

用于人类健康的鸡蛋抗体

Xiaoying Zhang^{1,2,3*} 和 Murtala Bindawa Isah^{4,5}

¹加拿大圭尔夫大学, 安大略兽医学院生物医学科学系, (加拿大, 安大略, 圭尔夫)

²陕西理工大学, 生物科学与工程学院, (中国, 陕西汉中 723000)

³米尼奥大学, 生物系, 分子与环境生物学中心, (葡萄牙, 布拉加 4710-057)

⁴乌马鲁·穆萨·亚拉杜阿大学卡奇纳, 生物化学系, (尼日利亚, 卡奇纳)

⁵尤贝州大学, 生物医学科学研究与培训中心, (尼日利亚, 达马图鲁)

少年审稿人



ERIN

年龄: 9



HARRISON

年龄: 12



JACK

年龄: 16



PABLO

年龄: 15

抗体 (Antibody)

帮助身体抵御外来侵入者的一种蛋白质。

几乎所有动物的血液中都含有一种叫做抗体的蛋白质。不同动物的抗体类型各不相同,但所有抗体的主要目的都是防止动物生病。抗体帮助动物保护自身免受细菌、病毒和其他危险侵入者的侵害。科学家已经找到了从特定动物中获取抗体以增进人类健康的方法。在这方面,来自产蛋鸡的抗体,也被称为 IgY, 尤为引人注目。关键是,这一提取过程对鸡本身毫无伤害。IgY 表现出极高的稳定性, 并已被用于干预多种人类疾病, 包括龋齿和胃溃疡。在不久的将来, 我们甚至可能研发出一种能够预防或治疗 COVID-19 和其他流行病毒的 IgY。因此, IgY 是一种非常有价值的资源, 将继续推动人类医疗保健领域的发展。

引言

母鸡——雌性鸡类, 是我们大家都熟悉的家禽。它们的肉和蛋是全球人类重要的蛋白质来源。然而, 除了传统的食用价值之外, 母鸡还蕴藏着一项隐秘的宝藏——一种名为 IgY 的蛋白质。IgY 是一种抗体, 而抗体是免疫系统的重要组成部分。为了理解 IgY 并运用它的神奇力量, 我们首先将深入探讨什么是抗体。

免疫系统 (Immune system)

由一组细胞和它们产生的物质组成, 共同帮助身体通过对抗病毒和细菌等病原体来保持健康。

图 1

抗体是人类和其他动物免疫系统中的重要分子。大多数抗体具有“Y”形状的结构, 由两个“重”链(橙色)和两个“轻”链(蓝色)制成。“Y”的每个臂的顶端都包含每种抗体分子独特的区域。抗体的这一部分会与病毒或细菌等外来入侵者的一部分(又称抗原)结合, 因此“Y”的尖端称为抗原结合位点。

免疫接种 (Immunisation)

将传染性生物体的无害成分给予某人或某动物, 来保护人或动物在未来免受该生物体的有害感染。

抗原 (Antigen)

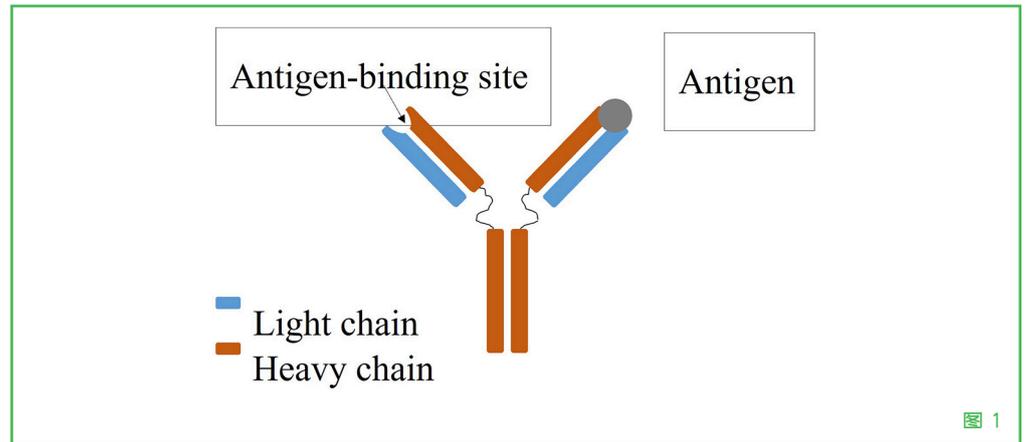
导致身体产生抗体的蛋白质, 包括病毒蛋白质和植物花粉。

抗原结合位点 (Antigen-binding site)

如果将抗体视为一个锁, 将抗原视为一个钥匙, 那么抗原结合位点就是钥匙插入的孔。

抗体是什么? 为什么它们很重要?

抗体是一类特殊的蛋白质, 存在于我们的血液中, 是免疫系统的重要组成部分。它们的任务是抵御各种潜在威胁, 如细菌或病毒等入侵者。抗体通常由四个蛋白链组成, 其中两个较长的链被称为重链, 另外两个较短的链则被称为轻链。这四个链紧密相连, 形成了三维结构, 使抗体分子呈现出近似字母“Y”的形状(图 1)。



或许你曾好奇, 为什么即使你感到健康无恙, 父母仍然要带你去接种疫苗(“打针”)。实际上, 疫苗对于我们的免疫系统至关重要, 因为它们能够在我们的身体中构建一种“记忆”。这些疫苗中包含着来自病毒、细菌或其他潜在病原体的无害成分。当我们接种疫苗时, 这些成分会“教会”我们的免疫系统, 使其能够在未来迅速应对真正的病原体。而我们的免疫系统会始终保持警惕, 以便迅速识别可能对我们构成威胁的外来物质, 并做好了产生抗体的准备, 来协助我们的身体抵御这些入侵者。这就是疫苗如何发挥作用的奥秘。

抗体能识别抗原

抗体会识别病毒或细菌的一小部分(称作抗原), 然后引发免疫系统其他部分的反应, 消灭入侵者。抗体是由免疫系统内的 B 细胞产生的, 这些 B 细胞能“记忆”它们曾经遇到过的抗原。因此, 当身体再次遭遇相同的抗原时, B 细胞能够快速产生相应的抗体 [1]。

抗体的识别能力源自于它们的结构, 尤其是位于抗体“Y”形的尖端的抗原结合位点(图 1) [2]。值得注意的是, 每个 B 细胞产生的抗体在其抗原结合位点方面都是独特的, 这意味着每种抗体只能与特定的抗原相互作用。考虑到人体内存在数以百万计的 B 细胞, 因而有数以百万计的不同类型的抗体。这种多样性确保了机体可以应对几乎所有类型的潜在入侵者。其中, 一部分抗体是在婴儿时首次接触到病原体后形成的。

大多数动物都有抗体

脊椎动物，涵盖了鱼类、两栖动物、爬行动物、禽类以及哺乳动物等广泛类群，都具备抗体系统。值得关注的是，不同类别的脊椎动物在抗体的类型上存在一定差异(图 2)。这些抗体种类以“Ig”（免疫球蛋白的缩写），后面跟一个字母的方式命名。在哺乳动物（包括人类）中，存在五类主要抗体，分别是 IgA、IgD、IgE、IgG 和 IgM。IgG 作为主要的免疫应答抗体，在哺乳动物体内占据主导地位。而在两栖动物中，主要抗体类型包括 IgF 和 IgX，而在鱼类中则主要存在 IgZ[3]。禽类，例如鸡，其主要抗体类别则为 IgY。虽然 IgG 和 IgY 均以“Y”形状的结构为特征，但它们之间依然存在显著的结构差异，这种差异性赋予了 IgY 更高的稳定性。

图 2

所有脊椎动物都能产生抗体，但抗体的类别在不同动物中各不相同。IgM 是第一个进化出来的抗体类别，仅在某些鱼类中发现。IgG 是更晚进化产生的抗体，也是大多数哺乳动物、包括人类，在免疫反应中的主要抗体。而 IgY 是所有禽类和一些爬行动物的主要抗体类别 (图片来自<https://www.51yuansu.com/>)。

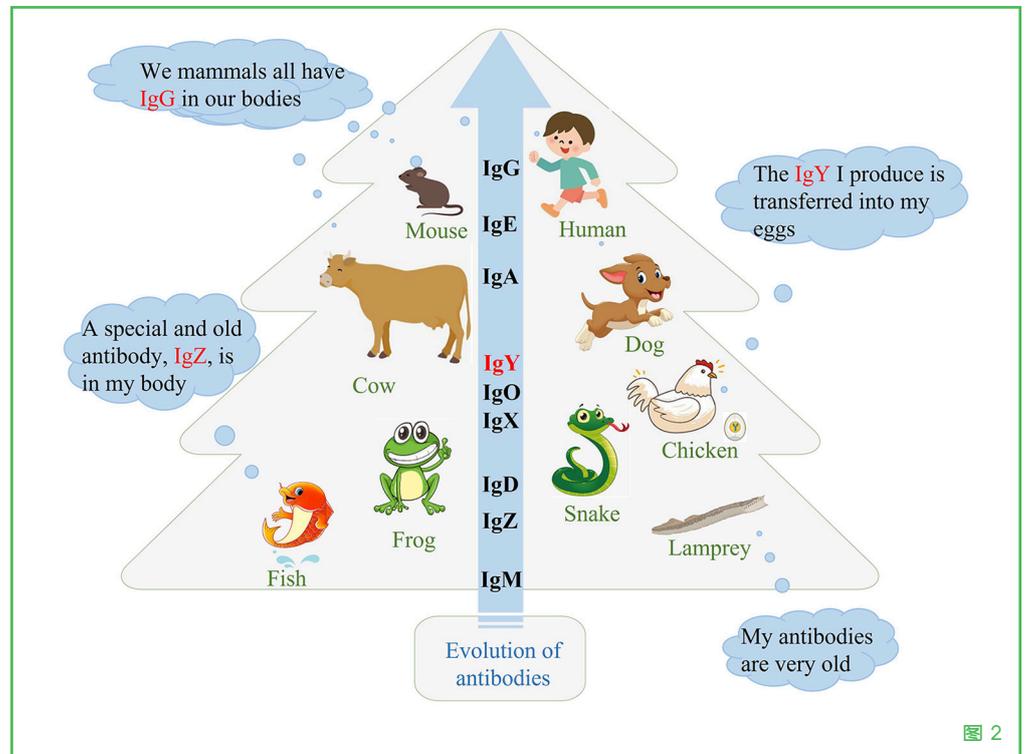


图 2

帮助人类制备抗体的动物英雄

基于前述的免疫原理，科学家能够引导多种动物的免疫系统，使其生成特定抗原的抗体。例如，可以将病毒的特定部分用于免疫某一动物，它会生成针对该病毒的抗体。然而，这并非是为了保护该生物体本身，而是为了保护另一种生物——人类。

一般情况下，抗体存在于血液的液体部分（血清）中。对于禽类，比如母鸡，抗体也可以在蛋黄中找到。科学家可以通过任何具备抗体生成能力的动物取得抗体，帮助人类对抗疾病。但想象一下从北极熊或虎鲨身上获取血液的难度！因此，考虑到实操性，仅有少数动物适合用于制

血清

(Serum)

包裹血液细胞的液体部分。

备具有医学用途的抗体，包括大鼠、小鼠、兔子、山羊、绵羊、马、母鸡等。每一种动物都具备独特的优势和限制。例如，啮齿动物如大鼠和小鼠比较容易操作，但血液量相对较少；而较大的动物如绵羊和马操作起来更困难，但它们可以提供更多的血液样本。

在进行动物实验时，科学家们始终关切动物可能遭受的疼痛。近年来，社会和科学界都越来越注重研究动物的保护，并制定了“3R 计划”，其中的 3R 代表：减少 (Reduction) 使用动物的数量；优化 (Refinement) 实验设计以减少动物的不适；寻找替代方法 (Replacement) 以减少对动物的依赖。【想要了解更多关于通过减少 (Tremoleda, 2022)，优化 (Jirkof, 2022)，和替代 (Hartung, 2022) 来提升动物福祉的信息，你可以阅读链接中的 *Frontiers for Young Minds* 文章。来看看母鸡如何拯救世界！】。

为什么产蛋鸡是最佳选择?

与所有禽类一样，母鸡通过产蛋来繁育后代。当产蛋鸡受到抗原的激发时，蛋黄会自发产生大量的 IgY 抗体。一只产蛋鸡一生可以生产超过 300 枚鸡蛋，这意味着抗体的数量是相当庞大的。从产蛋鸡的鸡蛋中提取抗体是符合 3R 计划的良策(图 3)。由于每枚鸡蛋中都含有丰富的 IgY，因此鸡蛋可以轻松替代其他实验动物的血液。例如，从一只产蛋鸡处收集 150 枚蛋，就可以节省 144 只小鼠的使用，从而大幅减少了实验所需的动物数量。此外，相对于抽取血液，产蛋过程对动物来说更为温和，抗体制备过程得到了优化，可以最大程度地减少动物的不适。这样，我们在实践中真正体现了 3R 原则，通过母鸡作为抗体制备的资源，提升了动物福利 [4]

图 3

使用鸡蛋制备抗体有助于科学家实践 3R 原则，提升动物福利。一只产蛋鸡一生可以生产超过 300 枚鸡蛋，而不会对母鸡造成伤害。每枚鸡蛋中都含有大量的 IgY，科学家可以轻松地将它们提取出来。因此，来自鸡蛋的抗体可以减少抗体制备所需的动物数量，替代提取血液的需要，并优化过程，减少了动物的痛苦。

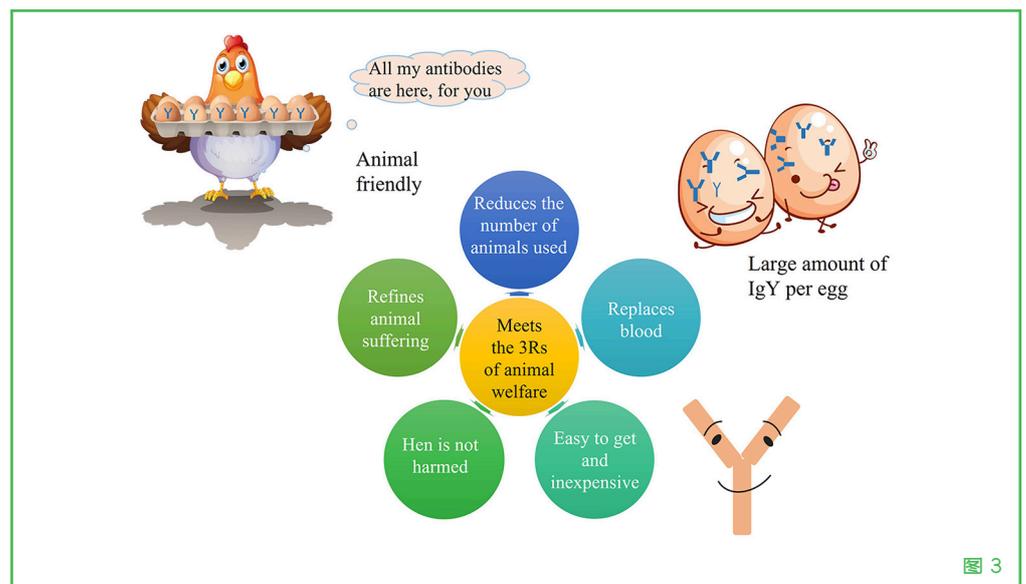


图 3

在医疗保健中使用 IGY 抗体

IgY 抗体在人类医学领域具有广泛的应用，可用于疾病检测和治疗。在疾病检测方面，科学家已成功应用 IgY 用于癌症的检测和定量分析。此外，IgY 还可用于检测细菌引起的疾病，如脑膜炎或败血症 [5]，以及检测人类尿液中的有害或非法添加物。此外，IgY 还被用来检测导致严重急性呼吸综合症的病毒，它与 COVID-19 来自同一病毒家族 [6]。

在治疗方面，IgY 已被安全用于缓解龋齿和胃溃疡 [7]。与哺乳动物抗体相比，IgY 在治疗中具有重要优势，因为 IgY 不容易被机体降解。此外，科学家已经研发出一种巧妙的方法来进一步保护 IgY 免受肠道状况的干扰。因此，IgY 被广泛应用于感染性疾病的治疗，特别是用于治疗肠道和呼吸道感染。我们期待不久的将来将出现一种针对 COVID-19 的 IgY 类型，为疾病治疗提供新的思路。

总结

抗体是极为重要的分子，它们由我们的身体产生，保护我们免受感染。除了来自小鼠和兔子等哺乳动物的抗体外，来自产蛋鸡的 IgY 抗体在医疗保健领域也具有广泛的应用。我们可以从母鸡的鸡蛋中提取这些抗体。母鸡 IgY 在安全治疗许多人类和动物疾病方面具有显著优势。未来，科学家们将继续利用 IgY 来治疗更多疾病，改善人类健康，提升实验动物的福祉。

致谢

我们真诚感谢吴饶对本文图表制作的贡献。感谢 Siran Zhang 对本文中文翻译的贡献，和对中英文版本认真有效的审读。

原文

Zhang, X. Y., Vieira-Pires, R. S., Morgan, P. M., and Schade, R. 2021. *IgY-Technology: Production and Application of Egg Yolk Antibodies: Basic Knowledge for a Successful Practice*. Cham: Springer International Publishing, Springer Nature Switzerland AG. Hardcover ISBN 978-3-030-72686-7. eBook ISBN 978-3-030-72688-1. Available online at: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-72688-1>.

参考文献

1. Marshall, J. S., Warrington, R., Watson, W., and Kim, H. L. 2018. An introduction to immunology and immunopathology. *Allergy Asthma Clin. Immunol.* 14(Suppl.2):49. doi: 10.1186/s13223-018-0278-1

2. Conroy, P. J., Law, R. H., Gilgunn, S., Hearty, S., Caradoc-Davies, T. T., Lloyd, G., et al. 2014. Reconciling the structural attributes of avian antibodies. *J. Biol. Chem.* 289:15384–92. doi: 10.1074/jbc.M114.562470
3. Sun, Y., Huang, T., Hammarström, L., and Zhao, Y. 2020. The immunoglobulins: new insights, implications, and applications. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 8:145–69. doi: 10.1146/annurev-animal-021419-083720
4. Salimian, J., Zhang, X., Vieira-Pires, R. S., and Morgan, P. M. 2021. “Evolution of immunoglobulins in vertebrates,” in *IgY-Technology: Production and Application of Egg Yolk Antibodies: Basic Knowledge for a Successful Practice*, eds X. Y. Zhang, R. S. Vieira-Pires, P. M. Morgan, and R. Schade (Cham: Springer International Publishing). p. 49–58. doi: 10.1007/978-3-030-72688-1_4
5. Wang, D., Lian, F., Yao, S., Liu, Y., Wang, J., Song, X., et al. 2020. Simultaneous detection of three foodborne pathogens based on immunomagnetic nanoparticles and fluorescent quantum dots. *Acs Omega.* 5:23070–80. doi: 10.1021/acsomega.0c02833
6. Kammila, S., Das, D., Bhatnagar, P. K., Sunwoo, H. H., Zayas-Zamora, G., King, M., et al. 2008. A rapid point of care immunoswab assay for SARS-CoV detection. *J. Virol. Method.* 152:77–84. doi: 10.1016/j.jviromet.2008.05.023
7. Leiva, C. L., Gallardo, M. J., Casanova, N., Terzolo, H., and Chacana, P. 2020. IgY-technology (egg yolk antibodies) in human medicine: a review of patents and clinical trials. *Int. Immunopharmacol.* 81:106269. doi: 10.1016/j.intimp.2020.106269

线上发布: 2024 年 2 月 08 日

编辑: [Slavica Vuckovic](#)

科学导师: [Ignacio Gimenez](#), [Hyun Jung Park](#), 和 [Blessing Crimeen-Irwin](#)

引用: Zhang X 和 Isah MB (2024) 用于人类健康的鸡蛋抗体. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2023.1022467-zh

英文原文: Zhang X and Isah MB (2023) Antibodies From Hen Eggs for Human Healthcare. *Front. Young Minds* 11:1022467. doi: 10.3389/frym.2023.1022467

利益冲突声明: 作者声明, 该研究是在没有任何可能被解释为潜在利益冲突的商业或财务关系的情况下进行的。

版权 © 2023 © 2024 Zhang 和 Isah. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人

ERIN. 年龄: 9

你好, 我是一个对科学有兴趣的年轻女孩。当我和家人在一起时, 我喜欢与爸爸进行功夫对决, 和妈妈一起购物, 和妹妹一起看电视。当我和朋友们在一起时, 我会谈论如何计



划与爸爸进行功夫对决。当我一个人的时候,我会计划使用不同的方式来与爸爸进行功夫对决。



HARRISON, 年龄: 12

我非常喜欢运动和户外活动。我爱所有的动物!对,我的意思是全部。我喜欢和朋友在线上或者面对面地玩耍,我们总是一起打篮球,闹着玩,做一些有趣而古怪的事情。我是一个非常健谈的人,总是充满快乐,有时甚至很疯狂。我对我参与的所有运动都充满热情,尤其是篮球。我喜欢观看勒布朗·詹姆斯的比赛,并努力学习他的技巧。



JACK, 年龄: 16

我热衷于运动攀岩和国际跆拳道竞赛,在澳大利亚积极推动青年领导力和社会代表性的课题。我热爱不断学习新事物,与同伴们一起挑战自我,并在 STEM (科学,技术,工程,数学) 知识中不断成长。



PABLO, 年龄: 15

我的名字是 Pablo,我有一半墨西哥,一半西班牙血统。我喜欢阅读、提出问题,提高我的知识水平。我非常喜欢科学和技术,希望成为一名工程师。我的爱好是弹钢琴、玩电子游戏、踢足球和打壁球。我也喜欢动物和汽车,尤其是竞速赛车。我最喜欢的动物是鹰,我最喜欢的车是阿斯顿·马丁 Valkyrie。我的偶像是 Adrian Newey 和 Fernando Alonso。

作者



XIAOYING ZHANG

张小莺教授在德国柏林(洪堡、自由)大学医学院获得药理学博士学位,目前是葡萄牙米尼奥大学的高级研究员,加拿大圭尔夫大学的教授和中国陕西理工大学特聘教授。

*xzhang67@uoguelph.ca



MURTALA BINDAWA ISAH

我是尼日利亚卡齐纳 Umaru Musa Yar'adua 大学的生物化学讲师。我在尼日利亚获得了理学学士学位,在南非获得了硕士和博士学位。我现在是尼日利亚生物医学研究与培训中心的博士后。我对科学充满热情,我第一次对科学感兴趣是在 13 岁左右。我喜欢鼓励别人喜欢科学。我在业余时间喜欢玩足球和拼字游戏。