

动脉粥样硬化的生物电学说

陈 百 万

(潍坊医学院 物理教研室 山东 261042)

动脉粥样硬化是一种动脉内膜脂质沉积局部形成粥样硬化斑块的病变,它最终将导致冠状动脉、脑动脉或外周动脉的管腔狭窄甚至完全堵塞,使这些重要器官缺血缺氧、功能障碍,以至导致机体死亡。近几十年来,关于动脉粥样硬化发病机理的研究,有过各种各样的学说,其研究结果首先证明了病变中的脂质主要是来自血浆中的低密度脂蛋白(LDL)及极低密度脂蛋白(VLDL),并部分阐明了其进入动脉壁及被拘留于动脉壁的机理;另外还发现了高密度脂蛋白(HDL)对动脉有保护作用。

动脉粥样硬化的生物电学说是以动脉壁及血成分的静电相互作用原理为基础而建立起来的关于研究动脉粥样硬化发病机理及防治措施的一种新学说。

一、动脉壁及血成分的生物电性质

生物大分子的净电性质取决于其负电荷与正电荷的比例及其周围介质的 pH 值。像动脉壁的结构蛋白质(胶原蛋白和弹性蛋白)那样的凝胶以及血液中的血浆蛋白质那样的典型溶胶,其电荷来自氨基酸侧链的碱基($-\text{NH}_3^+$)和羧基($-\text{COO}^-$)。介质的碱性条件($\text{pH} > 7.0$)有利于 $-\text{COO}^-$ 基的解离,这样就使分子带有较多的负电荷;反之,酸性条件($\text{pH} < 7.0$)可使分

是物理学家伽莫夫不但在前述的宇观世界和生观世界的研究中有开创性的贡献,而且在微观世界的核物理研究中提出了核 α 衰变理论,与人合作建立了 β 衰变的选择定则。这在一种意义上表明上述 5 观世界是互相联系的。

根据当代自然科学研究可以提出下面的宇宙演化和生物进化的“日历”。这里的“日历”意义是将宇宙大爆炸以来的 150 亿年约化为 1 年,这样便于一般人对宇宙演化和生物进化有一个相对时间的理解,见表 1。从这宇宙演化和生物进化“日历”中可以看出,我们人类所在的

子带有较多的正电荷。

在正常生理条件下,血液呈弱碱性(pH 值为 7.4),血浆蛋白带有净负电荷;血细胞的主要成分红细胞和血小板等由于其细胞膜外侧唾液酸的存在也带有负电荷;血脂中高密度脂蛋白带负电荷,而低密度脂蛋白及极低密度脂蛋白则带正电荷。

动脉壁内膜表面的内皮细胞表面被以硫酸乙酰肝素为主的粘多糖包围着,形成一层厚约 5—100nm 的多糖萼;动脉壁内膜及中膜内也存在大量的硫酸化粘多糖。这类粘多糖由于它的硫酸基而带很强的负电荷。这使动脉壁内膜表面形成一特异的负电屏障,可以测量到无损伤的正常动脉壁内侧相对于外侧存在着 3—15mV 的负电位。动脉壁内结缔组织中大部分粘多糖与结构蛋白质共价结合,但也有一部分在正常生理条件下是可溶的,即它们可自由进入血液中成为游离粘多糖。

在正常生理 pH 值(7.4)及血脂不高的情况下,动脉壁和血液都呈净负电荷,产生静电排斥作用,使动脉血管中的血流持续畅通。

二、动脉粥样硬化的生物电机理

根据动脉壁与血成分的静电相互作用原理可说明脂质(主要是胆固醇)、钙和类纤维蛋白

太阳系和所居住的地球在宇宙演化中都是很年轻的,而人类在生物进化中也是很年轻的。

总之,当代物理学对于宏观、微观、介观、宇观和生观的客观世界的认识,比过去有了更为丰富和更为深入的进展,但这种认识是不会停止的,目前仍受到具有时代特征的许多主观和客观上的限制。可以相信,随着科学技术的发展和社会的进步,这些认识还会在不断增加新的内容,修正个别的缺陷和错误的历史过程中更加充实完善的。科学始终在向前发展,对客观世界的认识也永远没有止境。

等物质在动脉壁上沉积而形成动脉粥样硬化斑块的机理。

当某些因素引起血成分或动脉壁净负电荷减少时,则其静电排斥作用将减弱,这会导致血流不畅、带正电的物质与带负电的物质相结合,有助于动脉壁上沉积物的形成。

血液 pH 值降低(如低氧引致酸中毒时),血液中带正电的物质增加(如低密度脂蛋白和极低密度脂蛋白增高,应激使血小板和白细胞释放出钙及蛋白质正离子等),都会使血成分所带的净负电荷减少。

血液 pH 值降低时可引起大分子复合物的等电沉淀,如血浆中的纤维蛋白原(主要是高分子量纤维蛋白原)在等电沉淀时能与带正电的低密度脂蛋白等通过静电作用结合成复合物——类纤维蛋白质。这类物质可参与动脉壁斑块的形成。它们因静电吸引而沉积在动脉壁上。

带正电的脂蛋白(主要是低密度脂蛋白)的增加,不仅使血液的负电性减弱,导致血流不畅,而更重要的是它们能与动脉壁上的不溶性粘多糖靠静电吸引形成与动脉壁结构成分相结合的复合物,被拘留于动脉壁中。有些带正电的脂蛋白分子也可与粘多糖间的离子结合而阻滞于动脉壁基质中。这些脂质沉积的多少显然与不溶性粘多糖跟可溶性粘多糖的比例以及血脂的高低有关。

血液中钙及蛋白质正离子的增多有助于血成分沉积及斑块形成。因为一方面它们减弱了血液的负电性,另一方面它们能够将带负电的基团(如羧基、硫酸基等)连接起来,与一些蛋白质或纤维蛋白原以及动脉壁上的粘多糖一起形成不溶性复合物。因此在动脉粥样硬化斑块中常伴有钙的沉积。

自由基的存在也是使脂蛋白直接与动脉壁结合的因素之一。自由基是强氧化剂,可导致脂质过氧化反应,使低密度脂蛋白同结构蛋白及粘多糖交联,有助于脂质沉积和使斑块增大。

高血压、吸烟等因素可导致动脉壁内皮损伤(失去保护性负电荷),内皮下胶原暴露,血小板在损伤处粘附,聚集,并分泌血小板生长因子

(PDGF)——一种带正电的蛋白质。PDGF 能以高亲合性与平滑肌细胞相结合,并能吸引动脉壁中膜的平滑肌细胞移行至内膜,还能强烈地刺激平滑肌细胞增生。这就导致内膜平滑肌细胞增多,分泌更多的粘多糖,使其与脂质,或在二价正离子存在的情况下与带负电的蛋白质,通过静电作用相结合,形成不溶性大分子复合物,导致脂质及其他血成分沉积斑块形成。这就说明了为什么动脉粥样硬化斑块常始发于动脉壁内皮损伤处。

高密度脂蛋白(HDL)是带负电荷的脂蛋白,它在血液中含量的提高能增强血液的负电性和大分子复合物的溶解度。它不仅能清除血液和组织细胞中过多的胆固醇,而且还能清除动脉壁上胆固醇、血小板已经凝集成的斑块。因此 HDL 对动脉粥样硬化的防治有重要意义。要保持心血管健康, HDL 在血液中的浓度不应低于 35 毫克/100 毫升。

三、根据生物电学说提出的防治措施

根据动脉粥样硬化的生物电学说,可提出如下一些防治措施:

1. 多食用新鲜蔬菜和水果(富含抗氧化剂维生素 C,且果胶带负电荷)及适当食用植物油(富含抗氧化剂维生素 E,且胆固醇含量很低);少食含正电荷的食物(如猪、牛、羊肉等高脂蛋白食物)。

2. 改善居住环境,保持空气新鲜,吸入富含负离子和氧气的新鲜空气,以利保持动脉壁和血成分的负电性。

3. 参加适当的体力活动,增强心肺机能,加强血液运氧能力及有效氧合作用,以维持血液正常 pH 值;适当的体力活动还能促使 HDL 血液浓度的提高。

4. 适当用一些带负电的药物如藻酸双酯钠(P.S.S.)等,增强血成分的负电性(P.S.S.可增加红细胞表面负电性)。适当摄入维生素 C 和 E 等可抑制脂质过氧化反应;体内的维生素 C 也可促使提高 HDL 在血液中的水平。

上述措施已被证明是行之有效的。