣磷比例在 1.2 : 1 ~ 2 : 1 的範圍內。反芻動物已經表明能忍受高達 7 : 1 的鈣磷比例，馬科動物 5 : 1，家禽和家豬 3 : 1。事實上，產卵的鳥因為生產蛋殼的需要，對鈣的需要相當高。蛋殼主要由碳酸鈣組成。人們發現

苜蓿乾草中的鈣磷比例很高，它可能含有 1.5 % 的鈣和 0.25 % 的磷，也許實際上還要高。部分鈣和草酸有密切關係而且無法得到。這樣在生物學上可以得到的鈣對磷的比例明顯小於 6 : 1。

由低鈣食料或鈣磷比例不適當的食料所引起的問題儘管很容易預防但還不時地聽到報導。^{16,79,84} 鈣缺乏症由於食料攝入量不足，腸道吸收減少，以及通過糞便、尿或汗過度喪失而引起的。在維生素 D 存在的情況下，也許通過增加腸道的吸收率來適應鈣的攝入減少。缺乏鈣的症狀包括年幼動物患的佝僂病以及成年動物患骨軟化。也許還能見到跛行，強直以及關節腫大等症狀。骨頭經受脫鈣作用，多孔的骨頭（下頷骨、肋骨、椎骨、骨盆、胸骨）首先受到影響。血漿鈣可能稍微減少，無機磷的血漿水平稍微增加。血漿中的鹼性磷酸酶的活性也將增加。

攝入過量的鈣可能會減少對磷、鎂和鋅的吸收。假如食料中鋅的水平勉強夠用，可能會引起鋅缺乏症。

鈣的需要量一般為食料的 0.2 ~ 2.75 %。
43-56,87

磷：人們發現身體中的大約 80 % 的磷存在於骨骼和牙齒之中，而且與鈣有關係。磷作為結晶很差的羥基磷灰石和作為非晶形的磷酸鈣存在於這些結構中。在軟組織中的磷，多半作為有機酯形式存在的，它的作用是進行能量的轉化，細胞分裂和繁殖。

磷的食物來源包括骨肉粉，骨粉和磷酸二鈣。像大豆粉這樣的穀物和植物蛋白質來源，含的磷比鈣更多，但是這種磷對於非反芻動物可能很難得到，因為它結合於一種植物鹽分子中。在瘤胃蜂巢胃中，這種磷可以通過微生物和植物肌醇六磷酸酶將其釋放。

在圈養的野生動物中，磷缺乏症不經常發生，在用足夠的蛋白質和容易消化的能量飼餵它們時尤其如此，因為磷往往容易與這些食料中的成分相結合。磷缺乏症的症狀包括年幼動物患的佝僂病以及成年動物患的骨軟化，血漿無機磷減少，血漿鈣稍微增加，以及血漿中的鹼性磷酸脂酶的活性增加，厭食、異食癖、發情情緒壓抑或沒有規律，這些症狀前面已經介紹過。

磷過量攝入能妨礙鈣、錳和鐵的吸收，可能引起營養性的繼發甲狀旁腺機能亢進。這是一種鈣吸收減少，血鈣過少，甲狀旁腺激素的分泌增加，吸

收來自骨的鈣，血磷酸鹽過多，尿內磷酸鹽過多並伴有尿鈣過多，骨骼鈣排除和代償的纖維性骨營養不良的結果。

磷的需要量一般為食料的 0.1–0.8 %^{43–56,87}

鎂：身體中的鎂大約 55 % 在骨骼和牙齒中。它不是骨結晶體的一部分，而是位於結晶體的表面，儘管大部分不容易與血漿互相交換。在年幼動物中，當食料缺乏時，有高達 30 % 的鎂可以動用，而在年齡較大的成年動物中僅有 2 % 的鎂可動用。

鎂使酶產生活性。酶的作用涉及到肌肉收縮神經傳導、甲基的轉移、氧化磷酸化作用以及蛋白質、脂肪、碳水化合物和核酸的合成。血漿鎂減少，通過增加神經傳導，在神經肌肉接點上脈衝的傳遞和肌肉的收縮力來增加神經肌肉系統的興奮性。血漿鎂升高有感覺缺乏和鬆弛的作用。

在圈養野生動物中不可能有鎂的缺乏症。但可從下面情況中見到：在長期單一以奶餵養的牛科動物的幼仔，或者在吃鉀和非蛋白氮含量高，可得到的鎂的含量低的嫩草的反芻動物中，症狀包括恐懼，運動僵硬，興奮，驚厥和死亡。屍體剖檢時，像主動脈和胃小管這樣的軟組織的鈣化可能很明顯。

鎂的毒性通常是非腸道結子的一種結果。

鎂的需要量為食料的 0.04 ~ 0.2 %^{43 – 56,87}

鈉：這種元素是一種主要的細胞外的陽離子，人們發現大約 35 – 40 % 身體鈉在骨中。這部分的 25 ~ 35 % 是一種不穩定的鈉貯量。鈉離子從細胞中吸出，對於把鉀離子、氨基酸和葡萄糖輸入細胞來說是必不可少的，這一過程需要利用由細胞產生的 ATP 的大部分能量。

在不餵添加劑的動物中的鈉缺乏症最有可能在泌乳、迅速生長或劇烈活動期發生。這種疾病在熱帶地區或在炎熱的半乾旱地區會加重。像馬科動物這樣的動物，鈉通常在汗中失去，對鈉缺乏症特別敏感。症狀包括對鹽的異食癖，食料缺乏，不健康，尿中鈉的水平非常低。在血漿或奶中鈉的水平並不是鈉攝入量低的靈敏的指示器。鈉的需要很容易通過在食物中摻和氯化鈉或者提供動物自由進入鹽源的機會來滿足。

Geraci 建議給飼養在淡水中的鱈腳目動物的食料每公斤添加 3 克氯化鈉。¹⁸ 他告誡當鱈腳目動物和鯨目動物飼養在鹽水中時不要補充鹽。海洋的鳥類擁有鼻腺，這種腺體使得它們能消耗海水並在體外排出過量的氯化鈉。⁷⁶ 其它鳥類和有些爬行動物（例如蜥蜴、海龜、鱷魚和海蛇），據認為

也擁有相似的結構。^{5,64} 通常為圈養的企鵝補充鹽。¹⁰ 這對於所有不飼養在鹽水中的專性食魚動物可能是非常有用的作法，因為普通的解凍方法（靜止的或流動的水處理）將會明顯減少海生魚和淡水魚中的氯化鈉的水平。¹⁸

鈉中毒不常見除非淡水無法得到。極需鹽的動物可能會攝入過量的氯化鈉，但是如果動物能進行適當的水合，超過正常需要的鈉將會在尿中排出。假如供應的水凍結或者沒有水供應，可能形成感覺過敏，極度神經質，肌肉抽搐和運動失調。鈉中毒發展很快，症狀包括虛弱、虛脫和由於呼吸停止而死亡。

鈉的需要量為食料的 0.08 % – 0.30 %。^{43 – 56,87}

氯：身體氯的大約 85 % 位於細胞外液中，這個數量大約是它的酸的毫克當量的三分之二。在細胞外液中氯對碳酸氫鹽離子的比率在酸鹼平衡中是一個主要的控制因素。鈉和氯是產生細胞外晶體滲透壓的主要原因。胃液中也發現有氯，它的離子能激活澱粉酶。

簡單的食料氯缺乏症很少見。這在以不添腺類固醇以及用不充足的鉀替代長時間的非腸道的液體療法這樣的醫療過程也可能導致這種失調。鉀缺乏症的症狀與心肌、骨骼肌和腎的損傷有關。心電圖展現一個延長的 Q – T 間歇低 T 波和一個下陷的或減少的 S – T 段。肌肉的運動導致強直性收縮。腎的損傷伴有繁渴和尿頻。受影響的動物可能突然死亡。

鉀的毒性（血鉀過多）不是食物水平過高的一種結果，而是可能由腎衰竭，急性失水，腎上腺機能不全，糖尿病的酸中毒，大量的組織損傷，嚴重的感染和過度迅速地灌輸鉀鹽引起的。也許可以預料到有心律不齊，T 波達到最高點，QRS 複合波加寬以及由於心搏停止而死亡。

鉀的需要量為食料的 0.2 – 0.8 %，馬科的需要量大約 0.6 %，反芻動物需要 0.6 – 0.8 %。^{43 – 56,87}

硫：人們發現組織中的硫存在於蛋氨酸，半胱氨酸，胱氨酸，牛磺酸，硫胺，生物素，穀胱甘肽，硫酸酯的多種代謝產物和某些糖脂中。在氨基酸中，它的功能是作為一種蛋白質的組成成分。硫在結締組織的結構成分中，在解毒作用中，以及在與甲基轉移作用，酰化作用和維持細胞潛在的氧化還原作用有關的化合物中起著重要作用。