

寿命极限研究的人口学途径

Demographic Approach to the Research of Life Span Limits

干建平

(黄冈师范学院生物系 湖北黄冈 436100)

任何生物个体都是有一定寿命的。我们可以假定生物具有特征性的寿命极限是老年医学和衰老生物学理论的基础;而对寿命极限本身的研究则是生物学的一个重大课题。Fries 认为,影响寿命的因素比较复杂,但是每个个体的最大寿命是由遗传决定的。如果一个个体幸免各种可能导致早亡的危险生存下来,其生命将由衰老决定,并以自然死亡告终。也就是说,环境条件的改良,只能减少早亡的发生,但不能延缓衰老死亡。事实上,能够活到生理上允许的最大寿命的个体是很少的。那么,是否存在遗传上决定的寿命极限?人的寿命极限到底有多大?到目前为止,人们还没有一致的看法。其主要原因是对寿命极限的研究还有待于方法上的突破。

一、寿命极限研究的传统方法

任何生物都要经历发育、成长、衰老和死亡等阶段。根据这些阶段的性质和特点,探讨其与寿命之间的关系是研究寿命极限的根本途径。

1. 从成长期推断寿命极限

人们倾向于认为生物的成长和发育期的长短可能与寿命之间有一定的关系。早在 2 000 多年前,亚里士多德就曾注意到动物的自然寿命与其成长期有关。布丰在研究大量动物的自然寿命与其成长期之间关系后总结出一条法则,即哺乳动物的自然寿命为其成长期的 5~6 倍(有人认为是 5~7 倍)。人们把这种数量关系称为布丰系数。照此推算,人的成长期大约在 20~25 岁之间完成,那么,人的最高寿限应为 100~150 岁。

显然,这种试图从一般生命现象和事实中归纳和总结有关动物最高寿命的共同特点是不能揭示寿命极限的本质的。动物的生长和发育期与其寿命极限之间是否存在着数量上的这种必然联系一直存在着争论,因为存在不少例外情况。

2. 细胞寿命与寿限

一切生命现象都是通过细胞实现的。机体的衰老和死亡实际上是一种细胞现象。细胞通过分裂而

传代,传代的细胞会不会出现分裂停止而衰老死亡,在历史上曾存在过争论。60 年代 Hayflick 等人发现培养的人二倍体细胞随着细胞的分裂和传代会表现出明显的衰老、退化和死亡过程。体外培养的细胞平均只能传代 50 ± 10 次便逐渐解体和死亡。并且其传代次数基本稳定。他发现细胞经过一定次数如 20 次群体倍增以后,再在 0°C 以下冷冻,细胞将停止分裂,若让细胞再复苏并培育于 37°C ,细胞又能重新分裂,而恢复后的群体增大倍数约为 30 次。这表明,不管完成分裂总次数花费的时间有多长,特定细胞的分裂能力是固定的。

细胞的增殖能力与细胞供体的年龄和寿命有关。Hayflick 发现人胎儿肺的成纤维细胞可在体外增殖 50 次左右,而成人肺的这类细胞只能传代 20 次。这种关系还可能与遗传有关。例如人类中的 Werner 早老综合症是一种隐性遗传性疾病。患者表现出极其明显的衰老特征,通常在 50 岁前死亡。用患者身上的成纤维细胞体外培养,其传代次数明显低于同龄人。Hutchinson Gulford 早老综合症表现得更为明显。患者在 10 岁前组织中有老年色素的沉积,外貌苍老,寿命低于 20 岁,患者的成纤维细胞体外培养只能传代 2~4 次。

比较不同寿命长度的生物的胚成纤维细胞体外培养条件下的传代次数与寿命,发现两者间存在着确定的相关关系。例如 Galapagos 龟平均最高寿命最长达 175 岁,其培养细胞的传代次数亦最多,达 90~125 次;小鼠的平均最高寿命为 3.5 岁,其培养细胞的传代数亦少,仅 24~28 次。如果考虑到人的细胞分裂的特点,假定人的细胞周期平均为 2.4 年,照此推算,人的平均最高寿限为 120 岁。

根据细胞寿命推断个体和物种的寿命极限能给人们很多重要启示,但其结论仍然是间接的。因为细胞的衰老死亡并不等同于机体的衰老死亡,它们属于不同层次的生命现象。实际上,机体死亡并不表明细胞同时死亡,并且体外的实验结果也不一定能够反映体内的实际情况。Holiday 就曾对细胞寿命的真实性表示怀疑。他认为在现有的培养条件

下,正常细胞确实会衰老死亡,但若有了理想的适宜培养基,细胞的增殖是可以无限的。Daniel 等在纯系小鼠身上进行组织的系列移植试验,结果发现被移植的组织细胞的寿命远远超过其原来供体的最大寿限。

3. 长寿个体的调查和专访

寿命极限是个体能够活到的最大寿命。由于能够活到最大寿命的个体很少,可以将群体中最长寿者的年龄看作是接近该物种的寿命极限。因此直接调查和研究长寿者的数量及其年龄分布对探讨寿命极限有重要价值。由于只有人类才有准确的年龄记录,所以这方面的研究主要限于人类。

长寿老人历来倍受老年医学者的关注。目前已对很多国家和地区的长寿老人进行过调查和专访。但是这些研究涉及的人口范围大都有限,收集的样本数量不大。尤其是分年龄的样本数量更少,往往缺乏统计学意义。由于决定寿命极限的遗传性作用,个体之间存在着遗传上的异质性。所以这些研究只能探讨人的寿命极限最高能接近多少,却无法解答人口群体的寿命极限分布的特点及其规律。此外,研究的长寿老人的年龄也不一定完全客观可靠,因为这些年龄往往是由老人自报的。

二、寿命研究的人口学方法

寿命本来是人口学研究的内容。借助于近现代理论统计和随机过程理论,人口学为寿命研究提供了严密的理论和方法。但是人口学研究的寿命不同于生物学上的最大寿命,而是对人口群体实际寿命长短进行估计以评价人口群体的健康状况。尽管如此,人口学中的一些原理和方法也为生物学研究寿命极限所借鉴和引用。

死亡是人口学研究寿命的基本要素。人寿保险业特别重视年龄与死亡风险之间关系的研究。1825年英国人寿保险员 Gompertz 为了简化养老金和保险金的计算提出了导致人死亡的两种原因:机遇和抗死亡能力的减退。并假定一个人抗死亡能力的减退速度与当时他本人的抗死亡能力成正比。然而在推导定律时,他只考虑后者。后来(1860年)Makeham作了修正。按照 Gompertz 的观点,人进入成熟期以后,死亡率将会随年龄增加而呈指数上升。大量研究表明,这一理论与实际人口群体的年龄别死亡率模式存在明显的一致性。动物学家们发现,这一模式在动物界也具有普遍性,因而经常引证 Gompertz 法则讨论死亡率问题。这一理论已经成为被广泛接受的死亡定律。

衰老、死亡和寿命三者间的关系是衰老生物学和老年医学研究的重要内容。他们引用死亡定律探讨衰老进程和寿命极限问题,认为衰老是整个机体

的形态、结构和功能逐渐衰退的总现象。衰老是死亡的前奏,衰老的终结便是自然死亡。随着衰老的进行,机体变得越来越衰弱,其抵抗死亡的能力必然随之下降,因此可以用群体的与年龄相关的死亡率变化来定量机体的衰老进程进而推导人的自然寿命。由于死亡率与年龄之间遵循死亡定律,当个体进入高龄阶段后,其死亡危险将会随着年龄的增长迅速上升直至达到自然寿命。有人根据人的年龄别死亡率曲线的特点,按照死亡定律推算出人类群体的最大寿限是在 85 ± 7 岁区间呈正态分布。

能否从死亡定律推断寿命极限的关键在于死亡定律是否可靠。有人怀疑死亡定律的适用范围。认为死亡定律是建立在有缺陷的人口群体和动物群体研究基础之上的。它们都没有包括超老龄者。尽管以往的研究主要见于人口群体年龄别死亡率模式的构建,但都没有包括大于 85 岁以上的高龄人。因为对于人口学来说,85 岁以上的高龄人存活的人年数占总存活人年数的比例太小,他们死亡率的高低对人口群体寿命指标的影响不大,因此常常被忽视。而生物学在研究实验动物群体的生存和死亡曲线时,由于受实验条件的限制,使用的都是小样本,群体残存到最后 10% 时的长寿个体的数量通常不足 10 只,曲线的波动性太大,没有统计学意义,对曲线的截尾段极少进行过研究。如果仅仅根据死亡曲线的一般走势就向高龄段顺势外延,则必然带有臆测的性质。

高龄群体的生存和死亡经历是直接反映衰老进程和寿命极限的理想途径。就人类群体而言,这方面研究明显滞后,主要原因是人口学与生物学互相隔离的结果。因为以往在研究高龄人口时,从事生物学研究的人忽视了人口学所拥有的资料和方法,而传统研究所获取的样本数量又太少,缺乏统计学意义。从事人口学研究的人只关心社会和经济等环境因素对人口指标变化的影响,并不考虑高龄人口的生物学意义。因此将两者结合起来,应用人口学资料和方法建立高龄人口的年龄别死亡率模式,对探讨人的衰老进程和寿命极限有特殊价值。

三、高龄群体的研究及展望

尽管死亡定律广泛用于人口学、医学和生物学等领域,但人们对其是否适用于高龄群体一直持审慎态度。在人口群体中,得到的一些高龄死亡人口的资料经用 Makeham-Gompertz 曲线的经验公式来拟合,其结果往往与实际资料不符,对一些动物群体的有关研究也曾发现某些昆虫的死亡率在高龄阶段并未表现出随龄增高迅速上升的现象。

随着对高龄群体生存和死亡经历研究的重视和深入,已经取得了可喜的成果。Vaupel 等在分析

斯堪的纳维亚和美国等地的一些详细的高龄死亡人口数据时发现年龄别死亡率曲线随年龄的增加量到 90 岁左右时变得很小, 到 100 岁后几乎不再随年龄增高而增加, 表现出死亡模式的特殊性。Carrey 等以大样本同龄蛹孵化的地中海果蝇为实验材料, 每天普查它们的生存和死亡情况, 分析它们全部的生存和死亡经历。结果发现, 不论是近 5 万只独居培养的, 还是 120 万只群居生活的果蝇其死亡率曲线均表现为随龄增加迅速上升, 到一定日龄后变平并且下降。由于这些研究使用的是大群体, 可以保证得到的高龄阶段的死亡曲线仍然是建立在大样本上, 因此其结果倍受关注。有人认为这对权威的死亡定律提出了挑战。

死亡率随龄增加上升变慢、变平甚至下降的事实可以理解为衰老进程和死亡风险在高龄阶段发生了特异变化, 也可以理解为群体遗传组成的异质性所造成的。因为不同基因型的个体在不同年龄阶段其死亡率是有差别的。在一个基因型混杂的群体中, 随着年龄的增高, 对个体的选择性越强, 死亡率高的个体在早期大量死亡, 剩下的主要是死亡率低的个体, 从而导致高龄阶段死亡率的下降。为此, Curstinger 等选用 10 种纯系果蝇实验, 发现尽管遗传因素对死亡率水平有很大影响, 但是每个品系的

死亡率模式都表现出死亡率随龄增加而到一定日龄后却变平的趋势。如果这一现象有普遍意义的话, 则意味着个体死亡风险随龄增加迅速增大而到高龄阶段趋于减缓具有生理学意义, 并且将会改变人们对衰老进程和寿命极限的传统认识。

由死亡率曲线导出物种的寿命极限只有建立在大样本上才是可靠的。中国人口普查资料对推断人的寿命极限有重要价值。因为中国人口数量大, 人口普查质量可靠。自 50 年代以来, 我国已成功地进行 4 次人口普查。由于历史原因, 中国人口特别是高龄人口迁入和迁出率很低。中国人口可近似为封闭群体。对中国历次人口普查期间高龄人口的生存和死亡经历的初步研究表明, 尽管不同年代对中国人口的生存和死亡水平有较大影响, 但进入高龄某一年龄(约 93 岁)阶段后均表现出与果蝇实验一致的变异变化。并且, 随着中国人口平均预期寿命的提高, 两性平均预期寿命差异日益扩大, 但对两性生理寿命的差异影响不大。而且其生理寿命差异的性质不同于人们的传统认识。可以预言, 随着对中国人口的深入调查和研究, 必将会对揭开人类衰老和寿命之谜作出应有的贡献。

(删去 14 篇外文、4 篇中文参考文献)

(责任编辑 孙立明)

彩图说明

地震 CT 技术及其工程应用

赵永贵

(中国科学院地质研究所 北京 100029)

地震 CT 方法是近年来发展起来的地球物理探测新技术。它的基本原理是利用地震波穿透地质体时走时和能量变化的观测, 经计算反演重建地质体内部的结构图像。它是现代地球物理数值观测技术与计算技术紧密结合的最新成果, 是工程地球物理探测技术的新发展。它分辨率高、可靠性好、图像直观、信息量大, 很受工程界信赖。

目前的地震 CT 已发展成为系列方法, 成像物理量包括波速、吸收系数和泊松比等多种, 利用的地震波包括直达波、反射波、折射波和面波等多种类型。波速成像对岩石的力学性质敏感, 可用于区分不同类型的岩性分布和规模较大的断裂带, 结合探测区岩石样品的实验测定性数据, 可用于工程岩体类型划分和含矿岩体预测。吸收系数成像对岩石介质的宏观和微观的不完整性敏感, 可用于规模较小的软弱结构、破碎带的圈定。泊松比成像对固态中孔隙的气液饱和度敏感, 可用于油气储层位置和形态的确定。

国外地震 CT 技术在工程与地质勘察、金属矿产和

油气资源勘探中有很多成功的应用。如欧洲为寻找核废料处理储库在瑞典进行的 Stripa 计划, 就成功地使用了电磁 CT 和地震 CT 联合探测技术。国外油田储层跨孔 CT 探查的实例更多。

中国有关工程地震 CT 的应用研究发展也很快, 应用 CT 技术寻找隐伏矿产的研究被列入国家科技部的攀登计划 B85- 34 项目中。在金川龙首矿寻找隐伏铜镍矿体、在山东招远界河金矿探查采空区和隐伏残留矿体以及在建惠安核电厂勘查核岛基础工程地质条件等应用中都取得了比较好的结果。

封底图 1 是金川龙首矿探测隐伏矿体的地震波速 CT 图像, 图 2 是其地质解释。探测是在地下 500m 的水平巷道内进行的。根据已知样品的波速测试数据, 可对波速图像进行地质解释。图中大部分区域的岩石波速在 4.0~5.0Km/s 之间, 这是该区变质岩的波速特征。测区中的高速区, 波速为 5.0~5.8Km/s, 为花岗岩体和含矿超基性岩体。经钻探验证北部高速区为花岗岩体, 南部为含矿超基性岩体。

(下转第 58 页)