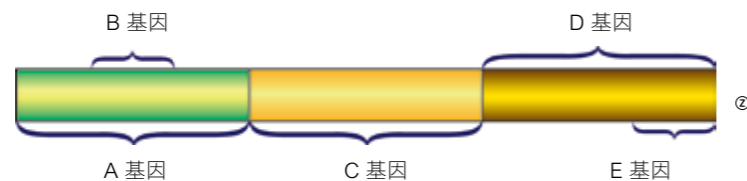


021 DNA 就是基因嗎？

DNA 不是基因，而是構成基因的組成物質。

說到 DNA，不少人會說：那不就是**基因**嗎？其實，這是一種誤解。DNA 和基因是兩個頻繁使用的科學詞匯，兩者關係非常密切，但又絕不能把 DNA 等同於基因。打個比方，將一根長長的鋼絲，每隔一段繞成包含幾個圈的彈簧圈，這時的鋼絲除有直的部分外還有彈簧圈，儘管彈簧圈是由鋼絲繞成的，但是不能簡單地把彈簧圈等同於鋼絲。DNA 與基因就如同彈簧圈與鋼絲：基因是 DNA 構成的，但絕不能把 DNA 都看作基因。

那麼，DNA 究竟是甚麼呢？它的全名叫脫氧核糖核酸，是一類大分子，因最初是從細胞核中提取出來的，而且具有酸性，因此得名「核酸」。構成 DNA 的結構單位稱為脫氧核糖核苷酸，每個脫氧核糖核苷酸又由三種成分組成，即**脫氧核糖**、**磷酸**和**鹼基**。因鹼基不同，脫氧核糖核苷酸共有四種，即**腺嘌呤**（簡稱 A）、**胞嘧啶**（簡稱 C）、**胸腺嘧啶**（簡稱 T）和**鳥嘌呤**（簡稱 G）鹼基的脫氧核糖核苷酸。脫氧核糖核苷酸由一個核苷酸中的糖和另一個核苷酸中的磷酸搭成「骨架」，而鹼基在「骨架」的內側。「骨架」把脫氧核糖、磷酸和鹼基三種物質連成了一條長鏈，這條長鏈就叫脫氧核糖核苷酸鏈。一個 DNA 分子中有兩條這樣的長鏈，它們靠鹼基連接在一起。一條鏈上的 A 一定與另一條上的 T 相連，這條鏈上的 G 肯定與那條鏈上 C 相接，這種相連接的方式就稱為鹼基互補。一個由兩條脫氧核糖核苷酸鏈形成的 DNA 分子，還要向右相互纏繞成麻花形，稱為**雙螺旋結構**。



中 ×174 噬菌體的基因相互重疊：B 在 A 中，E 在 D 中

基因是由 DNA 構成的，但是並不是所有的 DNA 都能構成基因。根據已經公佈的數據，在人類的整個基因組中，構成基因的 DNA 不足 30%，70% 以上的 DNA 並不構成基因。而在其他一些生物中，情況更是不可思議。如兩棲類動物和顯花植物的細胞中，DNA 的含量要比人類多幾倍甚至是幾十倍，可構成基

因的 DNA 居然不到總量的 10%。但在一些單細胞生物和非細胞生物中，情況卻恰恰相反，如有些細菌、病毒（噬菌體）的 DNA 在構成基因中的利用率居然超過了 100%！原來，在它們的基因組中，有些 DNA 既是第一個基因的組成部分又是第二個基因的組成部分，這些 DNA 成分在不同基因中會被重複利用，出現了基因中套着基因的情況。

細胞中的 DNA 和基因之間的關係大致就是這樣。但是在一些非細胞生物，即生物與非生物的過渡類型，如烟草花葉病毒（TMV）、SARS 病毒、人類流感病毒、愛滋病病毒等，它們的基因並不是 DNA 構成的，而是由 RNA 構成。從這裏我們更可以知道，不能將 DNA 和基因等同起來。（沈大棟）

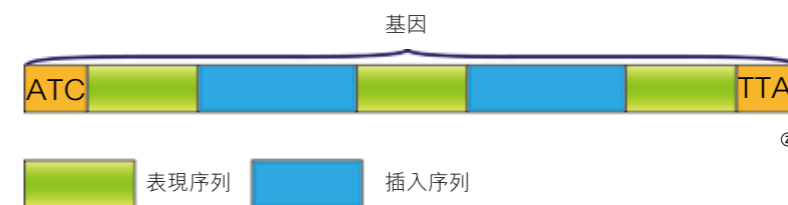
022 甚麼樣的 DNA 才稱得上是基因？

DNA 分子含編寫蛋白質等功能物質的密碼，才稱得上是基因。

要回答這個問題，先要明白甚麼是**基因**。現在對基因的研究正在不斷深入，我們可以把細胞中的基因理解為控制生物體生長發育的遺傳單位。它位於染色體上，是編寫蛋白質或 RNA 分子信息的一段 DNA。因為一個 DNA 分子包含若干段 DNA 片段，有的 DNA 片段不含編寫蛋白質等功能物質的密碼，因此就不是基因。

根據編碼功能物質的不同，大致把基因分為三類：編碼蛋白質的基因、編碼 RNA 的基因、假基因。

編碼蛋白質的基因是一段 DNA。在這段 DNA 中，除了包含着一個蛋白質的所有信息，還有一些與形成蛋白質無直接關係的成分，這兩種成分交替存在。與蛋白質無關部分的 DNA 稱為**插入序列**，有關部分稱為**表現序列**。一個基因中的全部表現序列的總和稱為一個開放閱讀框。由於編碼蛋白質的基因是由表現序列和插入序列相隔而成的，因此這種基因就稱為**隔裂基因**。

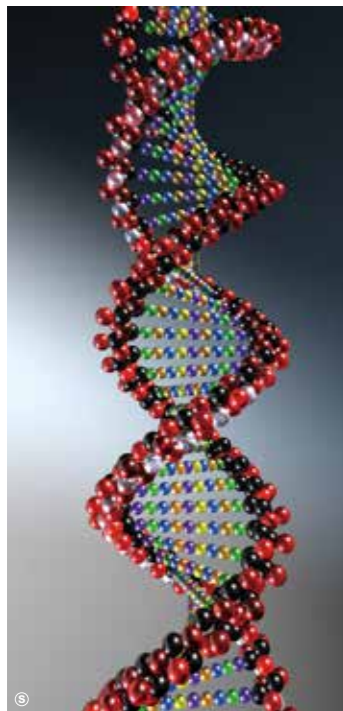


編碼蛋白質的基因

科學偉人

談家楨 (Tan Jiazhen)

談家楨(1909 – 2008)是國際著名的遺傳學家，中國科學院院士，青年時代就發現了瓢蟲色斑鑲嵌的分離和自由組合定律，在果蠅基因連鎖與染色體遺傳圖方面有重要的貢獻，是中國遺傳學領域的領軍人物。「基因」這個名詞就是談家楨在 1936 年武漢大學的一次學術會議上提出的，他建議把英文中的「gene」按音與意同時譯成「基因」，得到了與會者的一致贊同。



微博士

重複序列

重複序列是由幾個脫氧核糖核苷酸組成的重複單位相互連接而成的一段 DNA，如 ATGATGATG……其中 ATG 就是重複單位。



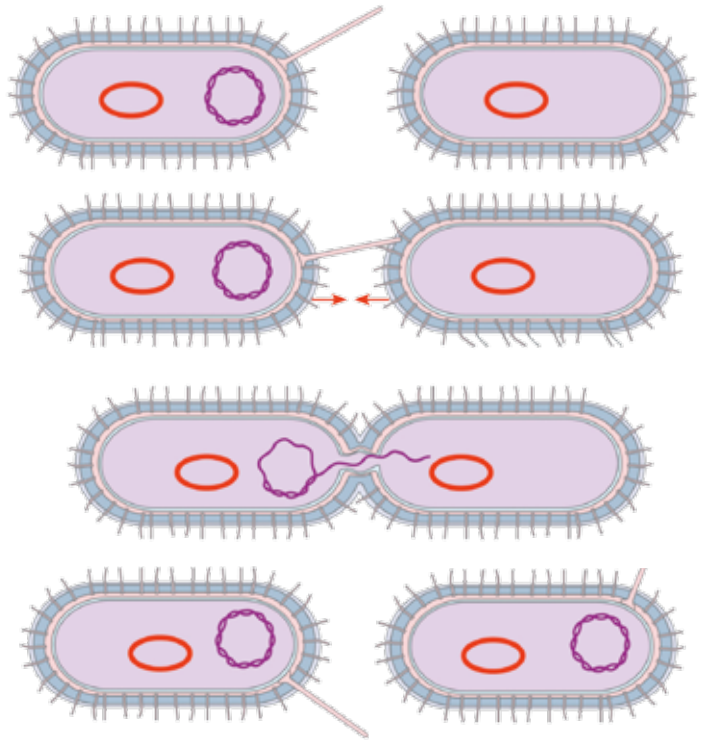
057 科學家如何玩轉基因？

科學家利用「DNA 連接酶」和「限制性核酸內切酶」將基因拆卸及安裝至載體。

人是怎樣把基因傳遞給子女的？答案很清楚，是通過精子細胞和卵細胞相互融合即受精作用，把基因傳遞給了下一代，這就是一種基因轉移現象。除了精子細胞和卵細胞能通過受精作用轉移基因外，基因轉移還有其他途徑嗎？答案是肯定的，細菌病毒就能轉移基因。噬菌體是一種能「吃」大腸桿菌的病毒，它能將已經「吃掉」的有鞭毛大腸桿菌中的基因轉移到新的宿主中，使原本沒有鞭毛的新宿主大腸桿菌長出鞭毛。

基因轉移是一種極具吸引力的自然現象，能不能借人之手操縱基因呢？很多科學家雖早已進行探索，試圖從多個方面積極尋找轉移基因的條件，卻都以失敗而告終。直到 1967 年和 1968 年，科學家發現了「DNA 連接酶」和「限制性核酸內切酶」，人為轉移基因才曙光初露。這兩種酶是能夠用來「拆卸」和「安裝」DNA 的工具酶。所謂 DNA 連接酶就是能把 DNA 的片斷相互連接起來的蛋白質，而限制性核酸內切酶是一種能在 DNA 分子內部的一定區段把 DNA 切割開來的蛋白質。

有了這兩種酶後，渴望進行轉移基因的科學家們，迫不及待地開始對 DNA「動手術」了。其中最早公佈結果的是美國斯坦福大學的伯格，他在 1972 年就依靠這兩種酶把兩種病毒「重新組裝」成了一種「重組病毒」。他所使用的一種病毒是使猿猴生腫瘤的病毒，名叫 SV40；另一種是「吃」大腸桿菌的病毒，名為 λ 噬菌體。當他把「重組病毒」的結果公之於世後，立即遭到質疑。科學家們擔心，這種重組病毒一旦進入人的腸道，是否會引起人生腫瘤？伯格在質疑聲中無言以對，只能放棄。



◎ 細菌通過性菌毛相連接，傳遞 DNA

011 為甚麼父母雙方都有耳垂， 卻能生下無耳垂的子女？

父母雙方都有耳垂，其基因型是雜合子 Ee，
就能生下無耳垂的子女。

人的耳部有一個醒目的性狀是**耳垂**。有趣的是，有人無耳垂，卻嚮往着有耳垂，以便於佩戴款式各異、爭奇鬥豔的耳環；而一些時尚女郎、新新人類，不滿自己有耳垂，卻嚮往着無耳垂，以顯示別致新潮。與豌豆的紅花、白花一樣，有耳垂與無耳垂也是一對相對性狀。決定一對相對性狀的一對基因是位於**同源染色體**的同一位置上的，叫作「**等位基因**」。

在生活中我們常會發現，父母雙方都有耳垂，在多數情況下，子女也有耳垂。這就提示，有耳垂是顯性性狀，可以用顯性基因 E 來表示；無耳垂是隱性性狀，由隱性基因 e 來表示。無耳垂者的基因型是 ee；有耳垂者的基因型或是 EE，或是 Ee。

但是，都有耳垂的父母，按遺傳定律，有時也能生下無耳垂的子女。這是怎麼回事呢？原來，父母雙方都有耳垂，其婚配模式可以有以下三種：EE × EE 生下的子女，其基因型只可能是 EE，都有耳垂；EE × Ee 生下的子女，其基因型有 50% 的可能是 EE，有 50% 的可能是 Ee，但表現出的性狀依舊是都有耳垂；Ee × Ee 生下的子女基因型有 25% 的可能是 EE，有 50% 的可能是 Ee，有 25% 的可能是 ee，表現出來的性狀有 75% 的可能是有耳垂，有 25% 的可能是無耳垂。從最後一種婚配模式來看，父母雖都有耳垂，但子女仍可能無耳垂。（高翼之）

有耳垂的母親和無耳垂的女兒

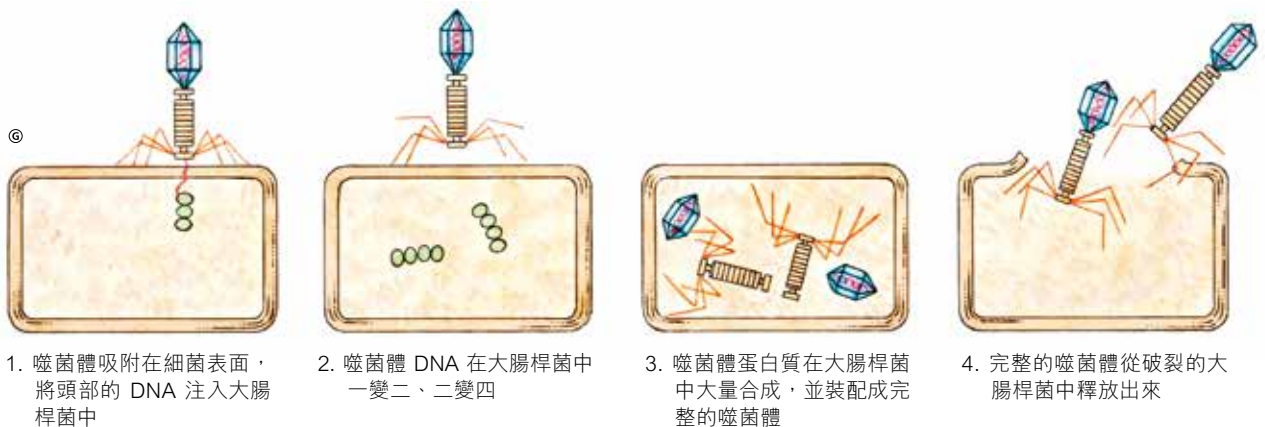


發現，如果在 R 型菌的培養物中加的是 RNA，那麼長出的是 R 型菌；如果加的是蛋白質，長出的還是 R 型菌；只有當加的是 DNA 時，培養物上長出了 S 型菌。這表明，使 R 型菌轉變為 S 型菌的原因就是 S 型菌中的 DNA，DNA 是能使 R 型菌性狀改變的唯一物質。

不過，以當時的實驗技術，很難把 DNA、RNA 和蛋白質分得一清二楚，DNA 中很可能混雜着一些蛋白質，蛋白質裏也可能含有 RNA，因此還無法確認 DNA 就是組成基因的物質。

最終證明 DNA 是基因組成物的科學家是美國的赫爾希和蔡斯——兩位專門研究噬菌體的專家。噬菌體是一種專門吞噬細菌的病毒，它介於生物與非生物之間，一旦噬菌體進入細菌後就成了生物，開始繁衍後代，而離開細菌的噬菌體，只是一堆蛋白質和 DNA 組成的複合物。

噬菌體結構非常簡單，由一個六角形頭和針筒狀的尾巴組成，並且只有兩種組成物質，即蛋白質和 DNA。赫爾希和蔡斯先用放射性同位素分別給蛋白質和 DNA 做上記號，以方便觀察。他們清楚地跟蹤到噬菌體在大腸桿菌體內的繁殖全過程：首先，噬菌體吸附到宿主大腸桿菌的表面，然後用尾巴像打針一樣把自己的 DNA 注射進大腸桿菌，蛋白質外殼則留在外面。進入大腸桿菌的 DNA，迅速反客為主，利用大腸桿菌中的各種物質，製造出自己的 DNA 和蛋白質，再把新製造出來的 DNA 和蛋白質進行組裝，形成一個個新的噬菌體。這一系列過程清楚地證明，DNA 才是基因的組成物質，是 DNA 決定了蛋白質，是 DNA 決定了噬菌體的性狀。這項研究成果在 1952 年公佈之後，掀起了 DNA 結構研究的一輪熱潮。（*戈）



噬菌體侵染大腸桿菌

025 為甚麼 20 種氨基酸能構成人體中種類繁多的蛋白質？

蛋白質分子是由氨基酸連成的多肽鏈，並經過折疊盤曲成具特定形態或功能的蛋白質。

微博士

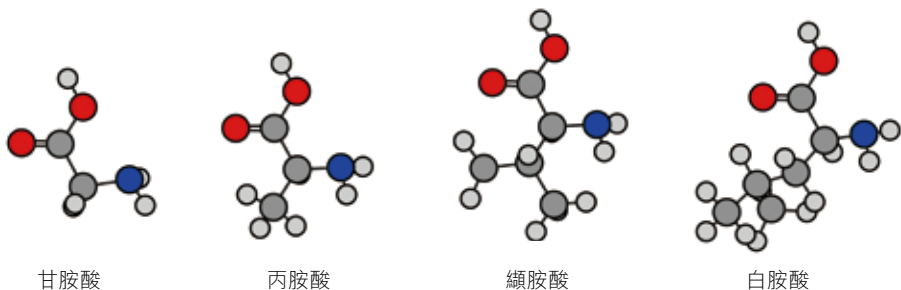
蛋白質的分類

蛋白質可以按組成成分分類，也可以按照形態或功能分類。由於分類標準不同就出現了不同名稱的蛋白質。如平時說的純蛋白和結合蛋白就是按組成成分分類的。所謂純蛋白就是蛋白質分子中除氨基酸外沒有其他成分，而在結合蛋白中，除氨基酸外還有另一類成分，這類成分統稱輔基。輔基可以有機分子也可以是無機物。輔基是糖的就稱糖蛋白，輔基是脂的就是脂蛋白，輔基是核酸的就是核蛋白，其他如銅蛋白、轉鐵蛋白等的輔基就是金屬離子了。生物體中的蛋白質大多數都是結合蛋白。球蛋白、纖維蛋白是按蛋白質形狀分類的，而結構蛋白、轉運蛋白、抗體蛋白和催化蛋白則是依功能分類的。

自然界中的**蛋白質**有 100 多億種，我們人體內就有 10 多萬種，它們佔人體乾重的 45%，肌肉、皮膚、內臟甚至毛髮都是由蛋白質構成的。蛋白質變化多端，有些柔軟，有些堅韌挺拔，有的甚至可以運動。

地球上的生物多樣性，究其原因是蛋白質具備多樣性，而所有蛋白質最基本的結構單位都是**氨基酸**。人體中構成蛋白質的氨基酸總共只有 20 種，怎麼能構成種類繁多的蛋白質呢？要知道，一個蛋白質分子就是氨基酸與氨基酸頭尾相連而成的長鏈。兩個氨基酸連在一起稱二肽，3 個以上的氨基酸相連則稱多肽。一個蛋白質分子就是由氨基酸連成的多肽鏈，多肽鏈經過折疊盤曲就形成了具有特定形態和空間構型的蛋白質分子。這就像英語中的 26 個字母，可以拼成數以萬計的單詞那樣。一般情況下，一個蛋白質分子中有幾十或幾千個氨基酸，有人曾計算過，如果每個蛋白質中包含 1000 個氨基酸，那麼 20 種氨基酸大約可組成 10^{1300} 種不同的蛋白質。

人體中的蛋白質，除了作為肌肉、內臟的組成部分外，它們還有許多特殊功能，比如參與人體的各種代謝活動。細胞中有一種重要的蛋白質叫作**酶**，酶能促進細胞中的化學反應，所以也被稱作**催化劑**。正因為細胞中有多種多樣的酶，生物體才能正常生長、發育。人體中還有能調節生長發育的激素和具有免疫功能的抗體等，其主要成分也是蛋白質。可以說，沒有蛋白質，就沒有生命。（沈大棧）



構成人體蛋白質的 20 種氨基酸

007 為甚麼紅綠色盲男多女少？

紅綠色盲攜帶者所生的女孩才有 1/2 可能是患者，所以紅綠色盲一定男多女少。

微博士

伴性遺傳病

位於性染色體上的基因是按「伴性遺傳」的方式向後代傳遞的。如果這個基因是致病基因，它導致的疾病就叫作「性連鎖遺傳病」即「伴性遺傳病」。由於人類 X 染色體上已知的致病基因相對於正常基因來說絕大多數是隱性基因，而 Y 染色體很小，上面裝載的基因也很少，所以，通常說的伴性遺傳病，實際上就是指 X 連鎖的隱性遺傳病。除了紅綠色盲以外，血友病、魚鱗癬等都是伴性遺傳病。

在人們眼中，世界是色彩繽紛、五顏六色的。不過也有這樣一些人，他們很難找到掉落在綠草坪裏的紅蘋果，對一塊布料到底是藍色還是紫色常常猶豫不決……他們是紅綠色盲患者。在他們眼中，紅、橙、黃、綠這幾種顏色看起來都是接近黃色的，而青、藍、紫這幾種顏色則接近藍色。

紅綠色盲是一種遺傳病，這種疾病在遺傳時「重男輕女」。在中國，男性紅綠色盲的發病率約為 4.7%，而女性紅綠色盲的發病率只有 0.67%。為甚麼紅綠色盲的遺傳會在性別之間做出選擇呢？

科學家發現，紅綠色盲的致病基因位於 X 染色體上，是隱性基因。女性的性染色體組成是 XX，只有在兩條 X 染色體上都是致病基因時，才表現為紅綠色盲。男性的性染色體組成是 XY，只要那條 X 染色體上是致病基因，就表現為紅綠色盲。從婚配方式上看，如果設致病基因為 b，正常色覺的基因為 B，那麼，男性紅綠色盲患者的基因型就是 X^bY ；在人羣中，致病基因的出現總是很罕見的，所以他妻子的基因型通常是 X^BX^B 。從他們子女的基因型來看，他們的表型都是正常的。這是因為父親只能把 Y 染色體傳給兒子，而不會把他的 X 染色體傳給兒子，所以紅綠色盲父親的兒子既不是患者也不攜帶致病基因。

需要注意的是紅綠色盲父親的女兒。她們雖然看起來一切正常，但卻都是致病基因的攜帶者。當她們與正常男性婚配後，所生的女兒表型正常，兒子會有 1/2 的可能成為紅綠色盲患者。這是生下紅綠色盲最常見的婚配方式，男孩有 1/2 可能是患者，女性不可能是患者。只有在男性紅綠色盲和女性攜帶者婚配的情況下，生下的女孩才有 1/2 可能是患者。這種婚配方式是極其少見的，所以紅綠色盲一定是男多女少。（高翼之）



科學家正從一具木乃伊的牙齒上獲取 DNA

其實，早在 1980 年，湖南醫科大學的科研人員就從馬王堆漢墓中沉睡 2000 多年的女屍身上提取到了 DNA 和 RNA，這是世界上最早的古 DNA 研究。一般說來，人的骨骼和牙齒是古 DNA 研究的主要對象，這是因為與肌肉、內臟等富含水分和蛋白質的組織相比，人骨和牙齒結構較為穩定，即便經過上千年的埋藏仍能保存 DNA。

不過，這些歷經歲月滄桑的 DNA 能不能得到較好的保存，環境因素非常重要。通常生物死亡後，無處不在的空氣和水會導致 DNA 的氧化損傷和水裂解損傷，使 DNA 迅速降解。然而，如果生物遺骸恰好處於密閉的環境裏，空氣和水被隔絕、鹽濃度適度、pH 呈中性、溫度較低時，DNA 會在降解至 200 鹼基對左右的片段後便不再降解，就像停擺的時鐘，靜止下來了。

活生生的恐龍、猛獁有一天是否真的會出現在我們的現實生活中，人們至今不得而知，但古 DNA 技術在考古學中的應用，已經幫助我們掃除了一些疑雲，破譯了一樁樁歷史懸案。(懷聰 宋曉 盧大儒)



一頭幼年猛獁在凍土中深埋了 42 000 年，低溫保藏為提取猛獁 DNA 提供了良好的條件

075 沙皇等人的屍骨是如何被證實的？

利用 DNA 指紋檢測，證實沙皇等人的屍骨。

1991 年 7 月，在俄羅斯西伯利亞的科普提亞奇森林裏，一羣偵探、法醫專家和警察聚集在泥濘不堪的空地周圍。他們急匆匆地將從墓穴中掘出的 1000 多塊屍骨，送往莫斯科停屍所。這些屍骨是誰埋藏在這裏的，又隱藏着甚麼祕密呢？

據史料記載，1918 年 7 月，包括俄國沙皇尼古拉二世夫婦、皇太子、沙皇的 4 個女兒以及 4 名隨從在內的 11 具屍體，被匆匆埋葬於此。令工作人員驚訝的是，屍骨的重組結果顯示，這座墓穴裏只埋了 9 個人：5 名女性和 4 名男性。從骨骸的形態來看，缺少的是當時年僅 14 歲的皇太子阿列克謝和年僅 17 歲的公主安娜斯塔西婭的遺骸。

然而，這只是口口相傳的故事。這些屍骨到底是誰的呢？1992 年 9 月，俄羅斯遺傳學家伊萬諾夫將 9 具屍骨帶到了英國法醫科學中心，吉爾博士和實驗室的其他研究人員從骨骸樣本中取出細胞核 DNA 及線粒體 DNA，然後進行 **DNA 指紋檢測**。分析結果證明，這些屍體中有 5 具有親緣關係，其中 3 具是姐妹。通過與愛丁堡公爵菲利普親王（皇后的侄孫）線粒體 DNA 指紋比對，吉爾發現：其中一具屍體很可能是亞歷山德拉皇后的。

這些屍體裏面是否也有沙皇的遺骸呢？伊萬諾夫找到了當時仍在世的沙皇的兩位母系親屬進行線粒體 DNA 比對，發現墓穴中的一具骸骨與這兩位當年沙皇親屬的線粒體 DNA 指紋幾乎完全相同，只有一個位置上的鹼基不同，即這具屍體的該位置 DNA 兩條鏈的鹼基是 T 和 C，而沙皇的兩位親戚都是 T 和 T。在一個人 DNA 兩條鏈的相同位置包含不同鹼基的情況被稱為「**鹼基突變**」，線粒體 DNA 的鹼基突變通常可以作為進化和親緣關係的標誌。此後俄羅斯政府同意將羅曼諾夫大公（沙皇的弟弟）的組織樣本提供給伊萬諾夫比對鑑定，結果顯示這位大公的線粒體 DNA 該位置也同樣有 T 和 C 的鹼基突變，與森林墓穴挖出的這具屍體一樣。毫無疑問這足以證明墓穴中的屍骸是沙皇的！古 DNA 技術向世人還原歷史的真相，給死者以應有的尊嚴。1998 年根據當時俄羅斯總統葉利欽的命令，沙皇一家的遺體被隆重安葬在聖彼得堡的彼得——保羅要塞教堂中。

微博士

讓懸棺古屍「自報家門」



菲律賓呂宋島的懸棺