

中国的人体组成学研究:回顾与展望

王自勉

摘要: 人体组成学是人体生物学的分支学科之一, 主要研究人体内诸多组分的含量与分布、组分之间的数量关系、在活体中测定人体组分的方法、以及体内外各种因素对组分含量的影响。研究人体组成不仅具有生物学意义, 也与提高国民体质、增进健康、治疗疾病密切相关。进入 21 世纪以来, 海峡两岸对人体组成的研究呈快速发展的态势, 每年平均发表 58 篇论文, 约占全世界此领域论文总数的 3.9%。这表明两岸的人体组成学研究, 已在世界上占有一席之地。中国对人体组成的研究主要集中在 3 个方面: 对中国人群身体组成特点的研究、对运动与身体组成关系的研究、以及对疾病与身体组成关系的研究。未来, 两岸的人体组成研究应该在多方位发展, 特别是研究更多的身体组分(如骨骼肌与内脏脂肪组织)、应用先进的测定方法、以及探讨黄种人的身体组成特点。第 9 届国际人体组成学研讨会于 2011 年在杭州举行, 这必将进一步促进海峡两岸人体组成学研究的发展。

关键词: 身体组成; 黄种人; 体育运动; 临床疾病

中图分类号: G804.49 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2011)04-0042-08

Review and Perspective of the Researches on Human Body Composition Science

WANG Zi-mian

(St. Luke's-Roosevelt Hospital, Columbia University New York, USA)

Abstract: Human body composition science is one of the branches of human biology. It mainly focuses on the masses of various body components and their distribution, the quantitative relations among body components, the in vivo quantification of body components and the quantitative changes in these components related to various intrinsic and extrinsic factors. Human body composition study not only has an important biological meaning, but also has a close relationship with improvement of human health and the treatment of disease. Ever since the 21st century, the study of human body composition has been developing quickly in China. In average, 58 research articles are published each year, accounting for 3.9% of all the articles in this field published in the world. The study of human body composition in China focuses on the three aspects of the body composition characteristics of Chinese population, relations between exercise and body composition, disease and body composition. In future, the human body composition study on both sides of the straits should develop multi-directionally, especially more studies on body components such as skeletal muscle and visceral adipose tissue and the body composition characteristics of Asian population. The 9th International Symposium on In Vivo Body Composition Studies was held in Hangzhou, China and this will surely promote the development of the study on human body composition in China on both the sides of the Straits.

Key words: body component; Asian population; physical exercise; clinical disease

人体组成学(human body composition studies)是人体生物学的分支之一, 这门学科主要研究人体内诸多组分的含量与分布、组分间的数量规律、活体测定人体组分的方法, 以及体内外各种因素对诸多组分含量与分布的影响。人体组成学与临床医学、运动医学、老年医学、营养学以及体质调查密切相关。因此, 人体组成不仅具有生物学意义, 也对提高国民体质、增进健康、治疗疾病起着重要作用。

人体组成学研究已有 150 余年历史。但海峡两岸, 以现代科学方法来研究身体组成的历史要短得多。2000 年, 笔者曾指出: “在北美、欧洲和澳洲的一些国家, 人体组成学研究已有长足的进展。在中国大陆和台湾, 这方面的研究虽已起

步, 还只有零星的未成系统的报道”(王自勉, 2000)。进入 21 世纪以来, 随着综合国力的提升, 中国的各门类科学技术包括对人体组成的研究, 得到了迅速发展。参与人体组成学研究的学者越来越多, 研究成果也随之快速增长。

本文的目的, 一是综述 20 世纪 90 年代至今海峡两岸在人体组成研究方面的进展; 二是探讨中国人体组成研究的未来方向, 以期进一步促进海峡两岸在此领域里的发展。

1 海峡两岸人体组成学研究的进展

两岸人体组成学研究的快速发展, 在研究机构、论文数量、相关期刊、学术专著及研讨会等 5 个方面都有所反映, 兹

收稿日期: 2011-01-10

基金项目: 美国国立卫生研究院(NIH)研究基金(DK074877 与 DK081633)

作者简介: 王自勉, 汉族, 人类营养学博士, 现任美国哥伦比亚大学研究员、上海体育科学研究所客座研究员。主要研究方向: 人体组成学。

作者单位: 美国哥伦比亚大学(St. Luke's-Roosevelt Hospital, 1090 Amsterdam Avenue, 14th Floor, New York, NY 10025, USA)

分别简略叙述之。

1.1 研究人体组成的机构

20世纪90年代至今,两岸的人体组成学研究涉及的学科领域越来越多,物理学、化学、放射学、生理学与医学,以及计算机的理论与技术都得到了应用。涉及人体组成学研究的科研机构与高等院校,大致可分为3类:公共卫生及营养学院(研究所)、体育院校(研究所)以及医学院校(研究所)。本文列举其中的部分机构。

1.1.1 公共卫生及营养学院及研究所

中国疾病预防控制中心营养与食品安全所、北京大学公共卫生学院、浙江大学公共卫生学院、中山大学公共卫生学院、中国科学院上海营养科学研究所、北京大学儿童青少年卫生研究所、郑州大学公共健康学院、香港大学公共健康学院、香港中文大学、香港浸会大学、香港理工大学、阳明大学公共健康学院。

1.1.2 体育院校及研究所

北京体育大学、上海体育学院运动科学学院、首都体育学院、沈阳体育学院人体科学系、广州体育学院、福建师范大学体育科学学院、上海师范大学体育学院、西南大学体育学院、浙江大学教育学院体育系、浙江师范大学体育学院、浙江工业大学体育部、山东体育学院、西安体育学院、吉林体育学院、北京师范大学体育与运动学院、新疆师范大学体育学院、阳明大学运动健康研究中心、台北体育教育学院、国家体育总局体育科学研究所、上海体育科学研究所、江苏省体育科学研究所。

1.1.3 医学院校及研究所

中国医学科学院中国协和医科大学北京协和医院、第二军医大学、第四军医大学、南京大学医学院、浙江大学医学院、南方医科大学、暨南大学医学院、青岛大学医学院、首都医科大学附属北京妇产医院、上海第二医科大学附属瑞金医院、上海第二医科大学附属新华医院、上海复旦大学附属中山医院、解放军总医院、上海华东医院、海军总医院空潜科、华中科技大学同济医学院、香港大学玛丽女王医院、台湾大学医院、成功大学医学院、台北医科大学万芳医院、台北三军总医院、台北荣民总医院、台湾长庚纪念医院、台北马凯纪念医院。

值得指出的是,长期以来海峡两岸一直没有专门研究人体组成的实验室。2007年,朱善宽博士在浙江大学公共卫生学院建立了肥胖与人体组成研究中心;吴至行医师在成功大学医院建立了肥胖与人体组成研究中心,分别成为两岸第一个专门研究人体组成的实验室。

1.2 发表的人体组成学论文

从20世纪60年代开始,全世界的人体组成学研究进入了一个新阶段,发表的学术论文的数量呈指数曲线快速增长(见图1)。笔者依据PubMed的资料统计,论文题目和/或关键词包含有body composition的论文,在20世纪50年代平均每年仅有20篇,20世纪90年代增长到289篇。21世纪的头6年,全世界与人体组成学相关的论文平均每年为1481篇。

海峡两岸的人体组成学研究,大约从1990年起步。笔者依据中文科技期刊数据库维普资讯网的资料统计,在20世纪

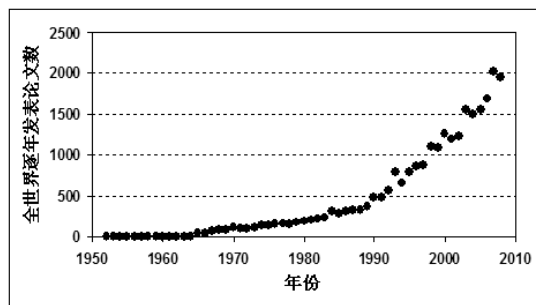


图1 全世界学者逐年发表的人体组成学研究论文数量(1952-2008)

Figure 1 Research Articles on Human Body Composition Published Worldwide in 1952-2008

90年代,平均每年仅有2篇人体组成学的中文论文发表。进入21世纪以来,两岸学者以中文发表的论文平均每年为17.4篇,较90年代增长8.7倍(见表1)。两岸学者以英文发表的人体组成学论文,也在快速增加中。笔者依据PubMed的资料统计,第一作者单位为大陆、台湾及香港的研究机构、关键词包含body composition的英文论文,在90年代平均每年仅有8篇。进入21世纪以来,以英文发表的论文平均每年为31.7篇,较20世纪90年代增长3.9倍(表1)。此项统计包括了台湾与香港学者发表的论文;但并未将第一作者的单位为外国机构、由海外华人学者发表的论文统计在内。表1统计的论文,难免有所遗漏,但应能大致反映两岸学者对人体组成研究的贡献。

表1 海峡两岸学者发表的人体组成学研究论文数量

Table 1 Quantity of the Research Articles on Human Body Composition published by the Researchers on Both Sides of the Straits

	大陆			台湾		
	中文	英文	合计	中文	英文	合计
1992-1999	14	44	58	2	20	22
2000-2008	155	206	361	2	80	82
合计	169	250	419	4	100	104

注:香港学者发表的论文,包括在大陆的数字内。

笔者依据PubMed的资料统计,2008年,全世界共有65个国家发表与人体组成相关的论文1927篇。其中发表论文最多的15个国家占论文总数的82.8%(见表2)。美国是发表论文最多的国家(33.0%),英国居第二位(6.3%),中国居第十位(3.0%)。这表明海峡两岸的人体组成学研究,已在全世界该领域占有一席之地。

汇总1992年以来的中、英文论文,可见两岸学者在人体组成学领域的论文数量呈指数曲线快速增长,累积论文数已达523篇(见图2)。20世纪90年代平均每年仅有9.8篇,约占该领域世界论文总数的3.4%。进入21世纪以来,两岸学者的论文平均每年达58.1篇,约占该领域全世界论文总数的3.9%,较20世纪90年代有所上升。

1.3 发表人体组成学研究成果的学术期刊

两岸的500余篇人体组成学论文分别发表在约60种中、英文学术期刊上。这些期刊大致可以分为公共卫生、体



表2 2008年发表人体组成学论文最多的15个国家占全世界论文总数(1927篇)的百分比

Table II Percentage of the Articles on Human Body Composition Published in 2008 by Top 15 Countries among the Number of the Articles in This Field around the World (1927 Articles in Total)

位次	国家	论文百分比 (%)
1	美国	33.0
2	英国	6.3
3	加拿大	5.5
4	意大利	5.2
5	澳大利亚	4.7
6	德国	4.0
7	巴西	3.7
8	荷兰	3.2
9	法国	3.1
10	中国	3.0
11	西班牙	2.8
12	日本	2.7
13	瑞典	2.2
14	希腊	1.8
15	丹麦	1.7

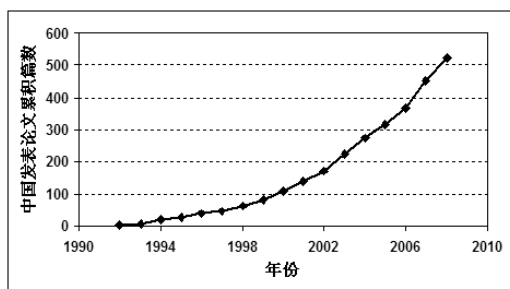


图2 中国学者发表的人体组成学研究论文累积篇数(1992-2008)

Figure 2 Total Number of the Articles on Human Body Composition Published by the Chinese Researchers in 1992-2008

育、医学3类,反映了两岸的人体组成学研究与这3门学科的密切联系。本文只列举其中的部分学术期刊。

1.3.1 公共卫生及营养学类期刊

《中国学校卫生》、《中国公共卫生》、《中国妇幼保健》、《中国生育健康杂志》、《首都公共卫生》、《中华儿童保健杂志》、《卫生研究》、《中国老年学杂志》、《营养学报》、《中国临床营养杂志》、《肠外与肠内营养》、《American Journal of Clinical Nutrition》、《American Journal of Epidemiology》、《American Journal of Human Biology》、《Asia and Pacific Journal of Clinical Nutrition》、《British Journal of Nutrition》、《Clinical Nutrition》、《European Journal of Nutrition》、《Nutrition》、《Journal of Pediatrics》、《Pediatrics International》。

1.3.2 体育类期刊

《体育科学》、《中国运动医学杂志》、《中国体育科技》、《体育科研》、《体育学刊》、《北京体育大学

学报》、《首都体育学院学报》、《山东体育学院学报》、《西安体育学院学报》、《沈阳体育学院学报》、《吉林体育学院学报》、《广州体育学院学报》、《冰雪运动》、《游泳季刊》、《British Journal of Sports Medicine》、《International Journal of Sports Medicine》、《Journal of Sports Medicine and Physical Fitness》、《Journal of Sports Science》、《Medicine and Science in Sports and Exercise》。

1.3.3 医学类期刊

《中华内科杂志》、《中华妇产科杂志》、《中华预防医学杂志》、《中华胃肠外科杂志》、《中华围产医学杂志》、《中国骨质疏松杂志》、《临床儿科杂志》、《中国组织工程研究与临床康复》、《中国现代临床医学》、《中国临床康复》、《国际呼吸杂志》、《实用临床医药杂志》、《解放军预防医学杂志》、《中国医学科学院学报》、《北京医科大学学报》、《中华医学杂志(台北)》、《Chinese Medical Journal (English)》、《Hong Kong Medical Journal》、《International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders》、《Journal of International Medical Research》、《Obesity》、《Obesity Research》、《Prevention Medicine》。

国际人体组成研究界于2003年出版了本领域的专门期刊: The International Journal of Body Composition Research, 这标志着人体组成学作为人类生物学分支的成熟。值得指出的是,海峡两岸迄今还没有专门刊登人体组成学研究成果的学术期刊。

1.4 人体组成学专著

自1985年以来,出版的英文人体组成学专著达20部之多,最具代表性的是以下3部:《Human Body Composition: Growth, Aging, Nutrition and Activity》(Forbes,1987)、《Applied Body Composition Assessment》(Heyward and Wagner,2004)、以及《Human Body Composition》(Heymsfield et al.,2005)。以中文撰写的人体组成学专著,长期以来一直阙如。直到2008年,才出版了由王自勉主编的《人体组成学》。这部专著以海外华人学者为主、由20余位两岸学者合作撰写。全书分为4篇、31个章节。第一篇(共7章)阐述人体组成学的相关理论及重要组分。第二篇(共12章)介绍在活体中测定人体组分含量的方法。第三篇(共7章)探讨各种生物学因素(如基因、年龄、性别、营养与运动等)对人体组成的影响。第四篇(共5章)讨论某些疾病对人体组成的影响。该书不仅是第一部以中文写成的人体组成学专著,而且可能是第一部以简体汉字与繁体汉字在大陆(北京:高等教育出版社)与台湾(台北:易利图书有限公司)分别出版的学术著作,为海峡两岸的学术与文化交流起到了促进作用。

1.5 人体组成学研讨会

海峡两岸人体组成学研究快速发展的重要标志之一,是华人学者积极参与国际人体组成学研讨会(The International Symposium on In Vivo Body Composition Studies)。这个系列研讨会从1986年开始,每3年1次,迄今已举办8届,分别在美国的纽约(1986年)、加拿大的多伦多(1989年)、美国的休斯敦(1992年)、瑞典的Malmo(1996年)、美国的纽约(1999年)、意大利的罗马(2002年)、英国的Southampton(2005年)和美国的纽约(2008年)举办,每次均有一



百多位学者与会,为全世界研究人体组成的学者们提供了交流平台。

1992年,笔者第一次参加该研讨会。当时,与会的华人学者只有寥寥3人,且都是留学海外的学者。进入21世纪后,与会的两岸学者逐渐增多。2008年的第八届研讨会,与会的两岸学者超过30人。在这届会议期间,经过华人学者的积极努力,争取到了下届研讨会的主办权。第9届国际人体组成学研讨会于2011年5月在杭州举行,与会学者超过200人,其中将近半数来自海峡两岸的学者。这是该研讨会第一次在欧美以外地区举行,这个事实本身就具有重要意义。第九届研讨会在中国的举行,必将进一步促进两岸的人体组成学研究。

2 海峡两岸人体组成学的主要研究领域

人体组成学研究主要在3个领域中进行,即探索人体组成规律、发展活体测定人体组分的方法,以及探讨各种体内外因素对人体组成的影响。这3个领域的研究相互联系、相互促进。综观迄今为止海峡两岸学者对人体组成的研究,主要集中在探讨各种体内外因素的影响,而对人体组成规律及新方法的研究还很少。探讨体内外因素对人体组成的影响,本身就是一个广泛的研究领域。本文简要综述此领域里两岸学者研究得最多的3个方面:对中国人群身体组成特点的研究、对运动与身体组成关系的研究、以及对疾病与身体组成关系的研究。

2.1 对中国人群身体组成特点的研究

两岸学者对中国人群身体组成的研究主要围绕着年龄与性别的影响展开,兼及民族、地域、职业的影响。这方面的研究约占已发表论文总数的24%。

2.1.1 年龄对中国人群身体组成的影响

不同年龄(包括生长、发育和老化)的人群在身体组成上存在明显的差别,两岸学者对此进行了广泛的研究,受试者涵盖了绝大部分年龄段,包括新生儿、婴儿、儿童(5~7岁)、小学生(7~11岁)、少年(11~18岁)、成年人(20~59岁)和老年人(60~80岁)。

马冠生等(2008)对儿童少年的研究表明,中国新生儿体脂肪百分比约为12%~15%。女孩在10~18岁之间体脂肪百分比从24%上升到31%,而男孩的体脂肪百分比则从13岁时的18%降到17岁时的13%。

中国的幅员辽阔,同一年龄段的不同地域居民之间的身体组成可能存在差别。已发表的研究涵盖了从北到南的不同地域,包括北京、上海、浙江、广州与香港。秦明伟等(2003)与袁中满等(2007)分别研究了中国北方与南方地区成年人群的身体组成特点。秦明伟等(2003)以DXA技术测定了北京地区292例正常人的身体组成。男性的骨骼矿物质、瘦组织和脂肪含量的峰值分别出现在30~39岁、30~39岁、70~79岁年龄段;女性则分别出现在30~39岁、30~49岁、50~69岁年龄段。男性骨骼矿物质与瘦组织的峰值高于女性;而女性的脂肪峰值高于男性。女性的骨骼矿物质在峰值后的下降幅度较男性显著,而男性的瘦组织在达到峰值后的下降幅度较女性显著。袁中满等(2007)以DXA技术测定了470名广州地区健康成年汉族居民的身体组

分。男、女性的骨骼矿物质与瘦组织含量峰值出现在40~49岁,以后均随年龄增大而逐步下降。至70岁以上,骨骼矿物质和瘦组织含量分别较40~49岁下降11.4%、6.0%(男性)与26.4%、5.6%(女性)。男、女性全身脂肪含量峰值分别出现在60~69岁和50~69岁。女性全身及各部分脂肪百分含量均明显高于男性,而男性骨矿盐与瘦组织含量均高于女性。40~49岁之前虽脂肪增长比例较大,但骨骼矿物质与瘦组织的含量同样也呈增长趋势。50~69岁体脂含量逐渐增加,呈向心化趋势,存在性别差异;70岁以后身体脂肪含量下降。

2.1.2 性别对中国人群身体组成的影响

女性与男性之间在身体组成方面的差别显而易见,女性特有的生理因素(如月经、妊娠、哺乳、绝经等)对身体组成具有明显影响。两岸学者在这个领域内有较广泛的研究,受试者包括了青春期女性、女大学生、怀孕女性、中年女性和绝经后女性等。

年龄对健康成年女性的身体成分及其分布有明显影响。陈蓉等(2008)以DXA技术测定了北京地区316例健康妇女(20~74岁)。骨骼矿物质与瘦组织含量分别在30~39岁和40~49岁时达峰值,到70~74岁时分别下降18.1%和5.2%。全身脂肪含量及体脂肪百分比均随年龄增长而增加,脂肪含量从 16 ± 5 kg增至 24 ± 6 kg,体脂肪百分比从31.3%增至39.5%。40~59岁妇女不同月经状态对骨骼矿物质有显著影响,但对BMI、体重及腰围无显著影响。刘建民等(2003)以DXA技术探讨了体脂肪量和瘦体重对绝经前健康妇女骨密度的影响,发现体脂肪量是决定BMI的主要因素。在控制年龄因素的基础上再控制体脂肪量后,BMI与骨密度的相关性提高;而控制瘦体重后,BMI与骨密度的相关性减弱,甚至消失。笔者认为瘦体重是决定绝经前健康妇女骨密度的重要因素。

除了年龄与性别因素,两岸学者还研究了其他因素对身体组成的影响。职业可能对身体组成具有影响,受试者涵盖了大学生、研究生、体育学院学生、军校学员、医务人员、士兵、农民、飞行员、教职工、高级知识分子、机关工作人员等。中国拥有56个民族,过去的研究大都以汉族为对象,但也有学者研究了少数民族的身体组成,包括维吾尔族、哈萨克族、锡伯族、藏族与羌族等。胡小琪等(2006)对藏、羌、汉族进行的研究表明,3个民族儿童少年体脂肪百分比随年龄变化的趋势相似,男孩在7~10岁保持相对稳定,14~16岁逐渐下降,在15~16岁期间下降显著,但16岁以后又开始逐渐增加。女孩的体脂肪百分比在7~10岁期间随年龄增加有所下降,但在10~15岁间逐渐增加。

有的作者研究了中国人群的身体组成与基础代谢率的关系,以便由身体组成来计算基础代谢率。张彩霞与蒋卓勤(2004)测定了114名儿童的基础代谢能量消耗(REE)和身体组成。REE与去脂肪身体质量(FFM)呈显著正相关($r=0.895$, $P<0.001$),FFM是影响基础代谢的主要因素,可解释REE变异的80%;而性别和脂肪质量(FM)可分别解释REE变异的2.7%和2.4%。以FFM、FM和性别可以预测REE,回归方程是: $REE(kJ/h) = 100.98 + 3.24FFM + 1.53FM + 15.33 \text{ 性别}$ (男童为1、女



童为0)。用FFM和FM对REE校正以后,肥胖儿童与非肥胖儿童的REE无显著差异。FFM是影响儿童基础代谢率的主要因素,而FM对基础代谢率也有一定影响。

2.3 对运动与身体组成关系的研究

运动对身体组成的影响为人熟知,人们经常通过运动来有意识地改变自己的身体组成。自2000年以来,中国大陆发表了许多论文,研究运动与身体组成的关系,这方面的研究约占已发表的人体组成学论文总数的24%。大陆拥有为数众多的高等体育院校,不少综合性大学也设有体育系科,加之每个省市几乎都有体育科学研究所,因此大陆学者能在这个领域里取得较多研究成果不是偶然的。

2.3.1 不同项目运动员的身体组成

这方面的研究涵盖了门类众多的运动项目,包括跨栏、中长跑、铅球、足球、艺术体操、体操、健美操、武术、柔道、跆拳道、散打、木兰拳、太极拳、速度滑冰、冰上舞蹈、游泳、跳水、水球、赛艇等。

高炳宏等(2001)测定了1997年全国跆拳道锦标赛男子各级别前4名运动员的身体成分。去脂体重、去脂体重/体重、去脂体重/身高等指标均随比赛名次的升高而增加,去脂体重与比赛名次高度相关。运动员的体脂百分比和去脂体重均随级别的增加而升高,尤其是大级别运动员的体脂百分比高,与小级别运动员相比有显著差异。李军等(2007)采用DXA技术研究柔道运动对身体组成的影响。与未经过正规训练的对照组比较,柔道组的身高、体质量并无明显差异;但骨密度、瘦体质量明显增高;反之,脂肪含量与体脂百分率明显降低。这提示柔道训练可以增加骨密度与瘦体质量,并降低体脂百分率。

彭红(2007)以BIA技术测定不同运动水平男子铅球运动员的身体组成。与普通人群相比,铅球运动员的体脂百分比明显减少,瘦体质量显著增多。将运动水平按健将、一级、二级分类,健将级运动员的体脂肪百分比最低,依次为一级、二级运动员。瘦体质量则相反,二级运动员瘦体质量为55.6 kg,而健将级高达66.5 kg。彭红(2006)还研究了跨栏运动员的身体成分。随运动水平的提高,体脂百分比减少。FFM则相反,随训练水平的提高,FFM逐渐增加,男子二级运动员为45.6 kg,健将级达到52.6 kg。上述研究表明,随着运动水平的提高,铅球与跨栏运动员身体的瘦体质量增多,体脂百分比降低。这可以为科学选材及训练效果的评定提供依据。

运动不仅影响整体身体组成,而且还影响局部身体组成。吴翊馨等(2007)应用螺旋CT断层技术测定大腿横断面的身体组分面积,研究了男子足球运动员各组分之间的相关性。全身脂肪质量与大腿横断面的脂肪面积显著相关;而瘦体质量与肌肉横断面积的相关性主要表现在大腿的中上段。他们还研究了身体成分与运动能力的关系;运动员的瘦体质量较高,故具有良好的身体素质和运动能力。

2.3.2 训练对身体组成的影响

大陆学者探讨了不同训练方式对身体组成的影响。李晓霞等(2004)研究了运动员在高住低训过程中身体成分的变化。所谓高住低训,是指受试者每天在低压低氧(2 500 m模拟高度)环境中暴露12 h,并在常压常氧环境中进行一次

3 000 m跑训练,为期4周。高住低训组体重、体脂重量和体脂百分比均明显下降,表明机体选择性地利用脂肪供能,瘦体重和肌肉重量则无明显变化,表明高住低训方式对蛋白分解作用无明显影响。

许寿生等(2006)探讨了有氧运动对非酒精性脂肪性肝病患者身体成分的干预效果。通过12周健步走有氧训练后,患者体成分指标(体重、体脂肪、体脂百分比、腰臀比、BMI)较训练前显著下降,肝脏B超检查显示总有效率明显高于对照组,表明健步走有氧运动对非酒精性脂肪性肝病起着有效的防治作用。

2.4 对疾病与身体组成关系的研究

某些疾病会显著改变人体的正常组成。因此,测定患者身体组成的改变,有利于对病情作出正确诊断,也有利于判断施加治疗之后疾病的转归。在骨质疏松症、艾滋病、肥胖病、糖尿病和癌症等疾病的诊治方面,跟踪患者身体组成的变化更有着不可替代的重要作用。近20年来,两岸学者特别是台湾与香港学者研究了多种疾病和症状对于身体组成的影响,包括肥胖症、糖尿病、代谢综合征、骨质疏松症、癌症(如卵巢癌、乳房癌、子宫内膜癌、胃肠道癌)、原发性高血压、脊髓损伤、心血管疾病、冠状动脉疾病、Alzheimer氏病、生长激素缺乏病、阻塞性肺疾病、甲状腺功能亢进症、非酒精性脂肪肝、红斑狼疮等。对于营养不良患者、血液透析患者、绝经后激素替代疗法患者的身体组成也有报道。这方面的研究约占两岸人体组成学论文总数的28%。

2.4.1 肥胖症

肥胖不仅是发达国家,也是发展中国家面临的医学难题与社会问题。王人卫与毕玉萍(2008)测定了上海城区13 646名20~59岁成年人的身体成分。超重和肥胖检出率男性为37.8%与9.0%,女性为24.1%与5.2%,男性明显高于女性;随年龄增大,超重和肥胖率同步增长。与2000年相比,上海城区成年人大部分体成分指标及超重和肥胖检出率均呈增长趋势,男性较女性变化明显。Chiu等(2000)分析了2 600名台湾老年人的形态学指标。老年男性的身高与体重大于女性,但是女性的BMI较男性为高。体重过重的男性与女性老年人的比例分别为27.3%与34.9%。男性与女性肥胖老人的比例分别为3.2%与6.4%;此比例低于科威特、瑞典与美国,但高于日本。

Chang等(2000)以136名绝经前与193名绝经后的台湾女性(BMI<30)为实验对象,测定了中部肥胖指标,包括腰臀围比值及centrality index。从绝经前到绝经后,BMI与体脂肪百分比显著增加。在对年龄与BMI进行调整后,绝经后女性的centrality index、总胆固醇与低密度脂蛋白(LDL)均较绝经前女性为高。centrality index是影响所有心血管疾病危险因素(除了总胆固醇与LDL)的主要独立变量,而体脂肪百分比的变化对任何心血管疾病危险因素都不具有独立的影响。作者的结论是,在老化与绝经的共同作用下,女性的总体脂肪含量与中部脂肪含量增加。对于中国女性,年龄、绝经与中部肥胖都是影响心血管疾病危险因子的独立因素。

2.4.2 胃癌

周岩冰等(2007)以DXA技术观察了50例胃癌病人的



身体组成。男性胃癌病人较对照组的体脂肪量与瘦组织量显著减少。不同营养状态的胃癌病人其体脂肪和脂肪百分比有明显差异;而不同病理分期的病人身体组成则未见有明显差异。这表明胃癌病人存在明显的脂肪与瘦组织丢失,营养不良者的脂肪与瘦组织减少更加严重,但身体组成与肿瘤临床病理分期无关。

2.4.3 阻塞性肺疾病

范志强等(2007)依据间接能量测定技术与DXA技术,探讨了老年慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者的静息能量消耗(REE)与FFM的关系。患者体脂肪占体重的比值则显著高于对照组,而FFM占体重的比值显著低于对照组,提示COPD患者出现骨骼肌萎缩。老年COPD患者静息能量消耗升高、FFM的比例下降、静息能量消耗与FFM的比值则高于对照组。该研究提示,建立REE-FFM的回归方程对于指导临床营养支持具有实用价值。

3 海峡两岸人体组成学研究的未来发展方向

海峡两岸的人体组成学研究,已在世界该领域内占有一席之地,但在论文质量及数量方面还存在不足之处。在论文质量方面,不少以中文发表的论文学术水平较低。有些论文只有2页,如此短的篇幅不利于科学观点的充分阐明。少数文章更涉及一稿数投、相近内容重复发表、甚至抄袭等学术不端行为。这必须引起人体组成研究学者的严重注意,以杜绝此类学术不端行为。在论文数量方面,2008年两岸学者发表的人体组成研究论文,约占世界论文总数的3%,已居世界各国第十位。不过,考虑到中国巨大的人口数量及迅速提升的经济实力,3%的比重显然偏低;与美国所占的比重(33%)相比,更有着巨大差距。

人体组成学已有150余年历史,至今仍在快速发展中。在可以预期的未来,海峡两岸的人体组成学研究主要将围绕着3个方面进行,即探索人体组分与组成规律、发展活体测定人体组分的方法,以及探讨各种体内外因素对人体组成的影响。

3.1 探索人体组分与组成规律

1992年,Wang et al提出了人体组成的5层次模型(the five level model of human body composition)。这个模型把已知的40多种身体组分归纳为5个渐趋复杂的层次,即元素层次、分子层次、细胞层次、组织—器官层次和整体层次。迄今为止,两岸的大多数研究都集中在分子层次(如脂肪、去脂肪身体质量、骨骼矿物质等)与整体层次(如体重、皮褶厚度等)。对于元素层次、细胞层次和组织—器官层次的组分,中国学者还极少研究。今后,两岸学者应研究更多的人体组分,特别是位于组织—器官层次的骨骼肌与内脏脂肪组织。

3.1.1 骨骼肌含量

骨骼肌是指属于运动系统的肌肉。全身共有600多块骨骼肌。每块骨骼肌都有一定的形态、位置和辅助装置,具有丰富的血管,并受一定的神经支配,以完成一定的功能。从人体组成学的角度来看,骨骼肌是组织—器官层次最大的组分。骨骼肌约占新生儿体重的23%;到10岁时增加到约34%。在健康成年男性与女性,骨骼肌占体重的比例约为40%与30%(Valentin, 2002)。半个世纪以来,随着营养的改善与体

力活动的减少,人群中体脂肪占体重的比例增加,而骨骼肌占体重的比例减少。

骨骼肌提供了移动身体、完成体力活动包括体育运动所必需的动力。因此,测定骨骼肌的含量及其分布,对于提高竞技体育水平具有重要意义。骨骼肌是体育运动的物质基础,对于体能类运动项目(如举重),较高的骨骼肌含量是运动员承受大负荷训练和高强度比赛的基础,也是提高技战术水平与运动成绩的重要条件。然而迄今为止,两岸还没有骨骼肌含量与运动能力及运动水平相关性的研究。骨骼肌含量的测定对于提高全民身体素质也具有重要意义。骨骼肌含量的多少直接关系到体力活动能力,因此骨骼肌含量应作为体质测量与评价的重要指标。然而长期以来,中国的体质测量一直局限于形态(如体重、身高、体围)、机能(如血压、心率)与体能(如跑、跳),未能对中国人骨骼肌含量进行测定。定量地测定中国人群包括运动员的身体骨骼肌含量,是摆在中国学者面前的重要课题(王自勉,2008)。

3.1.2 内脏脂肪组织含量

肥胖已成为日益严重的健康问题,肥胖的危害包括动脉粥样硬化、心脏病、中风、糖尿病、癌症和关节病等。脂肪组织的含量及分布已成为研究热点,不仅脂肪总量与健康危险因素有关,脂肪分布也与健康危险因素相关。内脏脂肪仅占全身脂肪总量的7%~8%,但内脏脂肪组织的增多与胰岛素耐受、代谢综合症、糖尿病以及心血管疾病的发病率密切相关(沈澍,2008)。

人体的脂肪含量随年龄增长,通常男性较女性的皮下脂肪含量少,但内脏脂肪的含量却较女性多。男性的脂肪分布呈“苹果型”,亦称中心型(central)脂肪分布、男性型(Android)脂肪分布、或上半身型(upper body)脂肪分布。女性的脂肪分布呈“梨型”,亦称周边型(peripheral)脂肪分布、女性型(Gynoid)脂肪分布、或下半身型(lower body)脂肪分布。除了年龄和性别的影响,种族对脂肪分布也有影响。白种人的脂肪含量最多,黑种人的脂肪含量最少。黄种人内脏脂肪占总脂肪量的比例最高,这可能与黄种人胰岛素耐受及糖尿病的高发生率有关。未来,海峡两岸学者在这个领域内的研究有待深入。

3.1.3 探索人体组成规律

两岸学者对人体组成规律的研究,基本上还是空白。对人体组成规律的研究是基于一个认识,即人体绝不是由各种组分杂乱无章堆砌而成的。诸多组分之间必然存在着数量规律,以维持人体的正常组成和功能。在人体组成规律的研究领域里,未来预计出现3个飞跃,即由目前常用的经验模型发展为理论模型;由静态模型发展为动态模型;由着重解释结构的改变发展为解释功能的改变。今后,两岸学者应加强对人体组成规律的研究,特别是对黄种人身体组成规律的研究。

3.2 发展活体测定人体组分的方法

要研究人体各种组分之间的数量规律,以及研究各组分的含量在内外因素作用下的改变,首要条件是必须能在活体内测定这些组分的含量。通过几十年努力,学者们运用物



理学、化学和生物学的技术，发展出许多活体测定人体组成的方法。现在，几乎所有主要的人体组分都可以进行活体测定，某些重要组分（如脂肪）还可以用多种方法来测定其含量及分布。

3.2.1 应用先进的测定方法

回顾两岸学者发表的人体组成学文献，不难发现相当多的研究都是依靠 BIA 技术完成的。BIA 技术的优点是设备简单、测试快捷，可用于临床和大规模研究。其缺点是理论基础尚不够坚实，生物电阻的大小与身体形状、细胞内液与细胞外液的比例等因素有关，因而对个体测定的准确性较差。马军等（2007）测定了 7~15 岁肥胖儿童的体脂肪含量和脂肪百分比，发现 BIA 与 DXA 测量值的差异有显著差异，BIA 与 DXA 体脂肪百分比测量值比较一致，男生为 $-7.5\% \sim +8.6\%$ ，女生为 $-7.5\% \sim +11.0\%$ 。

国外厂商生产的 BIA 仪器，大都是依据外国人的身体组成特点设计的。由于不同人种及民族身体组成的差异，国外厂商生产的 BIA 仪器不一定适合于中国人。因此，在应用这些 BIA 仪器之前，应当先在小样本中，以较准确的方法（如多组分模型方法、DXA 等）加以校准。现在，BIA 仪器多用于体脂肪的测定；但有的 BIA 厂家标榜其产品可以测定骨骼肌、细胞内水分、细胞外水分、蛋白质、无机盐、全身细胞含量，甚至可以测定静息能量消耗。必须指出，迄今为止的 BIA 技术并不能真正测定上述身体组分，厂家提供的分析报告所列举的上述身体组分数据，只是由人体组成的一般规律估算得到，误差相当大，不宜用作为个体受试者的测定值。

脂肪组织含量可以用影像学技术来测定。影像学技术是一类在近 20 年发展起来的人体组成测定方法，包括计算机断层摄影（computerized tomography, CT）和磁共振成像（magnetic resonance imaging, MRI）。两种影像学技术各有所长，MRI 没有放射危险，因而较 CT 更适合于全身扫描和随访研究，尤其适合于儿童。在测量的重复性方面，两种技术测定皮下脂肪组织含量，重复误差均在 2% 左右。CT 技术由于扫描时间短、受呼吸和肠蠕动影响较小，因而对内脏脂肪组织的测量误差较小。反之，MRI 测定受到磁场信号不匀及伪影的影响，对内脏脂肪组织的测量误差可达 9%~18%。从已发表的论文来看，两岸还较少应用 MRI 及 CT 技术来测定内脏脂肪组织，这方面的研究有待加强。DXA 可用于测定腹部脂肪含量。不过腹部脂肪包含了两个组分：腹部皮下脂肪与内脏脂肪。可否以 DXA 技术将这两个组区分开、从而测定内脏脂肪的含量，这有待探索。如果能以 DXA 来测定内脏脂肪含量，将极大地促进人体组成学在临床医学中的应用。

从已发表的论文来看，两岸应用 MRI、CT 及 BOD POD 的研究还比较少见（侯少华等，2005；全明辉等，2006）。今后，两岸的人体组成学研究应当减少对 BIA 的依赖，而更多地应用先进的测定方法，如影像学技术、DXA、BOD POD 及多组分模型方法等。DXA 是近十余年发展起来的极具潜力的人体组成学方法，可以测定体脂肪、矿物质和软组织含量（周琦等，2008）。DXA 不但能够测定多种身体成分的全身含量，而且能够测定这些组分的局部含量。

随着经济实力的增强，越来越多的两岸科研机构和高等院校装备了 DXA 装置，这就为进一步提高人体组成学的研究水平提供了可能性。

3.2.2 创新人体组成测定技术

人体组成学的一个重要课题是测定活体内的各种组分，这是人体组成学研究区别于其他学科的特点，也是难点。回顾两岸学者发表的人体组成学文献，不难发现所有的研究都是依靠外国学者发展的方法完成的。因此，海峡两岸人体组成学的未来发展方向之一，是探索测定身体组分的新方法与新技术，其要求是准确、简便、无损伤或微损伤。一个可能方向是探索多种技术的联用，以扩大其适用范围。对某些人群（如怀孕女性与新生儿）身体组分的测定，至今仍是人体组成方法学的难点。发展新的测定方法、用一台仪器测定多种身体组分、或多种仪器联用测定某个特别组分，都是可能的研究方向。

3.4 探讨各种体内外因素对人体组成的影响

在此领域里，迄今为止两岸学者研究得最多的是中国人群身体组成的特点，以及运动与疾病对身体组成的影响。未来海峡两岸学者将研究更多的影响因素而揭示基因对人体组成的影响，更将极大地深化人体组成学的研究水平。

种族是人体组成学的重要课题之一。黄种人与白种人或黑种人相比较，在身体组成方面既有共同点，也存在差异。现有的资料提示，亚洲人群与白种人及其他种族比较，一些主要身体组分的含量及分布存在着差异，这些组分与健康指标的关系也存在着差异。将适用于白种人的概念与数量关系简单地套用于黄种人是不恰当的，甚至可能会误入歧途。关于黄种人身体组成的研究还不多（Deurenberg et al. 2003），这方面的研究有待深入。一个显著的例子是，对应于给定的体脂肪百分率，黄种人的 BMI 要比白种人低 1~2 个单位。反之，对应于给定的 BMI，黄种人的体脂肪百分率要比白种人高 2%~3%。为什么黄种人的 BMI 与体脂肪百分率之间的关系有别于白种人？现在还是只知其然而不知其所以然。

在欧美国家，黄种人占人口的比例很小，因此需要在亚洲国家深入研究黄种人的身体组成。中国拥有 13 亿人，约占世界人口的五分之一。研究华人的身体组成特点不仅具有重要的生物学意义，更与提高国民身体素质、增进健康、治疗疾病密切相关，其重要性不言而喻。今后在此领域中需要更深入的研究，以了解遗传与环境因素是如何导致个体间、人群间及种族间的身体组成差异的。

4 结论

进入 21 世纪以来，随着综合国力的上升，中国对身体组成的研究，呈快速发展的态势。参与人体组成学研究的学者越来越多，研究成果也随之快速增长。每年发表的论文数量，约占全世界此领域论文数的 3.9%。这表明两岸的人体组成学研究，已在该领域内占有一席之地。未来，中国的人体组成研究应该向多方位发展，特别是测定更多身体组分的含量（如骨骼肌与内脏脂肪组织）、应用先进测定技术以及探讨华人的身体组成特点。



参考文献:

- [1] 陈蓉, 林守清, 林霞, 等. 年龄对北京地区健康妇女身体成分的影响[J]. 中华妇产科杂志, 2008, 1: 36-40.
- [2] 范志强, 朱惠莉, 朱砚萍, 等. 老年慢性阻塞性肺疾病患者静息能量消耗与人体组成[J]. 国际呼吸杂志, 2007, 13: 974-977.
- [3] 高炳宏, 赵秋蓉, 薛朝. 中国优秀男子跆拳道运动员身体成分的研究[J]. 中国体育科技, 2001, 4: 21-23.
- [4] 侯少华, 侯曼, 龚也君, 等. 磁共振图像实现人体体成分数字化的研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 1: 107-110.
- [5] 胡小琪, 张必科, 张倩, 等. 四川阿坝州藏羌汉族儿童青少年体成分分析[J]. 中国学校卫生, 2006, 1: 8-10.
- [6] 李军, 关慧, 聂文良, 等. 青年男子柔道运动员骨密度和身体形态学指标与同龄对照组的比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 39: 7933-7935.
- [7] 李晓霞, 胡扬, 田中, 等. 高住低训对运动员身体成分的影响[J]. 沈阳体育学院学报, 2004, 3: 424-425.
- [8] 刘建民, 赵红燕, 宁光, 等. 绝经前健康妇女的身体组成成分与骨密度的关系[J]. 中国医学科学院学报, 2003, 3: 250-253.
- [9] 马冠生, 李艳平, 刘爱玲. 年龄与性别对人体组成的影响[M]. 王自勉、吴至行(主编). 人体组成学. 北京: 高等教育出版社, 2008, 329-362.
- [10] 马军, 冯宁, 阿布都艾尼·吾布力, 等. 双能X线吸收法与生物电阻抗法测量肥胖儿童身体成分结果比较[J]. 中国学校卫生, 2007, 6: 484-488.
- [11] 彭红. 我国优秀跨栏运动员身体成分的研究[J]. 广州体育学院学报, 2006, 3: 61-63.
- [12] 彭红. 男子铅球运动员身体成分组成及分布与不同运动水平关系的比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 27: 5391-5394.
- [13] 秦明伟, 余卫. 正常人全身骨量及人体组成变化(附292例DXA测量分析)[J]. 中国医学科学院学报, 2003, 1: 66-69.
- [14] 全明辉, 庄洁, 陈彩珍, 等. BODPOD体成分测量仪中两种方法测量成年人身体成分的差异性及相关性研究[J]. 体育科学, 2006, 12: 66-69.
- [15] 沈激. 脂肪与脂肪组织[M]. 王自勉, 吴至行(主编). 人体组成学. 北京: 高等教育出版社, 2008, 77-88.
- [16] 王人卫, 毕玉萍. 上海市城区成年人身体成分现状的分析[J]. 体育科研, 2008, 1: 29-33.
- [17] 王自勉. 人体组成学: 历史、现况和未来[J]. 生理科学进展, 2000, 2: 185-192.
- [18] 王自勉. 人体组成学概述及研究简史[M]. 王自勉, 吴至行(主编). 人体组成学, 北京: 高等教育出版社, 2008, 3-12.
- [19] 王自勉. 骨骼肌含量及其测定[M]. 王自勉, 吴至行(主编). 人体组成学, 北京: 高等教育出版社, 2008, 63-76.
- [20] 吴秀琴. 身体成分对女性运动能力和健康的影响[J]. 中国临床康复, 2004, 12: 2352-2353.
- [21] 吴翊馨, 张海平, 宋吉锐. 系统训练的足球运动员身体成分与大腿不同横断面各组成面积的相关性[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 17: 3337-3340.
- [22] 许寿生, 王艳, 王若燕, 等. 有氧运动对非酒精性脂肪性肝病身体成分和肝脏声像图的影响[J]. 北京体育大学学报, 2006, 9: 1202-1204.
- [23] 袁中满, 吴秋莲, 谢金球, 等. 广州地区健康成年汉族人群身体组成成分调查[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 30: 5986-5988.
- [24] 张彩霞, 蒋卓勤. 儿童基础代谢率与人体组成的关系[J]. 中国临床营养杂志, 2004, 1: 26-29.
- [25] 周琦, 牛军, 刘欣. 双能X线骨密度仪身体成份测量在运动医学中的应用[J]. 体育科研, 2008, 1: 12-16.
- [26] 周岩冰, 张彩坤, 陈栋, 等. 胃癌病人人体组成的初步观察[J]. 肠外与肠内营养, 2007, 5: 286-289.
- [27] Chang CJ, Wu CH, Yao WJ, Yang YC, Wu JS, Lu FH.(2000). Relationships of age, menopause and central obesity on cardiovascular disease risk factors in Chinese women. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 24:1699-1704.
- [28] Chiu HC, Chang HY, Mau LW, Lee TK, Liu HW.(2000). Height, weight, and body mass index of elderly persons in Taiwan. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 55:M684-690.
- [29] Deurenberg P, Deurenberg-Yap M, Foo LF, Schmidt G, Wang J. (2003). Differences in body composition between Singapore Chinese, Beijing Chinese and Dutch children. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57:405-409.
- [30] Forbes GB. (1987). *Human Body Composition: Growth, Aging, Nutrition and Activity*. New York: Springer-Verlag.
- [31] Heymsfield SB, Lohman TG, Wang ZM, Going SB (eds.). (2005). *Human Body Composition*, second edition, USA, IL: Human Kinetics.
- [32] Heyward VH, Wabner DR.(2004). *Applied Body Composition Assessment*, second edition, USA, IL: Human Kinetics.
- [33] Valentin J (ed.)(2002). *Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values*. Annals of the ICRP (ICRP publication 89), Oxford: Pergamon.
- [34] Wang ZM, Pierson RN, Jr, Heymsfield SB.(1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56:19-28.

(责任编辑: 何聪)