

# 核酸及其生物学作用

---

O. II. 威宾諾加 著

科学出版社

# 核酸及其生物学作用

О. П. 戚宾諾加 著

严 幼 宽 译

科 学 出 版 社

1961

О. П. ЧЕПИНОГА  
НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ И  
ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Изд. АН УССР

1956

內 容 簡 介

本书汇集了从化学、物理-化学和生物学方面描述核酸的实验和理论资料。其中特别注意到在各种内部的和外界的因素(例如机体的生长和发育、再生作用、恶性生长、光能以及别种能量)影响下机体内核酸的代谢问题。此外还引用了有关核酸本身对各种生物学过程的影响方面的文献资料。

本书可供生物化学科学工作者与有关的大专学校师生参考。

核酸及其生物学作用

О. П. 戚宾諾加 著

严 幼 宽 译

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经销

1961 年 12 月 第 一 版

1961 年 12 月 第一次印刷

(京) 0001—6,000

书号: 2448 字数: 164,000

开本: 850×1168 1/32

印张: 6 1/4

定价: 0.92 元

# 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 緒 論.....               | 1   |
| 核酸的組成、結構和特异性 .....     | 3   |
| 生物對象中核酸的分布和含量.....     | 20  |
| 核酸的特性.....             | 22  |
| 核酸與蛋白質的複合體生成.....      | 38  |
| 使核酸解聚的酶類.....          | 56  |
| 脫氧核糖核酸酶 .....          | 57  |
| 核糖核酸酶 .....            | 72  |
| 核酸的更新.....             | 84  |
| 各種因素和條件對核酸及其代謝的影響..... | 101 |
| 年齡變化.....              | 101 |
| 再生作用.....              | 109 |
| 惡性生長.....              | 114 |
| 其他因素.....              | 129 |
| 核酸對於各種生物學過程的影響.....    | 149 |
| 核酸與各種代謝作用的聯繫.....      | 155 |
| 論核酸在代謝中的相互聯繫.....      | 171 |
| 參考文獻.....              | 176 |

## 緒 論

目前人們把核酸的生物學作用這一問題列入迫切需要解決的科學問題之中。我們還不夠知道這類物質以便為了實踐利益而有效地利用它們，但根據自從發現核酸後八十多年來所獲得的大量科學研究材料，已使人不再懷疑核酸的重大生物學意義。

所有的資料都使人認為：必需將核酸代謝與蛋白質代謝聯繫起來，因此它們的作用被預先確定對生命是最重要的。目前任務在於查明這種作用的性質並揭露它實現的機制，因為缺乏這些則任何控制它的企圖都將陷於經驗主義。

核酸分布在所有的活體中，並對這些或那些外來影響以及機體內進行的過程、特別是與蛋白質合成有關的過程（整個機體及其各部的生長與發育、再生作用、外分泌腺的蛋白質分泌物的形成與分泌、惡性腫瘤的生長與發育、細菌由一種類型轉變為另一種類型以及其他等等）有所反應，而在核酸的含量或代謝的性質和強度上都經常發生變化。

然而僅占有這些資料，我們還不能具體確定核酸的生物學作用。為了使有關這類物質的生物學意義這一問題被認為在現代生物化學水平上充份闡明，則必需充實我們在这一知識領域內的下述主要空白點：(1)獲得有關核酸本身的補充知識，(2)闡明與核酸影響機體的機能和狀態有關的問題。

應該列入第一類研究的包括有遠未解決的有關核酸的組成、結構和特異性（種的、器官的、組織的）問題，合成和分解的途徑；兩種類型核酸在機體內相互轉變的可能性以及這種轉變的機制；無論在機體內或機體外的某些影響核酸的情況下它們的化學和物理-化學變化；機體內含的各種物質和複雜化合物的生成條件與機制問題，核酸代謝的能量方面，以及最後有關在試管中和在活體內真

实情况下所得資料的符合程度問題。

第二类研究應該包括核酸参与物質代謝过程，其中包括参与酶促过程、参与非細胞物質的发生与发展、参与由非細胞物質形成細胞的問題，此外还应该闡明：核蛋白先就存在于机体細胞中的呢，还是在分离的过程中形成的？以及它們的生理意义又如何。特別重要的是有关核酸参与蛋白質生物学合成的机制問題。文献中已有許多这类研究的报导，但它們还远不足以解决所有的問題。

最近就需要研究的問題有核酸在机体内天然存在的形式問題，以及与此相关的——有关核酸聚合状态的作用問題，有关特异性及其保証的条件，有关核酸具体参与酶类活動的問題和它們可能参与激素机能的問題，以及最后有关核酸在創造蛋白質結構中起作用的机制問題和它們对个别器官的机能的特殊意义。

这还远远沒有完全列举出这一領域的研究者們所面临的問題。还可能随着个别任务的解决必需談到的就不是核酸的一种而是一系列的机能，正象目前我們不能將蛋白質的作用归結为任何生物学的特殊性 (частность)，它是多种多样、无所不包和不可替代的。

我們对于核酸的知識特別是在最近 20 年来被扩充了。在这一时期內所做的工作比整个以前研究核酸的时期 (約 65 年) 要多得多。大概这样說將不是夸大其詞的，即在生物化学的問題中目前在世界各国还没有一个象关于蛋白質和核酸的問題这样被如此着重地研究着，并且研究的速度也在逐年愈益增加着。这种情况对于自身发展需有其他科学的成就的科学領域來說則是很自然的。現代化学、物理學、物理化学的成就，研究方法的改善都促进了生物化学的发展，特別是它的涉及核酸研究的部分。自从分光光度計、紫外光显微鏡、电泳仪、色层分析法、放射綫照相法以及伦琴射綫分析結構法、放射性元素的使用等等比較容易获得后，并且在科学研究所和實驗室中获得了广泛的使用，我們才对核酸的組成和結構知道了很多，我們才能設法去解决有关核酸的特异性、同源性問題，有关合成的来源和在各种器官中的代謝問題，从而加速

对这类化合物的生物学作用的了解。

但是如不掌握基本的科学方法——辩证唯物主义的方法，則我們的技术可能性就不可能是很大的，也不可能深入問題的本质，我們不仅永远也不能全部解决它，而且甚至不可能大致正确地去解决它。只有作为物质的存在形式的运动与周围的内在和外在环境的联系以及現象的相互制約所制約，才能被用作根据实际資料所得結論的准則。

辩证唯物主义者在自己的研究中應該經常考虑到物质代謝的过程及其不可分割的两个方面——同化作用和异化作用，考虑到能量代謝形式以及巴甫洛夫生理学的基本原理。

本著作的目的是要分析并且尽可能概括文献上已有的关于核酸及其代謝的資料，以便減輕从事于解决核酸的生物学作用問題的研究者們的任务。

## 核酸的組成、結構和特異性

核酸是具有复杂結構的物质，它广泛分布于自然界，而以某种数量含于动物、植物和微生物的所有細胞中。由于它与許多其他物质（特别是与蛋白质）具有高度結合的能力，因此当由組織中将核酸提取出来时，它經常与蛋白质在一起。这种蛋白质-核素复合体被称为核蛋白（“нуклеус”——核），这是因为特別大量的这种物质乃是由富有細胞核的材料中获得的。

最早开始研究核酸的 Miescher<sup>[751, 752]</sup> 在 1868 年曾由脓的細胞核中分离出具有非常高含量的磷的物质，并称它为核素（нуклеин）。这一名称被保存了几十年。現在我們知道 Miescher 的核素乃是核蛋白，即核酸与蛋白质的复合体。以后，当能将核素分为蛋白质和含磷的酸性物质时，后者則被称为核酸。这类物质的多样性以及全部組成的复杂性現在是知道了，而那时却不知道，因此曾认为它是一种物质，所以名称也是以单数来表示的。后来則闡明了有两种核酸存在。它們被称为植物的和动物的核酸，或酵母的和胸腺的核酸，或細胞質的和細胞核的核酸。这些名称直到現在还

被保存在文献中,但是它們除說明获得該类物質的来源外,其余什么也沒有說明。后来成功地确定了两种核酸在化学組成上的差別、而主要是証明了它們并非在本質上有賴于获得这类物質的来源时,它們則被称为核糖核酸和脫氧核糖核酸。

最后的術語乃是現在通用的,虽然它們还远远不是完善的,因为在这一領域內很多研究的結果表明:在術語的确定上还可做得更好些。現在我們知道核酸是多核苷酸。每一个核苷酸也都是由含氮碱(嘌呤碱或嘧啶碱)、碳水化合物部分和磷酸根所組成的。早先認為,在一种核酸中的碳水化合物是核糖,而在另一种核酸中——是脫氧核糖,但后来发现,在前一种情況下規定它是戊糖、而在后一种情況下为脫氧戊糖——这样将会更正确些。此外曾确定了在这两种主要类羣中每一类羣範圍內多核苷酸的多样性。

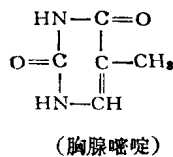
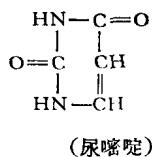
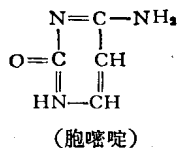
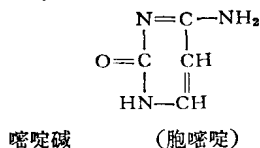
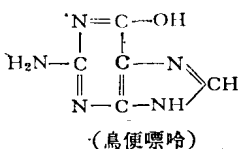
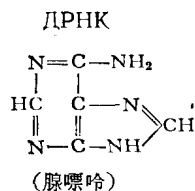
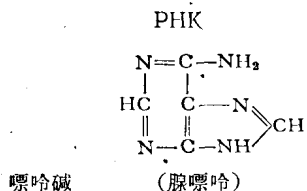
由此可見,根据我們現代的知識水平應該認為“戊糖多核苷酸”和“脫氧戊糖多核苷酸”的術語并指示出获得它們的来源,乃是最正确地反映了核酸的概念,因为已有資料証明这类物質有種的、器官的和組織的特异性。然而当考虑到所用名称的累贅性以及从前的術語已牢固地列入專門的文献中,在以后的敘述中我們將使用“核糖核酸”和“脫氧核糖核酸”的名称,簡称为 PHK 和 ДPHK。

Levene 及其学派<sup>[674, 682]</sup>的多年研究在闡明核酸的化学組成和結構方面曾起了很大的作用。在 Белозерский<sup>[25]</sup>、Tipson<sup>[322]</sup>、Grégoire<sup>[520]</sup>、Schlenk<sup>[846]</sup>、Hevesy<sup>[562]</sup>、Davidson<sup>[408, 77]</sup>、Chargaff<sup>[371]</sup>等的一系列概述性著作中,都可找到以怎样的历史順序性以及在这样的实验基础上来闡明問題曾发展了有关核酸的組成和結構的概念。

虽然 Levene 的图式在很大程度上已陈旧了,但它現在仍能用作为有关核酸結構基础的概念。按照这一图式,多核苷酸是由集聚成小的結構单位的核苷酸——四核苷酸所組成。每一个单核苷酸則是由彼此以酯鍵或糖苷鍵結合起来的磷酸、戊糖(或脫氧戊糖)和嘌呤碱(或嘧啶碱)所构成。这两种类型核酸(PHK 和 ДPHK)

主要是在糖的种类 (ДРHK 含脱氧戊糖, РHK 含戊糖) 和嘧啶碱 (尿嘧啶参与 РHK, 胸腺嘧啶即 5-甲基尿嘧啶则参与 ДРHK) 方面彼此有所不同。

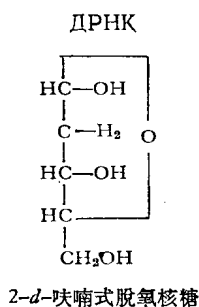
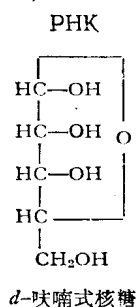
核酸所含的含氮碱:



最近在不同来源的核酸中, 除发现上述含氮碱外, 还发现了其他的含氮碱, 例如 5-甲基胞嘧啶<sup>[983, 985, 579, 591]</sup>, 5-羟甲基胞嘧啶<sup>[967, 981, 983]</sup>。当将得自不同生物学来源的核酸分解时, 还可能发现其

他的嘌呤碱和嘧啶碱衍生物。

核酸的碳水化合物部分：



Feulgen<sup>[497]</sup> 首先指出了胸腺核酸中糖的异常的本质，而 Levene<sup>[673]</sup> 则确证它是 2-*d*-脱氧核糖。

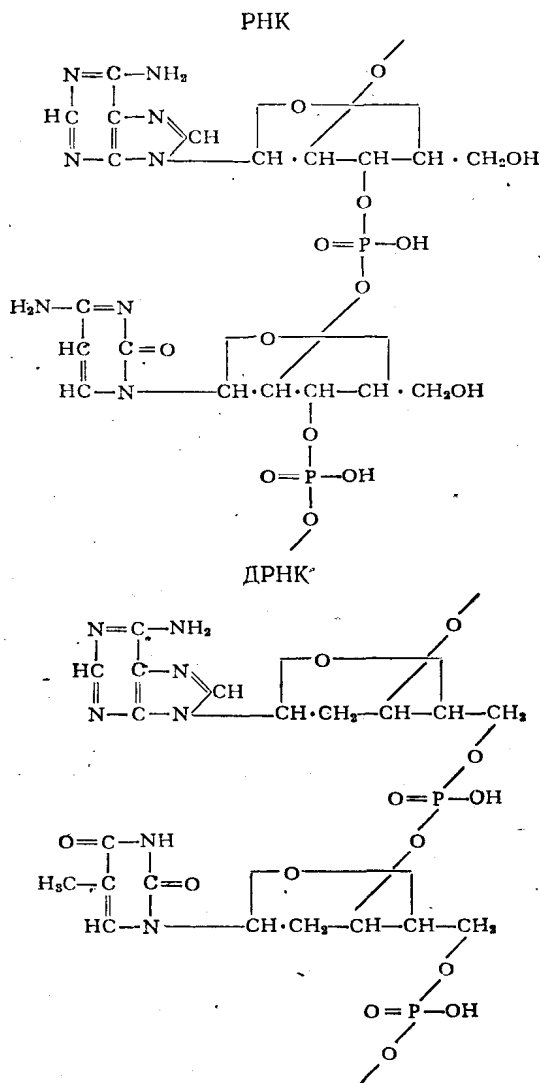
在 PHK 中磷酸基连接到核糖的第三个碳上，而在 ДРHK 中则连接在第五个碳上。然而最近当用特异性蛇毒二酯酶和离子交换层析技术所得的资料表明在 PHK 的分解产物中存在着 5'-核苷酸。看来，必需认真估计到核苷的磷酸酯在化学上的各种各样的可能形式并且考虑到与理论相符的事实。

在两种类型核酸中，碳水化合物连接到含氮碱上是通过戊糖的第一碳原子和嘌呤在第九个位置上的氮或是戊糖的同一碳原子和嘧啶在第四个位置上的氮之间的糖苷键而实现的<sup>[533]</sup>。

多核苷酸分子中个别核苷酸之间的结合是靠磷酸来实现的，并且伴随有靠糖的羟基和正磷酸的氢所形成的水的放出。在 PHK 分子中核糖的第三和第二（或第五）碳就是以这种方式相联，而在 ДРHK 中则是脱氧核糖的第五和第三碳以这种方式相联。在这两种类型中第一和第四个位置因戊糖的呋喃式结构而被取消了，在 ДРHK 中则除此以外，由于 2-脱氧结构因而第二个位置也不可能用于联结。

单核苷酸之间的模式联系当以线形排列时可以表示如下：

个别核苷酸当它们在多核苷酸分子中结合时彼此可能以怎样的次序相连接呢? 当将 PHK 进行缓和的化学水解时曾经证明<sup>[327]</sup>,



可以是下列配合中的一种;

| I.   | II.  | III. | IV.  |
|------|------|------|------|
| 鳥便嘌呤 | 鳥便嘌呤 | 鳥便嘌呤 | 鳥便嘌呤 |
| 尿嘧啶  | 腺嘌呤  | 腺嘌呤  | 胞嘧啶  |
| 胞嘧啶  | 尿嘧啶  | 胞嘧啶  | 尿嘧啶  |
| 腺嘌呤  | 胞嘧啶  | 尿嘧啶  | 腺嘌呤  |

由于在开始水解时鳥便嘌呤核苷酸被分离出，然后在持續水解的过程中分离出腺嘌呤核苷酸，由此曾經得出結論，即鳥便嘌呤和腺嘌呤應該或者是并排排列，或者是在四核苷酸的相反的两端，假如采用在核酸的高度聚合的分子中有循序排列的四核苷酸鏈，則上述两种排列方式在實質上是一样的。

然而这种結論是太簡化了。大家知道，当將 PHK 在稀酸中煮沸时，嘌呤核苷酸相当容易被水解，可是嘧啶核苷酸則仅在強烈作用(在高压下加酸煮沸)后才分离下来。嘌呤的首先解脫出来与其以一定的空間排列来解释，不如解释为它們与組成分子的其余成分的結合有着很大的不稳定性。

現在当考虑到核酸的多样性和相当广泛的特异性时，还未必可以一般地談它們結構的严格性。核酸是属于高度的聚合物，并且它們的聚合程度在頗大程度內有賴于这些物質由組織分离出来的方法。應該指出，直到我們還沒拥有使能确信所得制剂是与核酸的天然状态相符的方法时为止，当描述核酸的性質时我們可以把它們仅仅列入这种或那种制剂。例如由小牛胸腺所得  $\Delta$ PHK 的分子量随制备方法的不同而在 500,000 到 2,000,000 或更多之間变动着。多半所得制剂的分子量是 1,000,000。Anderson<sup>[261]</sup> 当研究活細胞中  $\Delta$ PHK 天然分子的聚合程度时曾得出結論，认为分子量为 1—2 百万的高度聚合的  $\Delta$ PHK 制剂乃是稳定的能够經受得住分离的长鏈，并且认为天然的核酸分子應該还大 20 倍。出售的酵母 PHK 所具的分子量是 10,000—23,000，由烟草花叶病毒所得的分子量是 50,000—290,000，但以冷碱处理制剂几天則使此数值減低到 15,000<sup>[346]</sup>。

正如曾指出过的那样，較早以前就已有这样的假設，即核酸是

复数化合物 (множественные соединения), 并且应该把 PHK 和 ДPHK 的名称看作仅是类羣的名称。不但如此, 在各个类型中也曾发现了非典型的化合物, 例如在含顆粒螺旋菌 (*Spirillum volutans*) 的核中, Белозерский<sup>[27]</sup> 发现了并非寻常组成的 ДPHK, 即在每四个核苷酸中含有二个核糖和二個脱氧核糖, 至于其中的碱則是 ДPHK 所特有的。Белозерский<sup>[25]</sup> 在同一細菌的类核染质体 (волютин) 中发现了酵母类型的类核染质体核酸, 它在四个核苷酸上不象通常那样含四个含氮碱, 而是含有五个含氮碱。

在罂粟正在发育的胚珠中曾經发现核酸含有 PHK 所含的核糖, 但却具有 ДPHK 所特有的含氮碱<sup>[22]</sup>。在肝脏的核蛋白中发现了特殊种类的核酸, 虽然它的存在可以用方法学的影响来解释。由噬菌体曾分离出具有两种不同的嘧啶碱而沒有一种嘌呤碱的复合的核苷酸<sup>[367]</sup>。由胰腺所得 PHK 的特点是: 它們具有五种重复的单核苷酸来替代一般情况下的四种, 其中有三种嘌呤碱和二种嘧啶碱。在这种情况下利用扩散法就能說明由胰腺所得核酸的单一性, 而不是几种酸的混合物<sup>[761]</sup>。由酵母所得 PHK 的組成中, 除含有 *d*-核糖外, 还发现了 *l*-异木糖<sup>[532]</sup>。

近年来主要是美国 Chargaff<sup>[366-371, 494, 705, 919, 948, 949, 994, 995]</sup> 学派和英国 Markham<sup>[556, 722, 723, 886, 987-990]</sup> 学派的代表們发表了最有根据的反对核酸結構有同一型式 (однотипность) 的意見。他們的实验首先表明, 虽然由小牛胸腺和牛脾所得 ДPHK 制剂的組成是相似的, 但它們与四核苷酸学說不相符合, 因为替代了按照該学說含氮碱的比例应为 1:1:1:1, 却曾发现: 胞嘧啶——1分子, 腺嘌呤——1.6, 鳥便嘌呤——1.3, 胸腺嘧啶——1.5—1.3 分子。借助于紙上层析研究法在由胰腺所得的 PHK 制剂中也曾发现了不同比例的含氮碱: 鳥便嘌呤——2.42 分子, 腺嘌呤——1.0, 胞嘧啶——1.23 和尿嘧啶——0.3 分子。

同一个种的不同器官的 ДPHK 在含氮碱的組成方面极其相似, 在其中腺嘌呤和胸腺嘧啶 (“AT-型”) 占多数, 而含有很少的鳥便嘌呤和胞嘧啶。然而在不同种动物器官的 ДPHK 的組成中

也曾发现了很大的差异<sup>[370, 937, 982, 987]</sup>。換句話說,由母牛的肝、腎、脾和其他器官所得的 ДРНК·比起例如由母牛肝和馬肝所得的 ДРНК 彼此在化学上要近似得多。至于談到細胞質的 РНК,則相反地它們对于器官較为专一<sup>[370]</sup>。在某些微生物的 ДРНК 中會发现在含氮碱之間有另一种比例(与动物的相比),它們属于“ГЦ”型(鳥便嘌呤-胞嘧啶)<sup>[368, 993]</sup>。在病毒及其生物学同类的 ДРНК 組成之間沒有发现一般的平行現象:一种宿主的二种不同的病毒具有不同的 ДРНК<sup>[983]</sup>。

在核酸分子中发现了与分子側枝在組成上有所不同的所謂核,乃是在核酸內部結構的研究上前进了一大步。

当把結晶的脫氧核糖核酸酶作用于由小牛胸腺和酵母所得的 ДРНК 制剂时,形成了可透析而同时又不释放出氮和无机磷的碎片。看来,甚至在酶的長時間作用后,并非整个分子被分解为可透析的材料,而往往留下不能通过膜的核。含氮碱的分析曾表明了它們在最初制品和可透析部分中的比例是相同的,可是在未能透析的殘余物中却发现有一定的偏差,即其中腺嘌呤和鳥便嘌呤的克分子比例、而且特别是腺嘌呤和胞嘧啶的克分子比例以及全部嘌呤碱对嘧啶碱的比例增高了。将由胸腺所得 ДРНК 样品进行化学水解并接着透析分解产物后則留下所謂无嘌呤酸 (апуриновая кислота)。在透析液中发现有占最初制剂99.4%的腺嘌呤和96.5%的鳥便嘌呤。在未能透析的部分中几乎沒有嘌呤,而含有5-甲基胞嘧啶,其数量約占全部嘧啶的2.6%<sup>[371, 919]</sup>。

无嘌呤酸——这是产物,它原先被称为胸腺嘧啶核苷酸。它的分子量約为15,000。根据无嘌呤酸的性質曾經提出了 ДРНК 的結構<sup>[917]</sup>,按照这种結構,基本上由嘧啶核苷酸所組成的鏈遇到由嘌呤核苷酸組成的鏈的部分就中止了。无嘌呤酸的吸收最高峯(268毫微米)和 ДРНК 的吸收最高峯(258.5毫微米)是不同的<sup>[371]</sup>。

由此可見,以前在整个 ДРНК 分子上所发现的不对称性 (дисимметрия) 特別表現在未能透析的部分中,这可当作表示 ДРНК 組成的异質性,并表示其分子中有某种数量具有不同嘌呤

和嘧啶組成的核苷酸。根据这些資料曾能提出：在 ДРHK 的分子中有“核”，而核苷酸鏈的束 (пучок) 則联接到它的上面。后者受特殊酶——解聚酶的作用，而“核”則对解聚酶有抵抗力，这表明分子的两种成分的结构不同。

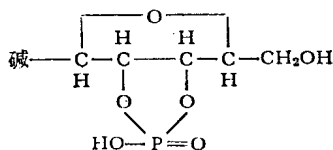
对 PHK 也曾获得类似的資料。例如 Kunitz<sup>[631]</sup> 曾观察到，当結晶的核糖核酸酶作用于酵母 PHK 制剂时，大約有 10—15% 的材料沒有被酶所消化，可見它具有另一种结构。例如将 PHK 的酶促水解产物經常用透析法除去，并且就这样来消除由于分解产物的抑制作用而使反应停止的可能性，則获得了固定数量的对酶有抵抗力的未能透析产物，它所含的鳥嘌呤当以 1 克分子腺嘌呤为准时比原先的材料要多一倍<sup>[610, 695, 903]</sup>。

另一些方法也使研究者们得出核酸的结构具有异质性的概念。例如，将核酸溶液酸化至 pH3.2 或加热到 38°C，則引起在紫外綫下吸收最高值区域中消光系数的增加<sup>[925-927]</sup>，这可能是由于当核酸变性时它的分子内某种不稳定鍵的破裂所引起的。这种鍵可

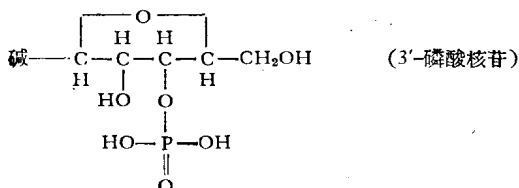
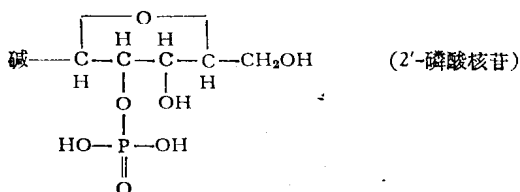
能是例如， $\text{O}=\text{C}-\text{N} \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array}$  以及它轉变为这种鍵  $\text{O}=\text{C}=\text{N}-$ ，它伴随

有吸收最高值的大大增加。也有可能核酸的特异性正是以具有不稳定鍵的次生分子结构的差异作为基础的，并且也可能核酸的天然形式对其生物学活性是必需的。

Markham<sup>[556, 722]</sup> 研究核糖核酸结构的工作不但使他认为核酸分子中有“核”和旁侧的分枝，并且使他发现 PHK 的組成中有环状核苷酸。当以核糖核酸酶作用时，正象当仔细地用碱水解时一样，由 PHK 获得了中間的环状核苷酸：核苷的 2'、3' 单氢磷酸酯。



当繼續用核糖核酸酶处理时它能轉变为 2'- 和 3'- 磷酸核苷：



有趣的是环状嘧啶核苷酸能被核糖核酸酶所消化，并产生通常的核苷酸，至于类似的嘌呤核苷酸——则不能。以往认为 3'-磷酸核苷是 PHK 的碱水解的产物，但后来曾发现所有四种核糖核苷酸乃是成对的同分异构物“a”和“b”；它们在色层分析上无论是彼此间或是与 5'-磷酸核苷都有所区别。以后曾阐明了<sup>[334, 688]</sup>，这些同分异构物乃是 2'-和 3'-磷酸核苷。可见，当水解或酶促分解 PHK 时可以预期有具有 2'-和 3'-酯的环状混合物，这在事实上也曾被确定了。

至于谈到 DPHK，则在其上并未发现这种环状结构，并且在理论上由于在碳水化合物 (*d*-2-脱氧戊糖) 的第二个碳原子上缺乏羟基也就不可能发生环状结构。用色层分析法曾经证明，含有腺嘌呤和胞嘧啶的二核苷酸以及由胸腺嘧啶和二胞嘧啶组成的三核苷酸乃是在解聚酶的影响下 DPHK 分解的主要产物<sup>[507]</sup>。此外还发现了脱氧腺嘌呤核苷酸型的二核苷酸——脱氧胞嘧啶核苷酸和二脱氧胞嘧啶核苷酸<sup>[254, 875, 882, 893]</sup>。

当以由摄护腺所得的磷酸单酯酶继续作用时，由二核苷酸分离出一个磷酸基而生成脱氧磷酸腺嘌呤核苷-脱氧胞嘧啶核苷类型的二核苷酸。

色层分析和电泳的研究表明混合物中存在有 5 种磷酸二核苷 (динуклеозидфосфат)，在每一种磷酸二核苷中碱与磷的克分子

比例大致为 1:1:1。单核苷酸则未曾发现。未能透析的部分是由具有平均链长为五-六核苷酸的多核苷酸的混合物所组成。在由鲑精液所得的 ДPHK 中,除此以外还发现有某种数量的含有脱氧腺嘌呤核苷、脱氧胞嘧啶核苷和胸腺嘧啶核苷的三核苷酸。在二核苷酸中,最后的磷酸基则是连接在脱氧核糖的第五个位置上。

正如已经指出过的,核糖核酸酶由 PHK 只分离出嘧啶核苷酸,至于 PHK 的未被消化的部分,即所谓核,则多半是具有嘌呤的二核苷酸和三核苷酸结构的多核苷酸混合物。这种嘌呤核苷酸残基的链的末端,则是在第二或第三碳原子上具有磷的嘧啶核苷酸<sup>[254, 379, 722, 953]</sup>。

进一步的研究表明<sup>[944]</sup>,核糖核酸酶能对当用乙酸将 PHK 分步沉淀时所得 PHK 的沉重和中等的聚合物起作用。正如在 ДPHK 中一样,在 PHK 中含氮碱的氨基和烯醇基之间有氢键型的不稳定键。当以核糖核酸酶作用时发生了核苷酸间键的改组,而生成较高能量的键。

有人推测,在 PHK 中有 20—40% 的嘧啶核苷酸和 16% 的嘌呤核苷酸都处于嘧啶核苷酸之间的链中,有 20% 的嘌呤核苷酸处于嘌呤和嘧啶之间的链中,而有 65% 的嘌呤核苷酸则是处于嘌呤核苷酸之间的链中<sup>[953]</sup>。

PHK 的一些样品的伦琴射线结构分析表明,它们是在一定条件下能转变为纤维状态的球状分子<sup>[825]</sup>。

最近的许多工作不仅证明了没有同样的核酸分子的链状结构,而且证明了在不同种的有机体的各种组织以及甚至在同一组织中核酸的结构具有繁复性和多样性<sup>[272, 333, 365, 986]</sup>。肝脏细胞质部分的核酸组成与整体组织中这类化合物的组成几乎没有区别,并且前者的特点是有高含量的鸟嘌呤核苷酸和胞嘧啶核苷酸。核仁的 PHK 则按另一种方式建成,并有高含量的胞嘧啶核苷酸<sup>[392, 446, 447]</sup>。在许多被研究过的组织(心脏除外)的细胞质 PHK 上发现有腺嘌呤对鸟嘌呤以及胞嘧啶对腺嘌呤的高比值<sup>[726]</sup>。

在酶促消化并接着透析不同动植物来源的 ДPHK 制剂后所