

生命的语言

人在进食后，消化道如何知道应该吸收哪些食物成分，然后将它们输送到血液中？肾脏的过滤组织如何正确筛选需要排出体外的分子？与机器不同，生物是通过编码来执行许多复杂的“无意识”机能的。越复杂的生物为了生存和繁衍，此类机能就越多。

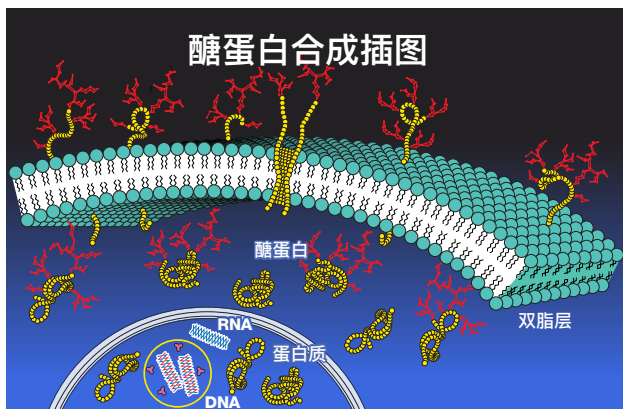
科学界和医学界长期以来都在尝试加以破解这些能让生命体的细胞进行相互沟通的生物编码。确切地说，这些神秘的编码就是生命的语言。生物化学就是生命的化学，即是研究生物细胞内存在的各种分子及其化学反应，目的是解释细胞的化学过程。

生物分子分为四大类：蛋白质、核酸（DNA 和 RNA）、脂类（脂肪）和碳水化合物。多年来，科学家主要将蛋白质视为关键的信息沟通分子。然而事实证明，蛋白质不同的构型并不足以提供身体运作所需的全部信息。还需要有另一种编码。

糖蛋白与生命密码研究

20 世纪 60 年代，科学家们开始对由蛋白质分子与糖分子结合而成的糖蛋白进行研究。（“糖”意思是“甜”，是指糖类或碳水化合物。这些术语可以互换使用。）糖蛋白覆盖在人体每个细胞的表面。由脂肪和糖结合而成的糖脂，是细胞表面发现的另一种糖型或糖复合物。在图 A 中，细胞表面的毛发状串链就是糖蛋白。金黄部分代表蛋白质分子；红色部分代表碳水化合物分子

图 A



此图的绘制基于 1996 年《糖生物学：糖生物学学会官方杂志》（牛津大学出版社）封面。该杂志确认允许从 Oxford GlycoSystems, Ltd. 翻印此原始插图。

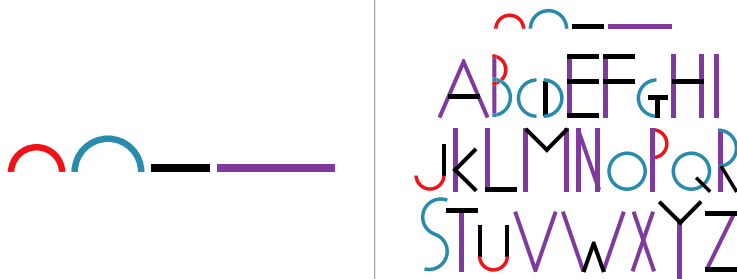
现在我们知道，自然界使用细胞表面糖复合物上的糖作为信息沟通（或信息识别）分子。碳水化合物在结构上比蛋白质复杂得多。六碳糖（如葡萄糖）有许多不同的分子构型，它共有两种异构形式和六个结合点。例如，四胜肽（蛋白质）只有 24 种不同的低肽构型，但四个单糖则可能有 1000 多种不同的低聚糖构型。¹ 因此，糖可以为生命密码提供更多具体形式的生物信息。

自 20 世纪 60 年代以来，随着用于开展研究的技术手段的不断发展，糖复合物的研究呈几何级数增长。到 1996 年时，科学家在《哈珀氏生物化学》中确定，人类细胞表面糖型上有八种糖参与了细胞信息识别过程（来自植物中天然存在的大约 200 种糖）。²

为了便于说明，可以将分子信息沟通编码与我们自己的书面语言进行比较。就像四种不同形状可以组合起来形成许多字母，而这些字母可以组合成许多单词一样，不同的糖可以在我们

体内组合成许多细胞认识的“单词”（图 B）。这些形状精确的“单词”从细胞表面伸出，被邻近细胞通过某种“触觉”识别和理解（或不理解）。

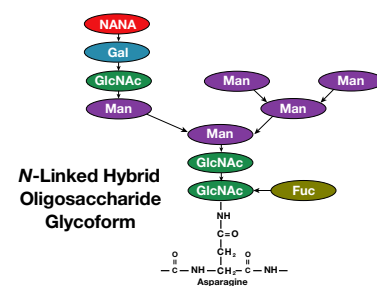
图 B



Eight Essential Saccharides Required for Glycoprotein Synthesis

- Glucose (Glu) 葡萄糖
- Galactose (Gal) 半乳糖
- Mannose (Man) 甘露糖
- Fucose (Fuc) 岩藻糖
- Xylose (Xy) 木糖

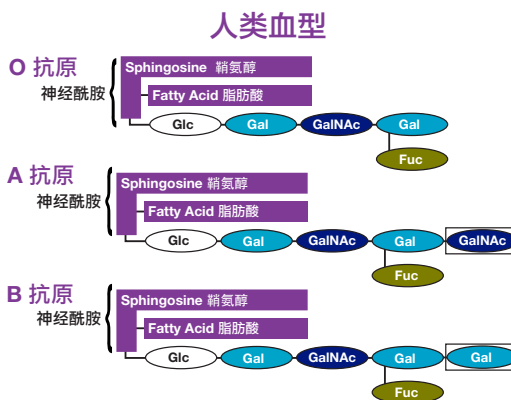
- N-Acetylglucosamine (GlcNAc) N-乙酰葡萄糖胺
- N-Acetylgalactosamine (GalNAc) N-乙酰半乳糖胺
- N-Acetylneuraminic acid - sialic acid (NANA) N-乙酰神经氨酸



糖蛋白上糖码的重要意义

糖蛋白上糖成分对于我们拥有不同血型亦具有重要意义。图 C 所示为各种人类血型中的末端糖蛋白。O 型血与 A、B 型血之间的唯一区别在于 A、B 型含一个附加糖。A 型和 B 型的不同只在于它们的末端糖。A 型含 N-乙酰半乳糖胺 (GalNAc)，而 B 型含半乳糖 (Gal)。虽然这种差异看似细小，但若给人配错血型，那就会成为生死之别。³

图 C



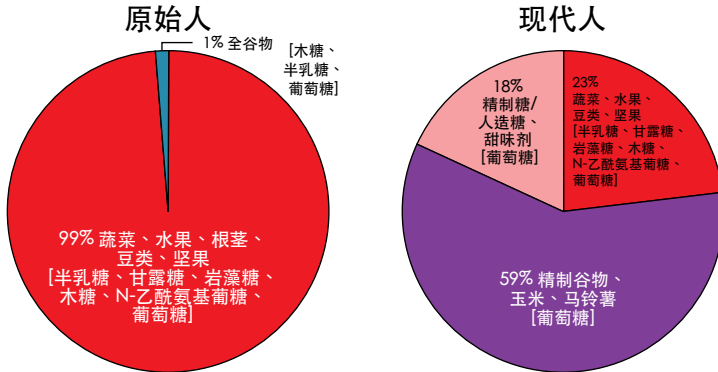
用于合成糖蛋白的膳食来源糖类

虽然当下的营养学教材极其详尽地阐述了必需维生素、矿物质、蛋白质（氨基酸）和脂肪的重要性，但糖类通常只被视为一种能量来源，⁴ 而不看作可以用于形成糖型因而对整体健康有益的物质。糖类如此重要，那么我们可以从什么来源获得呢？只有植物能够制造人体所需的碳水化合物。因此，我们在膳食中摄入的植物，是构建这些对我们保持持续良好健康状态至关重要的分子中糖类成分的主要来源。

精制糖、精制谷物、玉米、马铃薯和山药虽然含糖丰富，但它们只提供八种醣蛋白糖类中的一种，《哈珀氏生物化学》中将其命名为葡萄糖。饮奶之人士将摄取到葡萄糖和半乳糖，可能还会摄取到极少量的 N-乙酰半乳糖胺和 N-乙酰神经氨酸。糖类的其他来源包括水果、蔬菜、种子和根茎，以提供甘露糖、岩藻糖、N-乙酰氨基葡萄糖和木糖。^{4,5}

我们是否摄取足够的糖呢？在农业出现之前，人类膳食中含所有醣蛋白的食物种类如今丰富得多。⁶ 今天，很少有人摄取如此丰富的食物。通过种类丰富的植物而摄入的碳水化合物，估计已经下降了 76%。而且，食品加工过程进一步降低植物食物的单糖含量。^{7,8} 图 D 详细说明了我们的植物来源碳水化合物摄入以及随之而来的醣蛋白糖类摄入的显著变化。

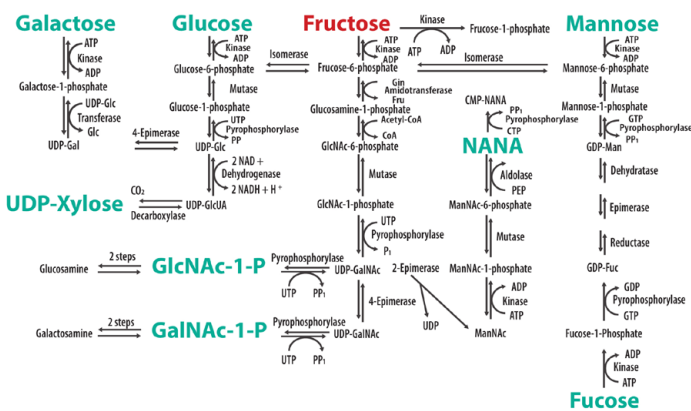
图 D：碳水化合物的食物来源⁶



人体生成的醣蛋白糖类

如果我们今天的膳食中缺乏特定膳食糖类，健康的身体可将现有某种糖转化为其他必需的糖类，以构建准确细胞沟通并实现整体健康。酶是身体用于糖转化的工具。图 E 说明了进行此类转化所需的各种酶。请注意，半乳糖变为岩藻糖需要经过 15 次酶致转化。⁹

图 E：单糖相互转化



通过酶致转化构建糖码的局限性

通过酶致转化系统产生所需糖分子的有效性并不能得到保证。首先，某些个体存在先天性代谢障碍，他们可能缺少进行这类转化所需的一种或多种酶。转化过程在某些步骤也需要特定维生素，而这些维生素也可能缺乏。最后，转化过程需要花费时间和消耗能量。所需转化步骤越多，能量消耗就越大。提供的基质越多，酶致转化系统必须执行的步骤就越少，系统以最适产能运行的可能性就越大。在基质浓度较高时，反应速度才能达到最大。³

含用于合成醣蛋白的糖类的营养补充剂 (醣质营养素) 的优势

对今天的大多数人来说，摄取加工谷物和精制糖只能提供一种醣蛋白糖类：葡萄糖。饮奶之人也会摄取到一些半乳糖和极少量的 N-乙酰半乳糖胺和 N-乙酰神经氨酸。用于构建细胞沟通语言的其余五种糖类，可由身体通过上述复杂过程合成，亦可通过含非常丰富的未加工植物食物的膳食摄取，或者通过膳食补充剂获得。

醣质营养素膳食补充剂旨在为身体提供构建细胞表面醣复合物的糖成分时所使用的基质。它们的目的是更快速更大量地为细胞提供必需的糖类。自 1997 年以来，全球已有超过三百万人安全地体验了美泰醣质营养素产品的好处。这些产品已得到公开发表的同行评审临床前和临床研究成果的验证，包括六次黄金标准双盲安慰剂对照人类临床试验。这些研究表明，它们通过影响醣蛋白合成支持细胞沟通。¹⁰ 美泰醣质营养素补充剂可以增强免疫系统健康^{11,12}，而且已证明可以改善认知功能^{13,14,15,16,17}，还可以促进肠胃健康，帮助保持整体健康。^{17*}



参考文献

1. Stryer L. Carbohydrates. In *Biochemistry*. 4th ed. Stryer L, Ed.; W. H. Freeman and Company: New York, 1995; 477.
2. Murray RK. Glycoproteins. In *Harper's Biochemistry*. 24th ed. Murray RK and others, Eds.; Appleton & Lange: Stamford, Ct., 1996; 648-666.
3. Structure and Catalysis. In *Principles of Biochemistry*, 2nd ed. Lehninger AL, Nelson DL, Cox MM, Eds.; Worth Publishers: New York, 1993; 212-252.
4. Macdonald I. Carbohydrates. In *Modern Nutrition in Health and Disease*. 8th ed. Shils ME, Olson JA, Shike M, Eds.; Lea and Febiger: Malvern, 1994; 36-44.
5. Ramberg J, McAnally BH. Is saccharide supplementation necessary? *GlycoScience & Nutrition* 2002; 3(3): 1-9.
6. Eaton SB, Eaton SB, I., Konner MJ. Paleolithic nutrition revisited: a twelve-year retrospective on its nature and implications. *Eur J Clin Nutr* 1997; 51(4): 207-16.
7. Souci S, Fachmann W, Kraut H *Food Composition and Nutrition Tables*. 7th Revised Edition ed. MedPharm Scientific Publishers / CRC Press: Stuttgart, Germany, 2008.
8. Bourquin LD, Titgemeyer EC, Fahey GC, Jr. Vegetable fiber fermentation by human fecal bacteria: cell wall polysaccharide disappearance and short-chain fatty acid production during in vitro fermentation and water-holding capacity of unfermented residues. *J Nutr* 1993; 123(5): 860-9.
9. Zubay GL, Parson WW, Vance DE *Principles of Biochemistry*. 1st ed. 2 Wm. C. Brown: Dubuque, IA, 1995.
10. Alavi A, Fraser W, Tarelli E, et al. An open-label dosing study to evaluate the safety and effects of a dietary plant derived polysaccharide supplement on the N-glycosylation status of serum glycoproteins in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* 2011; 1-9.
11. Udani JK, Singh BB, Barrett ML, et al. Proprietary arabinogalactan extract increases antibody response to the pneumonia vaccine: a randomized, double-blind, placebo-controlled, pilot study in healthy volunteers. *Nutr J* 2010; 9(32): 1-7.
12. Udani JK. Immunomodulatory effects of ResistAid: A randomized, double-blind, placebo-controlled, multidose study. *J Am Coll Nutr* 2013; 32(5): 331-8.
13. Best T, Howe P, Bryan J, et al. Acute effects of a dietary non-starch polysaccharide supplement on cognitive performance in healthy middle-aged adults. *Nutr Neurosci* 2015; 18(2): 76-86.
14. Best T, Kemps E, Bryan J. Saccharide effects on cognition and well-being in middle-aged adults: A randomized controlled trial. *Dev Neuropsych* 2010; 35(1): 66-80.
15. Stancil AN, Hicks LH. Glyconutrients and perception, cognition, and memory. *Perceptual Mot Skills* 2009; 10: 259-70.
16. Wang, C., Szabo, J.S., Dykman, R.A. Effects of a carbohydrate supplement upon resting brain activity. *Integr Physiol Behav Sci* 2004; 39(2): 126-38.
17. Best T, Kemps E, Bryan J. Perceived changes in well-being following polysaccharide intake in middle-aged adults. *Applied Res Qual Life* 2012; 7(2): 163-82.