

學 組 織

上 卷

北 京 醫 學 院

1955

序 言

組織學的定義 組織學是從希臘字 *Histos* 組織和 *Logos* 學習兩字衍化而來的。組織是解剖學的專名詞，是指構成機體主要成分而言。高等動物，或是人，具有極其複雜的結構。在 1801 年法國的解剖學家比夏 *Bichat* 將屍體各部用不同的溶液浸漬甚至煮過後，進行解剖分離，結果他把身體各種類似的成分歸併成為 21 種。他的分類是不精確的。到了後來經過其他學者們的研究，再進行歸併，最後歸納成為四種主要的成分，就是我們現在所謂的基本組織。凡是較複雜的多細胞動物都是由這四種組織構成。最初組織學的意義就是指研究這些構成機體的基本成分而言，這是極其原始和狹義的組織學。後來隨着科學的發展，技術的改進，對於機體的研究更為精密仔細了，組織學的研究範圍也逐漸擴大，到現在，組織學是研究機體一切微細構造的科学。

組織學的對象 所謂機體一切微細的構造包括的範圍太廣了。機體可能是植物或是動物，因而有各種的組織學以不同範圍的生物為對象。屬於基礎醫學一門的組織學的主要對象是人體，也可以包括與人在演化上有最密切的關係的哺乳動物。研究複雜人體的微細構造又因重點不同，把組織學再分成不同部門。以細胞為主的叫做細胞學，以基本組織為主的，叫做普通組織學，和以各器官的系統為主的叫做顯微解剖學。

細胞學是研究細胞的構造、機能和來源的科学。細胞是具有細胞核、細胞質的原生質，是一個極複雜的有機的結構。細胞學進行研究它的化學成分，物質性質，形態結構和生命活動，也就是進行研究原生質的本質及其所表現的生命的現象。再進一步追尋細胞的來源，進而研究前細胞節段的生

活物質和細胞本身發展的歷史，細胞學的領域更擴大了，現在已發展成為生物學中一門主要的科學了。

普通組織學是研究構成機体的基本組織的發生、衍化、形態構造、和機能變化。這裡要尋找機体形態構造的基本規律。這些基本組織是彼此在結構上和機能中如何結合成為複雜的機体；它們彼此之間的相互作用和影響；各種組織的機能變化、發生轉變等問題，是組織學的總論。

顯微解剖學，是在顯微鏡下研究機体各器官的構造，分析器官微細的結構，尋求其中各種組織細胞在結構上如何安排，各器官^間在構造及機能上的如何緊密連繫一起而形成一個完整的機体。研究各器官的微細構造是要觀察各器官在功能表現中它的形態變化，藉之供給研究器官機能活動的物質基礎，并能進一步尋求機能變化的機制。並且在機能失常、機体發生了疾病現象，可從各器官的正常顯微結構出發，尋找疾病的根源和本質。這部分科學是在組織學發展中歷史最長久的部分。是現代醫學主要根源之一。它是以機体各器官系統為對象，也叫做組織學各論。

以上各門科學都是在組織學範圍中的各種不同專門化的部分。這是科學工作者的分工，各人研究的對象，使用的方法，提出的問題各有不同，但是最終的目的都是一樣的，都是在尋求生命在整個機体的形態構造上所表現的規律。研究細胞的學者不能脫離了基本組織，因為細胞是基本組織的主要成分，而基本組織不能脫離器官系統而存在。機体的任何部分在機体死亡時都不能保持它正常的狀態了。

組織學在生物科學中的地位 組織學是研究生物機体微細構造的科學，也就是研究生命現象的科學。研究機体的微細構造中一定要瞭解生物機体的發生發展^和與自然環境相互關係的規律，並且要從機体微細結構中，深入縝密的觀察。

從而証實和發現這些規律。也就是說以生物學的基本理論為基礎，指導我們在組織學具體學習的實踐，而從實踐中更進一步發展生物學中的理論。

組織學雖說是生物科學中形態學的一部分，但是單純地研究機體的構造，是沒有意義的。組織學和研究機體機能活動的生理學是一個問題的兩方面，組織學是從構造變化的方面，生理學是從機能活動方面，來研究機體當適應外界環境的變化而引起的生活活動所表現的生命現象。機能的活動一定要以構造的改變為基礎，而構造的改變一定要引起機能的活動。

機體的構造是極其複雜的，但是各種不同的構造都是隨着機體的發育，從受精的卵子逐漸分化而形成的。所研究的任何的組織的來源和形成的過程一定要知道個體發生的歷史，也就是說組織學和胚胎學是密切連繫着的。要理解一種複雜的構造，一定要追溯它在個體中發生分化的過程。

機體的複雜的結構不是突然出現的，有它種族發展的根源。自從地球出現了生命，生活的機體不斷地和周圍的自然環境互相作用着，環境的變化引起機能和構造上的變化，有的變化通過遺傳而代代保存和演進着，這樣種族漸次出現了。億萬年生命演化的過程在機體每個組織結構上都留下了痕跡。每個機體和其他具有生命的機體在演化的過程中多少都有些關係。組織學與其他生物科學都有連帶的關係，因為都是共同研究生命現象的科學。

組織學在本身研究的範圍中，也不斷地供給了其他生物科學資料，促進了其他科學的進展。從微細的構造變化反映出機體各部的機能，和機能變化的機制。從各組織構造上的密切關係上可以表現出它們發生的過程；由於在不同種屬比較的研究，可以追尋它們在種族發展上的淵源。不僅從生物

學的原則上來研究機體的構造只是繁瑣無意識的描繪，而不能創造性地發現機體在結構上所表現的規律也只不过是其他科學的綴品。

組織學在醫學上的地位 科學是為了人類幸福的，不能空洞地作理論上的探討，一定要應用到實際生活上去。醫學即是生物科學的實用科學，是人類和疾病作鬥爭的科學。組織學是主要以人體為對象，來研究在正常狀態下它的微細的構造。這門科學，如上所述，是要研究^是人體適應周圍環境時，從構造變化所反映出的它生活活動的規律。當機體機能的活動和構造的变化不切合正常生活活動規律時就是疾病產生了。醫學課程的開始^是即掌握人體正常構造和機能變化的規律，是為了將來研究疾病現象和疾病發展過程中在人體構造和機能上所引起的變化，再進一步研究控制疾病、治療疾病的各門醫學科學。基礎醫學即是研究正常人體，在生活環境中所表現的一切生命現象，因此各門基礎醫學都是由於研究的方法不同和各別的重點不同而在所研究的對象和最終的目的都是統一的，並且彼此都是密切關聯的。組織學，尤其是顯微解剖學的部分是直接和正常人體解剖學相連續的。組織學和生理學的關係，上面已經說明了。組織學和病理解剖學在方法上是大部分相同的，只是一個的對象是正常人體，另一個是遭到疾病破壞的。

組織學的發展史 組織學研究的起源應遠在“組織”或“組織學”名詞出現以前，而從顯微鏡的發明就開始關於機體微細構造的研究了。

顯微鏡的發明是在十六世紀末和十七世紀初的時間。最初發明顯微鏡的人應當是誰，至今尚在爭論不休。在荷蘭是詹森 Janssen 父子，二位磨鏡片的工人，在意大利是物理學家蓋利略 Galileo。最初的顯微鏡是很簡陋的，只能放

大到十倍左右，為了新奇用來看跳蚤，所以叫做蚤鏡 *Vitrum pulicære*。

到了十七世紀的後半葉，顯微鏡鏡被利用作生物學的研究。這時的研究是沒有系統的，凡是能看到的新奇活物都是研究的對象，其中當然有不少關於動物機體微細構造的部分。如意大利人馬爾皮基 *Malpighi*，發見了毛細血管、血球和一些其他的構造。直到現在機體的構造還有用他的名字來作為紀念。在荷蘭有劉文侯克 *Leeuwenhoek*，他一生曾製作了 469 個顯微鏡，最高的能放大到 270 倍，已是當時最強的了。他在活體上觀察到毛細血管的血循環，並且發現肌肉的構造和動物的精子。其中還有英人虎克 *Hooke* 在 1665 年描述了木栓的構造，並把它構造的最小單位叫做細胞 *Cell*。這個名詞後來就沿用到動物組織中了。

在十八世紀關於各種動物的微細構造作了比較系統的研究，統稱作微細的解剖學。在俄羅斯沃尔夫 *Bohch* 在胚胎學的成就，不但是創立了現代胚胎學，也給細胞學說創立了基礎。

在十九世紀開始，顯微鏡得到進一步的改善，對於動物體的構造的觀察更加細緻和深入，關於細胞的研究也發現了細胞質和細胞核的存在，並且發現動物和植物的細胞的共同性。許多的學者前後都發現了動物和植物的機體是由具有同一構造的細胞組成的。雖然後來的人認為施萊登 *Schleiden* 和雪旺 *Schwann* 是細胞學說的建立者。細胞學說的建立使組織學得到很快的進展，一方面向細胞本身的結構，也就原生質的研究，發展成為細胞學，一方面以細胞為單位進行機體內器官構造的分析。使解剖學家比廈的組織學說得以發展成為現代的組織學。在十九世紀的後半葉由顯微技術的發明，利用酒精、蟻醛、鉍酸等化學劑固定保存組織，並用

斯 His 創製了切片機，組織學有了很巨大的成就，現在組織學主要的知識和方法都是這時期建立的。

同時細胞學說受了當時唯心論理的影響，而發展成為魏爾肖的細胞病理學，將形態上有一定界限的細胞看成為在生理上完全獨立存在的生命單位，脫離了完整的機體和外界環境，並且由於細胞的生理異常變化而為機體一切疾病真正的原因。這個學說把細胞和完整的機體和環境完全隔離起來了，從此就發展了魏斯曼的種質永續的學說，認生命只是由少數與環境隔離的生殖細胞，代之相傳，而大多數機體個體生存所必要的體細胞認為祇是維持“種質”的附屬品。門德爾摩爾根再度的抽象化以形而上的因素或基因，代表了億萬年種族發展過程藉以廣續的遺傳因子。這樣，就建立了資產階級的思想體系，把機體一切的構造和生命現象看成孤立的，不變的，而由一些概念化的因子所支配的現象，使科學的進展停頓在神秘的不可知的境域內。

蘇聯在革命後的近幾十年內，以馬克思列寧主義的辯證唯物論的觀點，在生物學領域中的研究工作有了輝煌的成就。首先是在生理學方面巴甫洛夫的學說的建立，在他的動物高級神經系統的活動研究中，說明了機體在中樞神經系的支配下，是一個完整的個體，並且通過中樞神經系統的活動，機體的各部和外界建立了密切的連系，而使機體和環境統一起來。體內的各種組織不是孤立的了，任何一部分通過神經系統和其他部分發生密切的關係而成為整個有生命表現的機體，同時通過神經系統的活動，任何部分都不是和外界隔絕的而是隨時和環境互相作用着，互相影響着。

在生物學方面米丘林的遺傳學理論說明了種族發展的過程中機體和自然環境之間的密切關係。遺傳的現象不是簡單公式中的幾個符號或是^在染色體上幻想出的幾個基因所支配着

的。米丘林的遺傳學是要從機體和環境的有機連系中發現遺傳現象的本質，並要掌握這些遺傳規律從而改造自然，創造品種，使生物學為人類謀求幸福。

在細胞學方面勒帕辛斯卡婭院士創立了新的活質學說，証明了細胞以外生命的存在，並尋到了細胞的起源和細胞前期的發展過程，這樣，使生命的起源不再是神秘不可以實驗証明的謎，而有了探索的可能性了。

蘇聯的學者們，在巴甫洛夫、米丘林和勒帕辛斯卡婭的學說指導下，突飛猛進地向上發展，粉碎了唯心論的形而上的學說理論，使自然科學，特別是生物學和醫學有了遠大發展的前途。組織學不再是瑣碎片斷地描繪細胞而是研究生命在機體組織形態的表現，如何彼此建立密切的連系而成為一完整的機體，又如何和環境互相作用着，並且追尋它在個體發育和種族發展的淵源，這樣，給組織學開拓了廣大的前途。

在祖國的組織學發展是簡短的，是從西洋醫學傳入中國後有了醫學教育纔開始的。最初，醫學是隨着帝國主義的侵略，在不平等條約下介紹到國內的。醫學作了帝國主義文化侵略的工具，所以教堂和醫院是常常並立，隨着軍艦和租界而深入祖國的領土。^{祖國}醫學學校設立纔有四五十年的歷史，一部分是反動政府為了“維新”而裝飾，大部分是帝國主義文化侵略的工具。在這幾十年中培養出組織學的工作人員是很稀少。這些人在不同的題目作了些創造性的工作，對於組織學的研究工作有一定的成績，但是尚未作系統的整理，只這一點也可以說明在反動政府的統治下，和帝國主義的影響下，雖經過半個世紀的時間，祖國的科學是不可能獨立自主地建立起來。

隨着新中國的誕生，組織學和其他科學一樣，從帝國主義的影響中解放，逐漸發揚起來了。組織學的工作者擺脫了

舊的唯心的理論，努力學習了正確的辯證唯物論的思想方法，響應了政府的孫召，大力培養了青年的幹部，團結一起，共同努力學習蘇聯，使組織學陣容空前壯大起來。擺在我們面前的任務，是把祖國落後的組織學這門科學，在馬列主義思想指導之下，吸取蘇聯先進的經驗，自勵更生，在祖國文化建設中發揚光大。將來在科學的歷史上，寫成光輝的一頁。

組織學的方法 組織學的主要工具是顯微鏡，藉之可以把要觀察的物體擴大幾十倍到二十多倍，使微細的組織很正確地反映到眼中。普通的顯微鏡是利用可見的光線，通過集光器，把光線集中在將觀察的物體上，然後透過這物體，再通過一系列透鏡的裝置，把原來物體的景像擴大了。集光器是重要的，一定要把光源集中所要看的物體的範圍，否則顯微鏡不能發揮固有的效率。透鏡分裝在接物鏡和接目鏡內，都是由數個透鏡配合而成。這些透鏡具有不同的折光率和凸凹度，配合起來，削減了不同波長的光線，在穿過透鏡時因折射不一致而引起的所謂“色差”的分光現象，和不同部位的光線，在穿行透鏡時，因凸度而引起的所謂“球面差”，即焦點不在一個平面的現象。這樣，所見到的景像，甚至擴大到1500倍，仍能正確地和清晰地反映出原物體的形態。普通顯微鏡的擴大的強度是被光源的波長所限止的。可見的光最短的波長約為 $4200 \text{ \AA}$ ($1 \text{ mm} = 1000 \mu = 10,000,000 \text{ \AA}$) 最好的顯微鏡能分辨出約有波長一半大小的物體(約為 0.0002 mm)，這叫做解像力最低限度。這解像的強弱主要是決定於接物鏡，它的擴大能力最高限度是100倍。接目鏡可以把由接物鏡所擴大的景像再度擴大，但不能超過接物鏡的解像力所及的限度，超過了也看不到更小的東西了。

顯微鏡下所觀察的物體是要具有一定的條件的，必須要透光，並且折光率或吸收光線的程度各有不同，纔能使光線

穿過透鏡映成各部分構造的景影。完全透明或折光率一致的物體則看來一無所有，如光線不易透過則黑漆一團毫無所見。機體的組織一定要經過處理，切成薄片，使光線可以透過，和染上顏色，使不同的構造易於區別。處理的方法叫做顯微製片術。生活的組織是半流動的物體，並且從身體取出不久就要分解死亡，失去原有的結構。顯微製片術的第一步即是把取下來的組織固定下來，儘可能保持它原來的結構。固定的方法普通是用化學劑沉澱或凝固蛋白質的方法，這所用的化學劑叫做固定液，大部是重金屬的鹽類（如鉻鹽類）和乙醇、蟻醛、醋酸等混合溶液。有的可以保存碳水化合物，有的可以保存脂肪，但大多數是保存蛋白質的化學劑。這些固定液都不能把生活的組織內的結構全部毫無改變地保存下來，其中的化學物質有的變質了，有的溶解了，有的和固定液結合了。因此所固定的組織，多少改變了原有的本質。最好的方法，是把活的組織在液體空氣的溫度（ -160°C ）凍結了，然後在真空中把水份去掉，這樣可以保存了組織原有形態和化學物質，這種方法叫做凍結乾燥法。

第二步是切片，即是把組織切成極薄的片，可使顯微鏡的光線透過。普通的組織雖經固定仍是很軟，不能切成薄片。最簡單的處理是把組織凍結起來成為硬的冰塊，就可以切成薄片了。其他的方法是把組織放在較硬的物質中包埋起來，再做切片。所用的物質有兩種，一是石臘，在 $50-60^{\circ}\text{C}$ 的溫度溶解，並滲入組織中，然後冷卻凝固成為硬塊。另一種是火棉膠溶在乙醚和乙醇的混合液內，使滲入組織，凝固後變硬。以上三種方法都是把組織包埋在硬的物質中以便切成薄片。切片的機器又各有不同，但都是用螺旋推進的方法，用力將組織塊切成一定厚度的薄片。這些機器製造得很精密，可以把組織切成厚約 $3-100\mu$ （ $0.003-0.1\text{mm}$ ）的

薄片。

得到的切片裱貼在載物玻璃片上，然後進行染色。染料有許多種，並對組織中一定構造有不同的結合能力。這些染料都是複雜的有機化合物，有些是從動物取得的（如卡紅），有的是從植物取得的（如蘇木精、奧爾辛），多半是由煤焦油提煉的（如曙紅、酸性復紅、甲烯藍、甲基綠）。這些染料又分成鹼性的染料，它的有效成分是陽離子，和酸性的染料，它的有效成分是陰離子。鹼性的染料（蘇木精、甲烯藍、甲基綠）能把細胞的核染色，其他大部是酸性染料（曙紅、酸性復紅）染細胞質中某些成分。染色的機制現在還不完全明瞭，染料雖然分出鹼性和酸性，但並不能認為染色的過程即是單純的酸鹼結合的化學作用。

染上色的切片可以樹膠封固保存起來成為永久的標本，隨時用顯微鏡觀察。這種方法已有百多年歷史，在現在仍是學習組織學的主要方法。從上面可以看出，原來的活組織經過許多步驟，不但不能完全保持組織固有的狀態，有時能由不同處理而產生原來組織所沒有現象，這些不是確實存在的現象叫做人工假像，在我們觀察標本時要隨時注意，並且永遠要想到固定、切片處理、和染色等手續對組織所產生的各種變化。

最理想的方法是直接觀察生活的組織，但是有很多的困難。首先，生活組織的組成部分的折光率大致一樣在顯微鏡不易分辨出來，還有活的組織離體以後，雖設法維持它生活的條件仍不易長久保存它生活的狀態。但仍有許多方法克服這些困難使生活的組織能被利用作研究的對象。

最簡單的方法是把薄膜狀的組織直接放在顯微鏡下觀察，如蛙蹼的血流，蝌蚪尾部的細胞分裂，腸系膜的結締組織等。為了使折光一致的細胞構造能顯出形象又可利用對於細

胞無害的，或毒性較小，高度稀釋的染料溶液注射到動物體內，在不妨礙細胞正常生理作用情況下將組織染色。這樣的染色叫做活體染料，常用的有墨汁、中性紅、詹納斯 Janus 像等。

為了保證所觀察的組織是保持在正常生活狀態之下，於是設法使組織離體後在人工條件下培養。這種方法叫做組織培養。為達到這個目的，第一必須準備一個適於組織生活的固體基質，普通是用凝固了的血漿，其次是用不同成分的無機鹽類和有机化合物所配製的培養液，供給組織生理所必需的環境和營養，把取出的組織塊放在裝好培養基和培養液的玻璃器皿中，放在保持體溫的恆溫箱中進行培養。這一切手續要在嚴格滅菌的情況下進行以防細菌的侵害。用這種方法所培養的組織，在培養液中移動、轉變、分化，進行一切生活活動，並可經常移種，使之繁殖。雞胚的心臟組織，已經培養繁殖四、五十多年了，遠超過了在正常雞體中壽命。培養的組織在玻璃器皿中散佈成薄膜，便於直接用顯微鏡觀察，不止研究它的形態構造及生理活動，並可進一步分析它生活必需的條件和環境，和對各種因素改變的反應。

與組織培養相似的方法是組織移植方法，即是利用機體本身或其他機體的表面易於觀察的部分作為各種組織培養的所在。把體內組織在滅菌情況下移植到眼的前房，裡面有自然的培養基和培養液，可通過透明角膜進行直接觀察。為了觀察眼內移植的組織，顯微鏡必具有特殊照明的裝置。這種顯微鏡的光源是從接物鏡的周圍向下投射到物體上面，使物體照明然後反射入接物鏡。這種顯微鏡叫做投射光顯微鏡。

許多細胞和組織在生活狀態或在^{移植}移植的條件下發生許多活動或構造的变化。用連續攝影的方法可以在顯微鏡下把這些活動的過程記錄下來，作成活動影片，這種方法叫做顯微

活動攝影術。

對於生活的組織不但只作直接觀察，并可進行解剖和注射等手術藉以分析細胞和組織的物理性質和生理的活動。這種方法叫做顯微操作術，是用精密的裝置藉着螺旋推進或氣壓的作用，以玻璃線精製的各種刀剪細管，在普通顯微鏡下進行的。

顯微鏡的改良也幫助了活體觀察的進展。在1942年蔡爾奈克 Zeernike 創製了比相顯微鏡。這種顯微鏡能使普通顯微鏡所見不到的，因其厚度或折光率不同的物體顯出明暗不同的對比。生活細胞的內部結構在普通顯微鏡下大致都是透明的，這是因為光線通過後光的強度沒有受到影響，但是它的各種結構的厚度和折光率並不一致。光線通過後光波的相是有改變的，但是我們的眼分辨不出的。就如同看到空氣、水、玻璃等同樣都是^{同樣}透明的。比相顯微鏡利用特殊的裝置，使通過物體某一點的光波起了干涉現象，由相的差異變成了強度的不同，因而我們就可以看見了。它所根據的原理是太專門化了，我們不能深入瞭解。這種顯微鏡是在普通顯微鏡的集光器內加了一個環狀的透光板，在接物鏡上面焦點的平面上加一特殊的濾光玻璃板。這玻璃板也有一個環狀結構。在用時使集光器的光環在濾器上的光環成像并彼此切合。接物鏡的濾光玻璃板能使經過物體的光線，由相差轉變為強度的不同。玻璃板上的環有的是淺溝，有的是突出的，板上有的有金屬沉着，或在溝內，或在溝外。因之有的使密度大或薄的部分變為明亮的部分，有的變為較暗的部分。這種顯微鏡証明了許多細胞的構造的存在，以前認為是人工假像，而現在能在活的細胞中看見了。

利用可見光線的顯微鏡被光波的波長所限制不能看到比最短波長小一半的物體，因而有許多生活的物體如癱瘓性病

毒就不能見到了。這些在顯微鏡解像力最低限度以下的對象叫做顯微鏡限下的物體。組織學也不能滿足於普通顯微鏡的限度。而進一步設法研究機體顯微鏡限下的結構。利用超度顯微鏡、偏振光顯微鏡、電子顯微鏡、X-光衍折分析法等間接地可以研究機體接近分子大小的限度的構造。這樣，使形態的構造和分子的結構互相溝通了。更可深入進行研究形態的本質和變化所根據的物理和化學的基礎。

超度顯微鏡是利用坦達爾 Tyndall 氏現象，在不直接受光的顯微鏡視野中發現發光的微細顆粒。這種顯微鏡的集光器有金屬板或是水銀塗面把光源的光線遮住，使之不能直接穿入接物鏡，但將光線由集光器的周圍斜射到物體上。如此，小至 $6 m \mu$ ($1 \mu = 1000 m \mu$) 的膠體金的顆粒能反射出光來。在顯微鏡下可以看到漆黑的視野中分散着閃爍發亮的小體，進行布朗氏運動。利用這種顯微鏡可以觀察細胞內微細顆粒狀的成分。因為沒有物質存在時視野是黑暗的，所以也叫做暗視野顯微鏡。

偏振光顯微鏡是用來檢查物體的光學性質，藉之可以研究組織的內部分子構造和排列。有時光線通過物體時，在任何方向，這物體的折光率並不改變。這類物體叫做均質性的，即是它的光學性質在任何方向是相同的。等軸的結晶體都是均質性的 Isotropic。但有的物體把穿行的光線分散成為只能在兩個互相垂直的平面上振動進行，而成為所謂的偏振光 polarized light。這類物體的不同方位對光線具有不同的折光率，表示它的分子結構不是等軸的結晶，叫做非均質的 Anisotropic。光線通過時進行不同的折射而分成二條速度不同的方向垂直的偏振光。因此非均質的物體表現有雙折光性 Birefringence。不等軸的結晶體或長桿形的分子一致排列時就有雙折光的性質。這種顯微鏡的集光器

就是用雙折光性的尼可爾 Nicol 氏稜柱，使光線變成只在一平面振動進行的偏振光。這稜柱叫做偏振器。再用同樣的稜柱放在接物鏡的上面，但是叫做分析器。這兩稜柱都只留一平面的偏振光通過顯微鏡。可以轉動分析器使兩者偏振光的平面相合，則顯微鏡中視野明亮，若使之互相垂直交叉，則視野黑暗。此時將另一物本放在接物鏡下，也就是偏振器和分析器之間，轉動載物台使觀察的物體旋轉 360° 度。如果鏡下看見這物體光亮度不因方向不同而改變，這物體在任何方向的光學性質都是一致的，於是可知它是均質性的。如果觀察的物質，在只能在一定的方向才顯出明亮的，即是表明它在不同的方向折光率有強弱的。因之是具有雙折光性的，非均質性的。由偏振器出來的光線，穿行它時，又被它折射成為兩條振動平面互為垂直，速度不同的光線。當這物體轉動時，在一定的角度被它所折射的光可以通過分析器，則顯出是明亮的，錯過這角度又漸變黑暗了，旋轉一周可有四次顯出是明亮的。這就^是偏振光顯微鏡所根據的簡單的道理，應用在組織學上可以發現許多組織顯有雙折光的性質，如肌纖維等。

電子顯微鏡是利用電子波代替了光波，電磁場代替玻璃的透鏡而創製的顯微鏡。這稜顯微鏡表面上和普通顯微鏡的原理一樣，它的“光源”是陰電板，由於高的電壓（而放射出短波的電子波。波長和電壓成為反比的，五萬弗打的電壓，放出的電子波的波長是 $0.05 \text{ \AA}$ 。這電子波^{通過}電磁場時和光線通過凸透鏡一樣發生折射現象。通過第一電磁場相當“集光器”，通過觀察的物體，再通過“接物鏡”和“接目鏡”二個電磁場而將物體的形像放大。電子波要在真空中進行的，所以整個裝置要保持高度的真空。電子波是看不見的，因此要用螢光板或攝影法才能顯出該物擴大的形像。電子波的

波長比可見光波要短到十萬倍，因此它解像力大為提高了。在理論上它能達到分辨 $0.03 \text{ \AA}$ 的物體，但技術上尚不能十分完備，它最高的解像力能達到 $50-100 \text{ \AA}$ 。這樣的性能，不但可以使過癆性的病毒的形態顯示出來和解決了許多普通顯微鏡不能決定的許多形態的問題，並且由於許多纖維性的組織顯出了的橫紋，更可能進一步測量分子的大小。

X-光衍射分析法是利用 X-光由一定的角度投射到結晶的物體表面，而反射出的影來測量結晶體內分子的間隔。結晶體的分子排列是有一定規律性的，分子間的距離是一定的。一般的分子距離是含 X-光的波長相近，約為數個 $\text{\AA}$ 左右。因此當 X-光的光波投射到結晶體內由於分子構造的規律性，被反射出去並且彼此發生干涉現象而產生大小不同的環形排列的暗影。這暗影可由攝影記錄下來，由之可以推測物的內部的分子構造。一切複分子的物質如蛋白質、多醣類、核酸等，都可利用此法分析它們分子的結構並且和形態的結構聯繫起來。

以上各種方法給組織學開闢了新的道路，使複雜的形態結構，進入了分析它們分子結構的境界。并能進一步由纖維、網狀、薄膜等形態，由 X-光分析而可推測組成分子的化學物質的性質。

組織學并不停止在純形態的描述，并由形態變化的表現，進而研究生活物質代謝作用及生理活動。組織化學即是利用化學反應方法來分析組織的化學成分和生活活動中所進行的化學變化及物質代謝。藉着各種反應的有色產物或沉澱不僅作定性和定量的分析，並因反應是在固定的組織中進行的，並可作定位的分析。就是說藉之可以在形態結構中確定化學物質或變化所在的位置。例如利用碘測定動物澱粉，普魯士藍測定鐵，Ninhydrin 測定胺基酸等都可在切片標本

上進行。另一種方法是利用酶來鑑定所消化的物質。利用核酸酶消化過的切片標本和沒有被消化的標本一同染色，可從兩者着色不同互相對照可以確定核酸的分佈。被消化的切片上核酸不存在了，而在沒有被消化的切片上同樣^的部位保存着染色的核酸。也可利用^用已知的化學物質測定它的酶，如用磷酸的有機化合物作為基質，將組織的切片浸在裡面，經過培養，如有磷酸酶的存在，即能分解基質成為磷酸，並使其沉澱在反應發生的部位，藉之可以測定磷酸酶存在的量和位置。也可以利用一些物質產生螢光的特質用特製的螢光顯微鏡來測定。螢光顯微鏡是利用紫外線作為光源，經過集光器穿過組織切片，其中有的物質可將紫外線（不能見的光）的能量轉變為可見的光。通過顯微鏡放大，可以由光的各種不同的顏色來鑑別各種物質，由甲種維生素就能發生橘黃色的螢光。人工放射性的同位素如 I^{131} 、 Ca^{45} 、 C^{14} 、 P^{32} 等的化合物，^{也可利用到顯微鏡下的觀察，將同位素}引入動物體內，在不同時期殺死動物，作成組織切片。以攝影用的感光膠板^放在切片上。在黑暗中任何同位素的輻射可使膠板“感光”，沖洗後就顯出黑影，示出這種元素的分佈的位置。這種方法叫做顯微放射攝影法，藉之可以追蹤各種元素在體內分佈的情況和代謝的過程。