

生物

Biology Search

搜查線

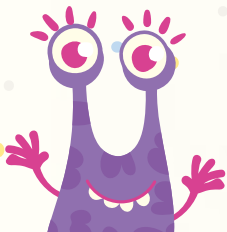
第20期

COVER STORY

專案特搜 1

代誌是
按怎發生？

生命如何從簡單走向複雜 真核細胞的誕生 P.2



本刊物電子檔

55501N (C)

專案特搜2

多元選修之《人體迷航》 P.6

專案特搜①



生命如何從簡單走向複雜——真核細胞的誕生

長庚大學 / 退休教授 周成功

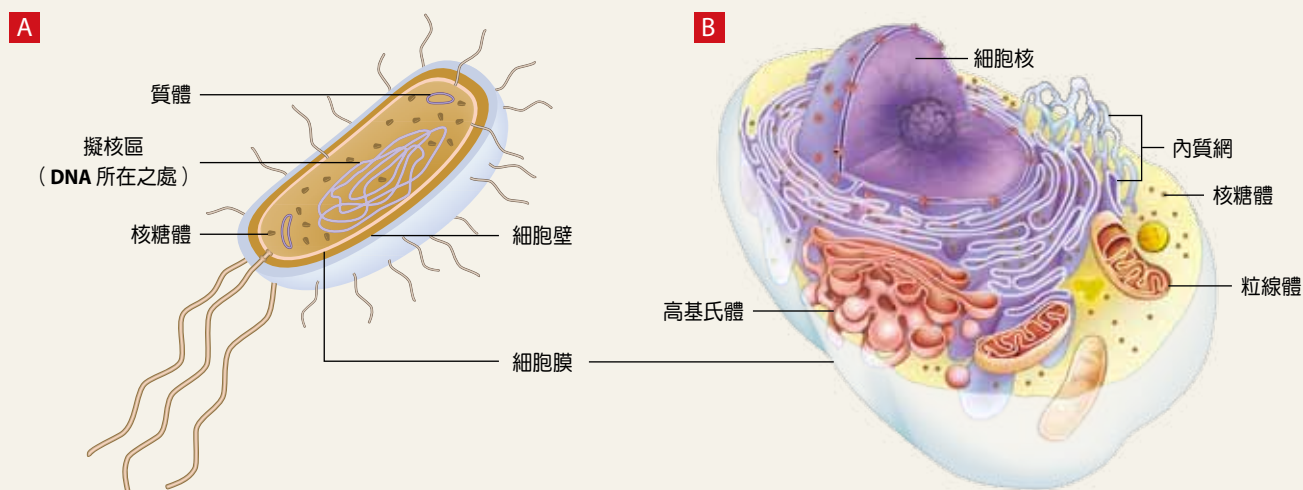
生命的形態與演化

地球上最早誕生的生命形式是一些構造簡單的單細胞生物，在經過近40億年的生物演化，如今我們周遭是一個極為繁複多樣的生物世界。現今環境中還充斥著這些單細胞生物的後代，稱為原核生物（沒有細胞核）：包括細菌和古生菌兩大類。細菌和古生菌除了外表相似外，其組成的化學結構、基因的密碼序列都非常不同。因此被認為是從生命起源後，獨自演化出的兩種生命形式。除了細菌和古生菌外，現今多數生物都

是由真核細胞（有細胞核）構成：包括單細胞的藻類、原生生物和多細胞的動物、植物與真菌。所以傳統生物分類有三個獨立、不相隸屬的域（Domain）：細菌、古生菌和真核細胞。

「真核細胞」帶來的思考與推理

真核細胞的出現是生物演化史上一個承先啓後的關鍵，沒有它就沒有後來的動物、植物和真菌。從化石的證據推測，真核細胞可能出現在18到20億年前。換言之，第一個生命在地球上出現



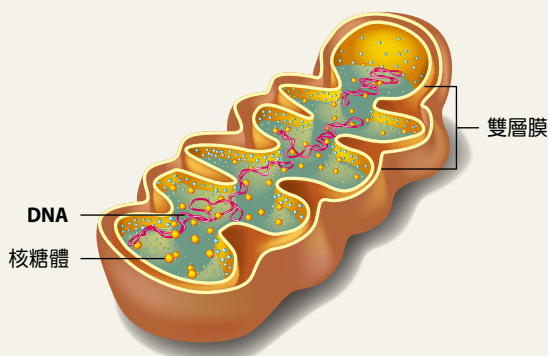
圖一 原核細胞與真核細胞的比較
(A) 細菌（原核細胞）、(B) 動物細胞（真核細胞）。



後，大約經歷了20億年，才有真核細胞的出現。真核細胞如何演化出來？它的祖先和現今的細菌或古生菌有什麼關聯？一直是演化生物學家有興趣探討的課題。我們比較真核細胞與原核細胞的構造（圖一），除了有無細胞核之外，還有兩個明顯的不同：一是真核細胞不像細菌一樣有堅固的細胞壁，而是由內部的細胞骨架來支撐柔軟的細胞膜；二是真核細胞中有各式各樣的胞器，如粒線體、高基氏體、溶菌體等等。

內共生理論的建立與不足

真核細胞中最獨特的胞器就是粒線體（圖二），它裡面有與細菌類似的環狀DNA和核糖體，在細胞內透過分裂的方式增生，以及它是由兩層細胞膜所包裹。這些特徵讓它看起來是一個躲在真核細胞內、沒有細胞壁的細菌！七〇年代，科學家提出內共生的理論，認為粒線體的前身是一種特殊的細菌，在演化過程中被外殼柔軟的真核細胞吞噬。因為它的獨特功能（有氧呼吸）對宿主有用，就此留在宿主細胞內，長期共生互利，最終融合成爲一體。



圖二 粒線體的內部構造。

內共生理論解釋了為什麼粒線體有許多細菌的特徵（除了不再需要的細胞壁），而真核細胞吞噬細菌的過程解釋了粒線體雙層膜的來源：內膜是被吞噬的細菌所有，而外膜則是宿主細胞的細胞膜。如果這個理論是對的，那麼生物界就應

該還有真核細胞始祖遺留下來的後代：一些沒有粒線體的真核細胞。事實上，確實有這類型的生物存在。但是內共生理論沒有回答：吞噬細菌的真核細胞始祖是怎麼出現呢？

新假說的形成

九〇年代之後，科學家發現原先被認為不帶粒線體的原生生物細胞內，其實帶有一些過去沒有看到的微小胞器，也具有雙層膜的外套，但不帶DNA。這些細胞的基因裡，仍可觀察到粒線體蛋白基因的獨特標記。雖然這種微小胞器存在於厭氧的細胞中，並不負責有氧呼吸；但大家都相信它是由粒線體退化而來。也就是說這些細胞長期生活在缺氧的環境中，粒線體英雄無用武之地，就此慢慢退化消失。目前已知的真核細胞都有或曾經有過粒線體，於是一個新的假說逐漸浮出水面：真核細胞的出現與粒線體的內共生可能是同一件事！換言之，真核細胞可能來自兩種細菌內共生的結果。如果這個假說成立，我們過去所接受的生物界三域分類就要改寫。

氫氣假說

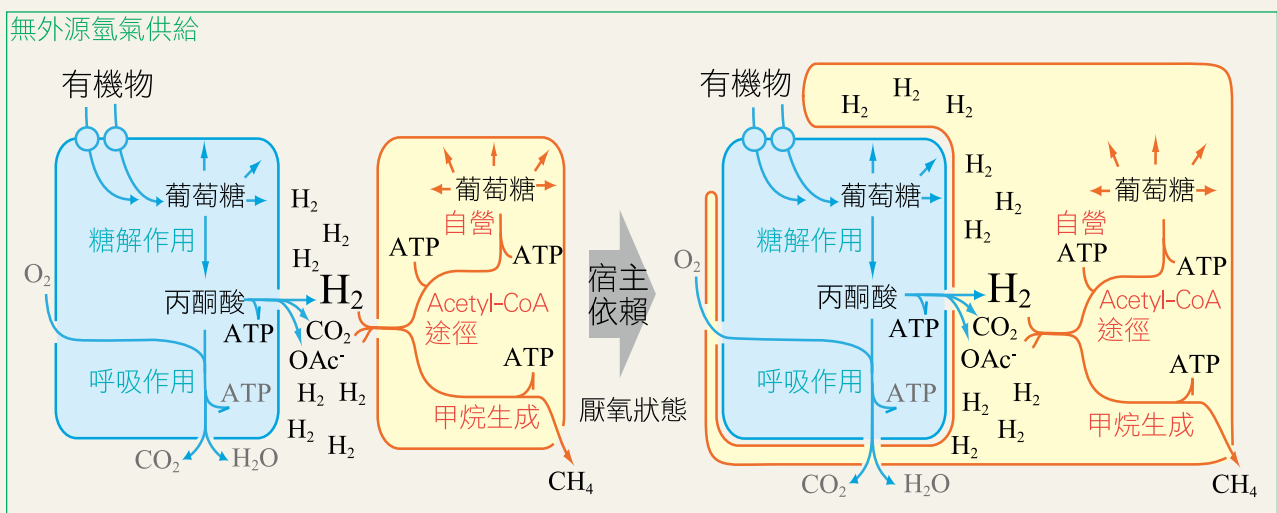
九〇年代末，科學家在蟑螂的腸子中發現一些厭氧的真核細胞，它們沒有粒線體，但有另一種很微小胞器可以把葡萄糖分解產生的電子直接和氫離子結合，產生氫氣和ATP。這種微小胞器也有雙層膜的外套，有些甚至還有和粒線體相似的小段DNA，因此猜想可能是由粒線體退化而產生。我們可以想像20多億年前，地球還處在接近無氧的狀態，帶了這些粒線體的遠祖細菌利用葡萄糖產生ATP和氫氣。但後來地球氧氣濃度逐漸上升，便改用氧氣作為電子接受者產生水。

這個發現和真核細胞的誕生有什麼關聯？由研究可知，有些古生菌沒有堅固的細胞壁，有的還會用氫氣作食物產生能量，同時釋放代謝氫氣的副產品：甲烷。那麼一個會產生氫氣的細菌，和一個要吃氫氣為生的古生菌相遇，它們還會想要分開嗎？僅僅相鄰不如乾脆搬進家裡一起生活。這樣一來一個全新的生命形態：真核生物就此誕生（圖三）！

如同人類從交往到共組家庭，雙方都需要作出相當的調適。被吞噬到古生菌中的細菌，再也不需要細胞壁的保護。另外，細菌利於製造細胞膜的原料，而古生菌就不必再費心。這解釋真核細胞細胞膜的化學組成與細菌完全一樣，而與古生菌截然不同。另外，細菌的基因裡常帶有跳躍基因。為了要防止這些DNA片段從細菌中「跳」出來，插入古生菌的基因裡造成損傷，古生菌可以製作更多細胞膜，內陷之後形成保護古生菌基因的細胞核。

基因體學的驗證

近年來大規模對各類生物基因體DNA定序的結果，使我們有機會全面檢視細菌、古生菌和真核細胞三者基因資訊間的關聯性。DNA序列的排比分析發現，真核細胞負責能量代謝的基因，大部分與細菌的基因有較高的相似度；而負責處理基因資訊，如DNA複製、轉錄、轉譯的基因，則較大可能源自於古生菌。2017年初，瑞典、丹麥、紐西蘭、日本和美國的科學家共同在世界各處的深海和熱泉中，找到一些非常獨特的古生菌。分析這些古生菌的基因體DNA，發現過去認為只存在於真核生物中的基因序列，如構成細胞骨架或負責胞器間運輸蛋白等的蛋白基因，在這些古生菌中都有類似的基因序列。

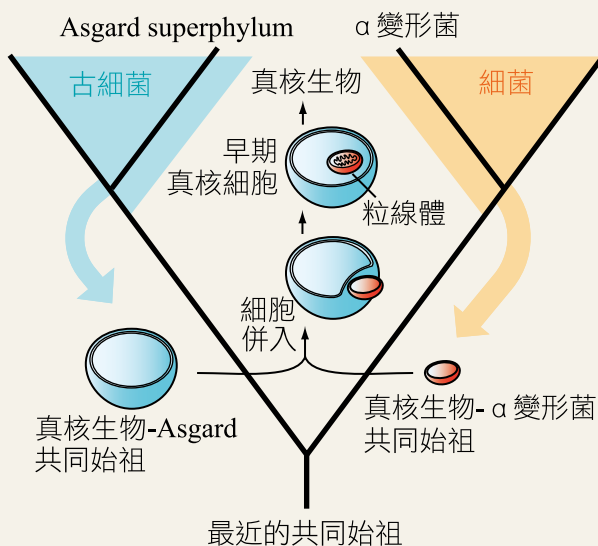


圖三 解釋真核細胞起源的氫氣假說。



結語

從基因體的觀點看來，真核細胞很可能是某些特定古生菌和細菌內共生後演化出來的（圖四）。而在漫長的演化道路上，它已經把細菌和古生菌各自的長處融為一體。這麼一來，傳統生物分類的三域理論是不是就此該改寫了呢？



圖四 真核細胞可能的演化途徑。

參考資料

1. Martin, W., and Muller, M. 1998. The hydrogen hypothesis for the first eukaryote. *Nature* 392, 37–41.
2. Zaremba-Niedzwiedzka, K. et al. 2017. Asgard archaea illuminate the origin of eukaryotic cellular complexity. *Nature* 541, 353–358.

圖片來源

- 圖一：龍騰編輯部所有
 圖二：shuttrstock圖庫提供
 圖三：參考Martin, W., and Muller, M. 1998. The hydrogen hypothesis for the first eukaryote. *Nature* 392, 37–41.
 圖四：參考Zaremba-Niedzwiedzka, K. et al. 2017. Asgard archaea illuminate the origin of eukaryotic cellular complexity. *Nature* 541, 353–358.

專案特搜②



多元選修之 《人體迷航》

國立鳳山高中 / 生物科教師 林琬亭

前言

不論是哲學、心理學、生物學及美術，人類對於生命價值的探尋從未休止——我們從何而來？所以有了神創說與生源說之爭；眼見必為憑？我們認知到視覺與幻覺之間的差別；「美」到底是義務還是天賦？到底美感是我們自身的經驗，還是為了贏得別人尊重的手段；我思故我在？「我」到底是個實體，還是僅是一個意識？

在《人體迷航》這門多元選修課，我們以生物為骨，美術為肉，輪流運用生物及美術的角度來介紹「吸血鬼傳說」、「我，美嗎？」、「眼見為憑？」及「聽！屍體在說話」等主題，從生物學的角度破除迷思、引起動機，提起學生學習興趣，使學生遨遊在新知識之中，再拉回到學生自身的生命教育。本課程是一週兩堂的多元選修課程，由兩位老師一同完成。由於篇幅的關係，本篇以主題「我，美嗎？」為例，共四個單元，展現課程的內容。

單元一、我長得像誰？

藉由圖片讓學生提出人類和黑猩猩的異同，但其實人類與黑猩猩有許多相似的地方（圖一）。

此圖請掃下方QRcode

圖一 人類與黑猩猩的臉部情緒表現。

圖片來源：Human Lie Detector
Paul Ekman Decodes The Faces Of
Depression, Terrorism, And Joy.



接下來介紹人類的起源，以及目前為止所找到的古人類資料（圖二），帶出我們的外貌是逐漸演化而來。依照長期演化的外在特徵，可將現存地球上的人種利用解剖特徵，如顱型、眼眶形狀、額部形狀、鼻骨的彎曲度、鼻棘的大小及梨狀孔形狀等（圖三），分為高加索人種、蒙古人種及尼格羅人種；但在20世紀最常見的分法是由美國人類學家卡爾頓·史蒂芬斯·庫恩（Carleton Stevens Coon）提出的剛果人種、高加索人種、蒙古人種、澳大利亞人種及開普敦人種。在課程進行的過程中，藉由猩猩的學習影片以及照片來引起學生的動機。除此之外，藉由解剖課觀察（圖四），推得虹膜的顏色也因人種不同，造成散射程度、黑色素沉澱量及虹膜層數之不同，而產生不同的顏色。



人體結構初探——我，美嗎？

班級： 座號： 姓名：

一、我長得像誰？

◎ 與非學的人類與猿猴關係——

1. 人之所以為人，係因區別與非學——的DNA序列結構。
 - 相似：主要結構、社會結構
2. 單一核苷酸替換 (single nucleotide substitution) 的比例只有 1.23%，而若考慮成是，這種細微的變異，則可以再加上 38% 左右。
3. 結論：人類多了些(ex 額頭骨人)、也少了些(is 體毛消失)。

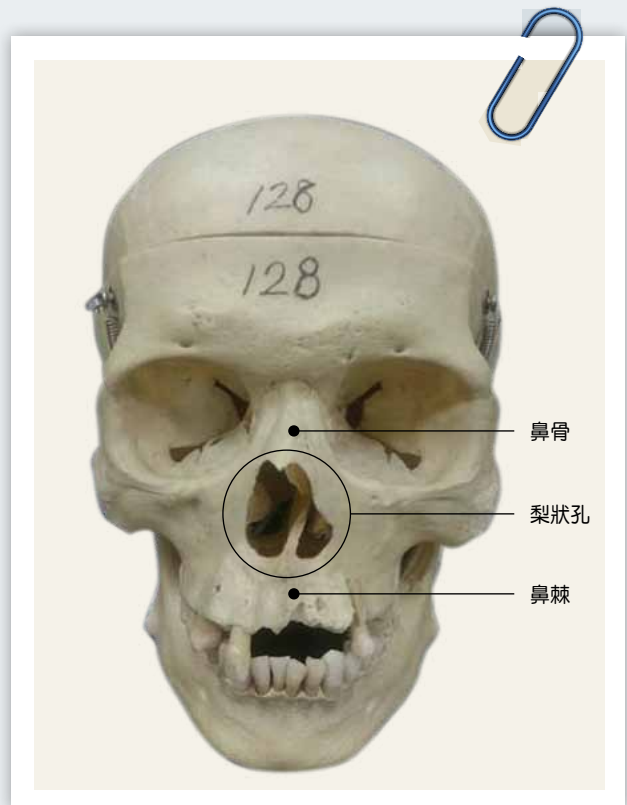
◎ 最原始的人類？

- 人類(*Homo sapiens*) 大約在距今 500 萬到 700 萬年之間，從他們與的共同祖先分支出來，形成：
 - 亞洲的、歐洲的、
- 其後發展的若干人屬物種和亞種，已告滅絕。
 - 「現代人類晚近非洲起源說」、「現代人類多區域起源說」

◎ 一露西

- 歷來相對完整 (超過 40%) 的早期人科動物化石。
- 出現的年代約距今 320 萬年前，身高約 1 米 1，體重估計為 29 公斤，腦容量很小 (約現代人的 1/3)。
- 仍保留一項與眾不同的體質特徵為，舉例來說，他們已有較寬的臀部，帶有部

圖二 學習單——我長得像誰？



圖三 人類頭骨（正面）。



圖四 藉由豬眼、魚眼及蛙眼的比較，學習眼睛的構造，以及認識瞳孔。

單元二、我是完美臉蛋嗎？

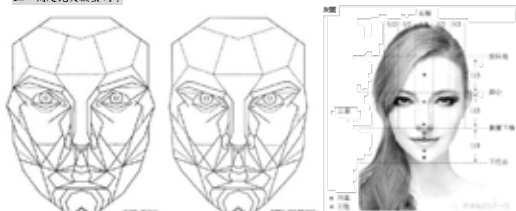
何謂「完美臉蛋」？青少年正值在乎同儕眼光的年紀，因此會想透過各種方式來讓自己變得「更完美」，因此在學習單上列出了整形的「臉孔黃金比例」，符合臉模比例的臉孔為大眾認知的「漂亮」。給學生看過符合完美比例的臉孔後，利用捲尺實際測量彼此的臉孔，讓學生判斷到底是否符合這個標準的臉才會賞心悅目（圖五）。從中帶出了「美」其實是一個很主觀的想法，並沒有一定的標準。

單元三、追求美的美麗與哀愁——整形

現今多數「整形」的原因並非是身體上的缺陷或傷殘，而是因個人喜好或其他非醫療上的原因，以外科手術改變自己的外觀。整形手術常見的迷思包含了抽脂為何會出現黃色的東西、削下巴為何會導致面部癱瘓，以及隆鼻後撞到鼻子會歪掉等。藉由解剖圖（右圖六）讓學生了解整形的原理與過程。如隆鼻的方式與過程，是外加的矽膠構造造成鼻形的改變，但是後續可能會有發炎、腫大等問題，需要小心照顧鼻子。抽脂出來的黃色物體是經由處理過的脂肪細胞，無論是冰凍或是以絞碎的方式先行破壞脂肪組織，再抽取出來（圖七）。組織的空隙造成多出的皮，就需要依賴「拉皮」的方式整理。另外還有十字韌帶斷裂、人工關節等例子，讓學生了解自己的身體構造。

- 俗話說的足部，以及大腳趾較短而長度接近其它四趾等特徵。
- ◎ (Homo sapiens)
- 混合原始與現代特徵的馬塞克人種
 - 頭骨形態、四肢接近生存於150到210萬年前的3個早期人種：巧人、魯道夫人、與非洲直立人
 - 手與手腕跟現代人類似，適合使用工具，然而手指卻比人彎曲，依然適合抓握樹枝
 - 腳為適合走路的型態，身高可多達150公分
 - 腦容量、肩膊與骨盆的構造像猿猴
- ◎ 地球上有些那些人種？ (黑人種)、 (白人種)、 (黃人種)

二、我是完美臉蛋嗎？



三、漂亮？不漂亮？

◎ 古代人對美的追求：三寸金蓮

古代對美的追求，在一般認為是病態，卻曾有人們的追求目標而追求美，而他們對美的追求，是一種病態，一種扭曲的審美觀。人們對美的追求，是一種病態，一種扭曲的審美觀。人們對美的追求，是一種病態，一種扭曲的審美觀。

◎ 現代人對美的追求：整形

- 微晶瓷：
 - 主要成分為矽氧烷化合物（占30%，約稱為「 」），是人類皮膚及骨骼的組成成分
 - 約過2~3個月後，微晶瓷的凝結狀態會逐漸被人體吸收，而由皮膚的細胞細胞分解
 - 由於微晶瓷的凝結狀態會逐漸被人體吸收，而由皮膚的細胞細胞分解，之後是細胞細胞分解，最後是細胞細胞分解，成為細胞細胞細胞分解而由身體代謝吸收。
- 肉毒桿菌：
 - 一種 ，可以阻斷神經訊息傳遞到過度收縮的肌肉，使肌肉過度收縮的肌肉放鬆，又不會造成，達到除皺的效果。

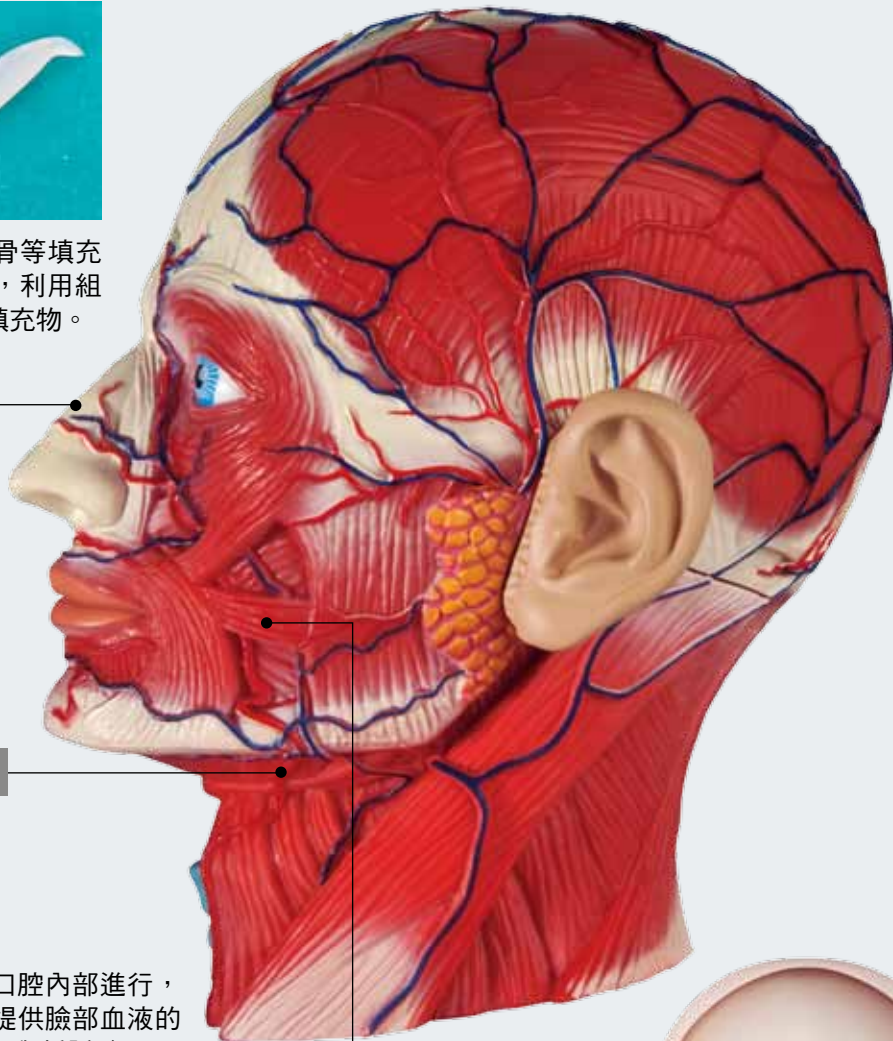


圖七 抽脂的步驟是先利用各種不同的方式破壞皮下脂肪中的組織，水刀、冷凍或傳統的物理破壞皆有，最後再將鬆散的脂肪組織細胞抽至體外。

圖五 學習單——我是完美臉蛋嗎？



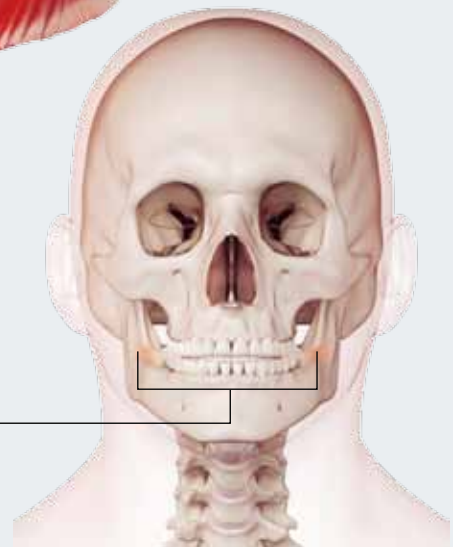
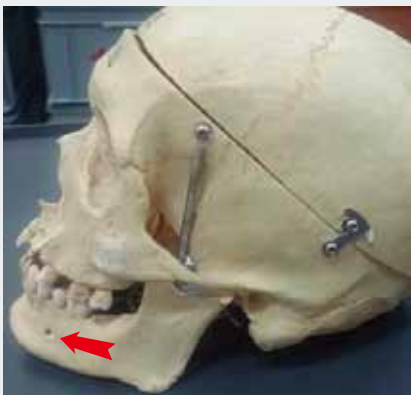
隆鼻手術將人造鼻骨等填充物放置於皮下組織，利用組織本身的彈性固定填充物。



顏面動脈

下巴削骨手術是由口腔內部進行，但需要小心下巴有提供臉部血液的大血管——顏面動脈與靜脈（facial artery and vein）

頰孔（mental foramen，下圖紅色箭頭所指）供血管和神經穿過，下巴削骨手術須特別注意。



笑肌

酒窩是因為笑肌（risorius）筋膜與口角外側部的真皮下層有點狀纖維帶相連，使微笑時牽動表情肌，造成臉頰上圓形或是卵圓形的凹陷。

圖六 藉由解剖圖向學生說明整形的原理與過程。

單元四、什麼是美？

美術科教師藉由美術史的觀點來描述「美」的流變，從唐代的豐腴到宋代的纖細，到現代追求健美線條，呈現出「美感經驗」是會與時俱進的，並沒有一定的標準；最終發現「美」是一種讓自己由內而外散發自信的表現，當你的舉手投足之間充滿自信與自然，就像是哈佛心理學家艾美·柯蒂（Amy Cuddy）所說：「情緒、思維、身體、表情和行為都和諧一致，忠於自己。」那就是你最美的樣子。這個單元的作業是：《自畫像——畫出最美的自己》，給予學生回想由單元一到單元四，最後以畫面建立出「最美的自我」（圖八）。



圖八 學生的作業回饋。

結語

學生對於這些生活中的小知識實實在在變成課程的一部分感到開心，並且從似懂非懂轉變成理解；由於很多主題是學生平常從網路、報章雜誌上可接觸並感興趣的，因此普遍能快速引起學習動機，讓學生更有時間去思考自我認定、價值觀及培養開放性思考的能力。多元選修最棒的地方，就是可以藉由「試驗性課程」去讓學生了解自己的興趣以及長才，如班上就有學生因此開始研究法醫的入學標準及管道，也有發現自己對於解剖的接受度不高，也因此更加了解自己的未來方向（圖九）。能陪伴著學生開心學習、逐漸成長，便是身為教師最大的喜悅與成就。



圖九 學生藉由實際操作，進而了解自己。

圖片來源

圖一：Human Lie Detector Paul Ekman Decodes The Faces Of Depression, Terrorism, And Joy.

圖二～圖五、圖六頭骨模型照片、圖七～圖九：由林琬亭老師提供

圖六隆鼻填充物、側面頭骨模型、正面頭骨透視圖：由shutterstock圖庫提供

知識創造力量

龍騰文化秉持「創新突破，追求卓越」的經營理念，出版發行品質優良的高中、高職教科書和參考書，更不斷致力於教學媒體的開發製作，配合科技潮流，提升教學品質及學習成效。「十年樹木，百年樹人」，龍騰肩負傳承與培育後進的神聖使命，三十多年來以最卓越的師資顧問群及編輯菁英，陪伴莘莘學子們一起追逐夢想，共創錦繡前程。

有夢，有未來！

龍騰與您攜手築夢！！

 龍騰文化

尊重著作權，請勿觸法！

抄襲、翻印等是觸法的行為，違反著作權法刑責6個月以上至5年以下移送檢方追訴〔公訴罪〕刑期。

為孩子打開通往世界的大門



- 幼兒園預計於106學年度（2017年9月）開學。
- 小學、國中、高中預計於107學年度（2018年9月）開學。

- 幼兒園 (02) 8195-8866
- 小學～高中 (02) 8195-2022、(02) 8195-2033



康橋 雙語學校