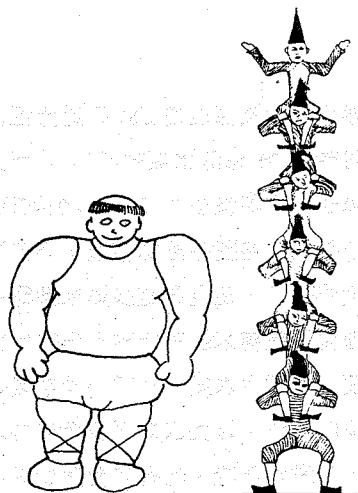


趣味教材
有獎徵答

格列佛遊記(三)

生物教學研究室



我們已經連續二期「邀請」格列佛來到生物教室，第一次（第 40 期，p. 28）我們談過普羅布丁那果國（大人國），第二次（第 41 期 p. 62 ~ 63）則討論過莉莉派特國（小人國）的人們。關於莉國的「小人們」，上期曾提過四個問題讓大家討論，結果彰化的陳志雄同學所提供的答案最值得登出來討論：

第一個問題 體型小的人腳步快，體型大的人腳步慢，如何用簡單的實驗來說明？

【陳君的說明】『腳步之快慢，乃與其負重程度成反比例，所謂負重程度，即是其腿骨截面積所承受之重量之比，由於格列佛稱莉國之生物為“人”，所以想必其身體結構與外型必與我們常人相似，而格列佛（常人）的身高為其 12 倍，故體積與重量皆為小人之 1728 倍（ $12 \times 12 \times 12$ ），而我們之腿骨截面積僅為小人之 144 倍（ 12×12 ）所以在單位面積所承受的重量比（即負

重程度比）為 $\frac{1728}{144} : 1 = 12 : 1$ 此 12 : 1 相

當於兩個常人 A、B。A 背負了 11 倍（加上本身之重量恰為 12 倍）於自身體重的東西，與 B 作賽跑，當然 A 之腳步要比 B 慢得多了，要不是格列佛的腳步大，那裏追得上小人。』

【討論】腳步之快慢確實與其「負重」程度有關，陳君的說明頗有道理，但除了其「相對負

重」之外，其「腿長」是否有關係？此題保留繼續徵答，請設計「簡單」的實驗並附實際實驗結果，來說明「長腿人」腿步較慢。提示：可將步行運動比做單擺運動。

第二個問題 莉國國王推算格列佛的體重為他們的 1728 倍，食量也要 1728 倍。國王的推算合理嗎？為什麼？如何用簡單的實驗來說明？

【陳君的說明】『人之食量，乃是供給人之熱量消耗，而熱量消耗是與人體表面積成正比例，並不是與人之體重成正比例，所以莉國國王的推算是不合理的，莉國國王只要準備 $12 \times 12 = 144$ 倍的食物給格列佛吃即可，難怪 1728 倍的食物，格列佛會感到比自己的食量多得多了，人之散熱就好比水之蒸發，現拿兩盆水，其表面積比為 2 : 1 則其蒸發速率比為 2 : 1 與其水量無直接關係。』

【討論】動物的食量確實與其表面積有關係，相對表面積愈大，也就散熱表面積愈大，所需之食物也愈多，反之所需食物較少。

其實，動物體所需之能量與體重可說是「成正比」，但恆溫動物的體溫通常比其環境溫度都高，因熱量不斷地由體表散失，所以除細胞生理活動所需之能量之外，為維持其體溫的恆定，必需由食物中補充其能源。其補充量與體表面積成正比，所以身高 12 倍的人「至少」需要 12×12

= 144 倍的食物。陳君說明正確，但所設計實驗則需更進一步考究，第一要說明如何測量「蒸發速率」，第二要能說明蒸散速率與散熱之間的關係。

本題繼續另外徵求更好的實驗設計，請提供具體能測定的簡單實驗。

第三個問題 為什麼莉國的小人們要整天不停地吃東西？如何用簡單實驗來說明？

【陳君的說明】單位體積所需之食量比

$\frac{144}{1728} : \frac{1}{1} = 1 : 12$ ，小人國他們的散熱率比常人要大，他們在吃完食物（果腹而止），不久食物所產生的熱量，即被消耗，所以小人們必須整天地吃東西，才能應其驚人的散熱率所需，好比現在我們拿兩個臉盆（相似）設其大小不一（2 : 1）則因大臉盆水量為小臉盆的 8 倍，而其表面積僅為小臉盆之 4 倍，亦每單位時間內，所蒸發之水量為小臉盆之 4 倍，但其總水量為小臉盆之 8 倍，所以實際上散熱率僅為小臉盆之 $\frac{1}{2}$ 。

【討論】陳君說的完全正確，「小人」的相對表面積要比「正常」人的大得多，十二比一。由體表散失的熱量有那麼多，需要補充的食物也就要那麼多，所以要不停地吃。可惜陳君的實驗設計不夠具體，請大家再提供更具體可測量、操作簡單的實驗。我們要能證實：表面積愈大散失熱量愈多。提示：(1)以溫度的升降代表熱量之得失。(2)本題的實驗與上題者可合併設計。

第四個問題 莉國的人，「人小臂力却不小」，可背起 4~5 個同體重的人，如何用簡單的實驗來說明？

【陳君的說明】『這乃是由於第一題所述之原因，由於常人之體重為其 1728 倍，而腿骨截面積僅為其 144 倍，所以腿骨單位面積上所承受之力為 12 : 1，所以當常人能站起來（表示人之腿骨截面積承受得了一個人之體重），小人在其肩背上 4~5 人並不會感到吃力，甚至在正常狀況

下，他們還可背 11 個與自身同重之小人，此時他們腿骨受力之感覺就如同常人站立起來腿骨受力之感覺是一樣的。今有大小二繩子（截面積比為 4 : 1，長度比為 2 : 1）所以兩繩必相似，在大繩子下吊一鋼球（重量與大繩重一樣）若剛好不斷（即再加重即斷）那麼小繩子（ $\frac{4}{1} : \frac{8}{x} = 2$ ）便可將二個小鋼球（每一小鋼球與小繩同重）吊起，剛好不斷，理由便是兩繩單位面積所承受力相同。』

【討論】說明很合理，就「腿骨」截面積之負荷量來說確實如此，但，也許原題並沒有表達太清楚，本題所要討論的是「臂力」，也就是要研究小人們「肌肉」的力量，而不是腿骨的負重問題。所以必須重新說明，我們要探討的是「身體大小與臂力的關係」。至於實驗設計部分，還是要請注意：具體可測量而操作簡便的實驗。提示：(1)可用橡皮筋以「替代」肌肉，(2)每一條肌纖維大小與其體型無關，換言之，無論巨人、小人或正常人其肌纖維大小是一樣的。

※ ※ ※

本期討論答案請在十月十五日前（郵戳為憑）寄本社主編，答案合理或內容精彩者均有獎！

彰化的陳志雄君對第 41 期之問題提出討論，雖然「實驗設計」尚需研討外，對問題尚能提出合理說明，值得鼓勵，贈送本刊第 40、41、42 期各一本為薄獎！

本園地公開希望高中及國中自然科學老師與學生踴躍參與討論。我們的目的不外「拋磚引玉」，使科學教學生動、有趣，更富於啟發性。本社渴望各科老師來函參與各科實驗的設計活動，更希望提供內容更為生動的「趣味教材」以充實本園地內容。來信請註明真實姓名、年齡、任教學校、科目與通訊處。

提供答案同學：姓名：陳志雄，年齡：18 歲，學校：彰化中學。地址：彰化市福鎮街 64 巷 2 號。

□