

高等院校体育专业教学参考书

运动才能遗传学概论

刘献武 林文弢编著



广东高等教育出版社

前 言

“运动才能遗传学”是人类遗传学的一个分支，是研究组成人体运动能力各种特定性状的遗传与变异及其规律的一门新兴学科，它与医学遗传学有着密切的关系。“运动才能遗传学”的诞生与发展，一是由于当代世界竞技体育运动水平的迅猛提高，对运动员科学选材和科学训练提出了更高的理论要求；二是由于现代科学技术的发展为运动才能的遗传学研究提供了条件。现在，一些体育发达国家对运动才能的遗传学研究都很重视，并取得了可喜的进展和效益。但是，“运动才能遗传学”毕竟还是一门非常年青的学科，无论在科学体系上，还是在实践应用上，它还要走过漫长的历程。

目前，世界各国不少训练专家和医学专家认为：“加强对运动才能的遗传学研究及其应用，对今后持续大幅度提高竞技体育运动水平，丰富体育科学理论是必不可少的。”为实现我国在本世纪末进入世界体育强国的战略目标，为提高我国高等院校体育专业素质，配合全国高等师范院校体育系科用《人类遗传学》教材；我们以刘献武编写的《运动才能遗传学概论》（广州体院，1983.8）为基础，比较广泛地收集了国内外有关文献资料，并结合近年来的遗传学教学经验和科研成果重编了《运动才能遗传学概论》。本书可供高等院校体育专业师生及其他体育科教工作者、人类遗传学工作

者研究参考。

重编的这本《运动才能遗传学概论》不同于一般的遗传学和人类医学遗传学，它突出人体运动能力的遗传、变异及其在体育实践中的应用。在论述上力求通俗易懂，并体现体育专业特点，密切结合运动员选材和运动训练实践，为其提供遗传学的理论依据和方法。本书共分六章：人类遗传的物质基础、人类遗传的基本规律与方式、运动能力遗传规律和特征及其遗传力、运动能力变异的原因与特征及其在体育实践的应用、环境体育与优生、遗传选材法等。

“科学是由科学家们推导出来的。因此，不难理解，很多科学家不仅希望引用他们的发现，同时还希望有他们的名字”（Curt.Stern，《人类遗传学原理》第三版序，1972.8）。这不仅对他们是应有的尊重，而且对广大读者查找原始文献，在接受他们研究成果的同时，学习研究他们的科学观和方法论也是颇为有益的。为此，在本书正文、图例、表解以及书后参考文献中，我们将尽量引注作者的名字。遗憾的是，由于种种原因，引注又不能是完全公正和无遗的，在此谨致歉意。由于我们的水平有限，不妥之处欢迎批评指正。

本书承蒙华南师范大学生物系陆士伟教授、广州体育学院林惠中教授审校，谨致衷心感谢！

编 者

1986年9月



绪 论

- 一、运动才能遗传学的概念及其发展 1
- 二、运动才能遗传学的基本内容 2
- 三、运动才能遗传学在现代体育科学中的地位与作用 3
- 四、运动才能遗传学的研究方法 4

第一章 人类遗传的物质基础

- 第一节 受精与胚胎的早期发育 7
 - 一、生殖细胞 8
 - 二、受精 16
 - 三、胚胎的早期发育 18
- 第二节 染色体与核酸 22
 - 一、染色体 22
 - 二、核酸 32
- 第三节 蛋白质的生物合成 37
 - 一、蛋白质 37
 - 二、DNA 的自我复制 38
 - 三、遗传密码 38
 - 四、遗传信息的转录和 RNA 41
 - 五、遗传信息的翻译 42

第二章 遗传的基本规律与方式

- 第一节 遗传的基本规律 48

一、分离律及其在人类遗传中的表现	48
二、自由组合律及其在人类遗传中的表现	58
三、连锁和互换律	69
第二节 遗传方式	75
一、单基因遗传	75
二、多基因遗传	92

第三章 运动能力的遗传

第一节 运动能力的遗传规律	103
一、连续性规律	103
二、相关性规律	104
三、阶段性规律	105
第二节 体型特征	106
第三节 生理机能状态	109
第四节 生化代谢特征	116
第五节 身体素质	119
第六节 智力与个性特征	122

第四章 运动能力的变异

第一节 遗传物质变异	127
一、染色体畸变	128
二、基因突变	143
第二节 运动能力变异及其特征	153
一、运动能力变异的原因	154
二、运动能力变异的基本特征	156
三、运动能力变异的意义	162

第五章 环境与优生

第一节 环境对人体性状的影响	167
----------------------	-----

一、概述	167
二、环境对个体发育的影响	169
三、环境对人类系统发育的影响	173
第二节 优生对人口素质的影响	175
一、优生学的概念及其发展	176
二、优生学在国计民生中的地位与作用	181
三、两类优生学	184
四、优生法	196
第三节 优境与体育	197
一、优境学的概念	197
二、优境学的基本内容及其对人口素质的影响	198
三、体育锻炼对增强体质的作用	199

第六章 遗传选材法

第一节 家族选材法	202
第二节 遗传力选材法	205
第三节 阶段选材法	207
第四节 相关选材法	210
第五节 性染色体选材法	217
第六节 智力与个性选材法	220
第七节 环境选材法	229
第八节 性别鉴定与皮纹选材法	232

绪 论

一、运动才能遗传学的概念及其发展

运动才能亦称运动能力，指反映在适宜人体运动方面的各种特定性状，它包括人体各器官的生理机能状态，各种身体素质以及与运动技能掌握有直接联系的身体形态和行为（智力、心理、意识运动能力和个性特征）等。研究运动才能遗传与变异及其规律的科学，称运动才能遗传学。从1909年 E. R. Jena 研究双生儿的意识运动和运动能力开始至今七十余年，人们从未忘过对运动才能的遗传学研究。

本世纪六十年代以来，国际竞技体育运动水平的迅猛提高和现代科学技术的高度发达，这就为《运动才能遗传学》的诞生奠定了基础。在人类遗传学的基础上，许多学者从不同的方面研究了运动才能的遗传问题：如 Curt. Stern、Tensen and hiher（美）关于人体形态与行为的遗传研究，盖达（意）、克李绍拉斯（加）、Osqto and Awano 等人关于双生儿意识运动能力的研究，Newan. Freemar and Holzinger 关于单卵双生儿个性特征的研究，丘尼克（苏）关于运动员家族的研究，Hurst 关于智力的研究，B·扎尔奥尔斯基、П·谢尔坚科和П·杰达（苏）关于身体素质的研究，并提出了《运动才能遗传学》这一科学概念。大量的实验测试研究结果证明，适合人体运动的这一整套才能是遗传的，并遵循人体遗传与变异的基本规律发展变化。

目前，运动才能的遗传学研究主要是从运动员科学选材和训练效果这一实用观点出发的，还处于初级阶段，还要走

过漫长的历程；但初露锋芒的它，已显示出强大的生命力。展望未来，运动才能遗传学这门体育科学领域中的新兴的边缘学科是有着广阔的发展远景的。它与现代科学技术的结合，将会极大地促进体育科学和竞技体育运动的发展。

二、运动才能遗传学的基本内容

1979年，П·谢尔坚科（苏）在研究运动员选材时提出了“运动才能遗传学”这一概念。（苏·《田径运动》，1979.12）。在此前后，国内外不少学者在研究运动训练和运动员选材中也相继提出过运动能力的遗传问题，如G·盖斯尔：“运动才能的遗传因素”；П·杰达、罗·安格洛尼：“速度和耐力的遗传因素”；札尔奥尔斯基等人关于“肌肉力量的遗传”研究；列·盖尔斯卡、特拉夫和苏斯洛夫等人关于专项“运动才能的遗传研究”……极大的丰富了“运动才能遗传学”的内容、方法。但令人遗憾的是，时至今日它仍未形成自己的体系。本书是根据国内外有关文献和编撰者的设想编写的，它的体系和基本内容是：

1. 人类遗传的物质基础
2. 人类遗传的基本规律及方式
3. 运动能力的遗传
4. 运动能力的变异
5. 环境与优生对个体性状生长发育的影响
6. 遗传选材法

三、运动才能遗传学在现代体育科学中的地位与作用

随着现代科学技术和竞技体育运动的高度发展，体育科

学正日新月异的向学科集群方向发展、迈进；这是相邻学科与体育科学相互渗透的必然结果。“运动才能遗传学”就是在这种形势下，运用人类遗传学原理和方法服务于现代运动训练和运动员科学选材的一门新兴学科。它在体育科学中的地位与作用必见日趋重要。

1. 增强人民体质，尤其是增强儿童、青少年的体质是我国发展体育运动的根本目的之一

因此，深入研究形成体质的各种因素（先天因素和后天因素），采取有效措施提高我国人口素质就成为体育科学的一个重要组成部分。长期以来在运动能力的研究中，人们对后天因素，即环境颇为重视；而对形成人类身体形态、生理机能、生化代谢特征和行为等方面的先天因素研究的甚少，这必然影响体育科学的发展和人口素质的改善。因此，学习与研究遗传学，通过各种途径改善遗传物质结构，势必成为增强体质重要途径之一。

2. 运动训练的科学化需要“运动才能遗传学”

为达到竞技体育运动的目的——夺取金牌或冠军，就得通过运动训练不断地提高人体的运动能力和竞技体育运动水平。在选定运动员后，不言而喻，运动训练的科学化水平就成为关键；它的核心是训练计划与方法。而科学训练计划和先进训练方法的制定与实施的前提则是运动员个人条件。组成运动能力的各种性状是由遗传因素和环境因素共同决定的；一般主要受遗传因素决定的性状往往是难控因素，而主要由环境因素决定的性状则多为可控因素。因此，分析研究那些与运动能力有关的各种特定性状的形成因素及其发展潜力就成为制定科学训练计划和训练方法所不可缺少的理论基础。

3. 运动才能遗传学是运动员科学选材的自然科学基础

当代运动技术水平及其发展趋势使国内外不少运动训练

家已充分的认识到：“不是任何一个健康适龄者，经过科学训练都能取得世界冠军或金牌的，只有那些具有天赋运动才能的人，才能取得比赛的胜利”。由此可见，在训练科学化的同时必须发展选材科学，训练学与选材学这一对孪生姐妹学科的发展是相互制约、相互促进的。运动员科学选材的核心是预测，苏联学者扎西奥尔斯基断言：“没有预测，就没有选材”。当代，运动员选材的主要对象是正处于生长发育阶段的儿童青少年，它的科学基础是遗传与环境。环境是可改变的，是可控因素，而遗传则相对稳定，是难控或不可控因素，是可预测的。因此，以研究运动能力遗传与变异及其规律为己任的“运动才能遗传学”不但是运动员科学选材的自然科学基础和方法（遗传选材法），同时亦是现代体育科学新兴的、越来越不可缺少的应用理论学科。

四、运动才能遗传学的研究方法

运动才能遗传学是人类遗传学的一个最新分支，它的研究对象是组成运动能力的各种遗传性状。近百年来，对人体性状的遗传研究经历了个体水平、细胞与亚细胞水平、分子水平的发展过程，取得了丰硕的成果。在对人体性状，尤其是人体异常性状（遗传疾病）的研究中，发现了组成运动能力的各种性状是可遗传的，并取得一定的成绩。目前，“运动才能遗传学”的研究方法还主要是采用人类遗传学的研究方法，而且大多数方法还停留在个体水平上，少数达到细胞及分子水平。现将常用的运动能力的遗传研究方法介绍如下：

（一）家谱法

是通过对某个人的家谱调查（包括实验测试）或观察，

分析上几代人和同代人某些组成运动能力各种特定性状的发生情况，并依遗传规律找出其遗传方式和特点，分析在其后代必然发生的趋势与概率。冠军家族与运动世家的研究表明，运动员家庭子女中有50%是优秀运动员或运动场上的佼佼者。显然可见，家庭运动才能的遗传因素是何等重要！

（二）双生子法

双生子法主要是将一卵双生子和二卵双生子作比较，确定遗传与环境对组成运动能力的各种特定性状的影响程度，从结果算出遗传力。学者们利用双生子法在组成运动能力的各种特定性状，如身体形态、生理机能水平、生化代谢特征、身体素质、智力、心理素质及其个性特征等方面的遗传学研究中取得可喜的进展。因此，双生子法，不但是普通人类遗传学的研究方法，同时亦是“运动才能遗传学”的主要研究方法。

（三）跟踪法

跟踪法是调查、测试研究某一儿童（有人从胚胎开始）在生长发育各阶段中，组成运动能力的各种遗传性状的发生时间、规律及其特征。这是一种纵向研究方法，它的科学性和可信度远较一般横向研究方法大的多，但它的研究时间是长期的，任务是繁重的。目前，人们常用这种方法研究与运动能力有关的人体形态特征和身体素质等方面的遗传与变异、外显度及其规律。

（四）数理统计法

数理统计法是应用统计学方法通过对众多个体的测试研究，找出组成运动能力的各种遗传性状的表达数据，进行处

理分析，以便探讨其遗传规律和外显度。目前常用的统计学方法：概率及其分析、相关及其分析、百分位数法和离差法……。学者们常用数理统计法研究与运动能力有关的体型、智力、意识运动及个性特征等方面的遗传力。

（五）实验法

实验法是应用现代生物医学的最新技术和方法，通过对组成人体运动的某些性状的实验检测 and 对比研究（家族对比和训练前后对比），以确定所研究性状的遗传力。目前，学者们在研究人体生理机能状态、生化代谢特征、细胞和亚细胞结构与功能时，常用此法。如Bergstrom、康西尔曼关于骨骼肌纤维的分类及其遗传研究；Jl·杰达关于ATP、CP的含量与合成潜力的遗传研究；克李绍拉斯关于最大吸氧量、血乳酸最大浓度和最大脉搏频率的遗传研究……。

此外，还有遗传工程学和优生学方法等。上述各种研究方法之间是相互渗透的，不能截然分开的，实际上往往是综合应用的。由于现代科学技术和人类遗传学等生物医学科学的发展，“运动才能遗传学”的研究方法必然不断创新，不断提高，日臻完善。

第一章 人类遗传的物质基础

近百年的研究结果证明，人体各性状的遗传是有物质基础的；同样组成运动能力各性状的遗传也是有物质基础的。

由于生物医学科学技术的发展，现代遗传的概念认为：

(1) 宏观论，人类遗传的物质基础是细胞（细胞核与细胞质）；(2) 微观论，人类的遗传物质是基因或核酸。依据竞技体育运动和体育科学的发展趋势和需要，本章将以细胞核遗传为中心，通过生殖细胞的形成，受精和胚胎的早期发育论述染色体和核酸（主要是基因）的化学组成、结构与行为及其在蛋白质生物合成中的作用，为研究运动才能遗传与变异的基本规律和表达方式提供物质基础。

第一节 受精和胚胎的早期发育

人类从亲代继承下来的遗传物质都包含在生殖细胞——精子和卵子里。人的生命始于一个单细胞——受精卵，受精卵经生长发育演变为一个成体。一般将人体这一发生过程分为两个时期：出生前期和出生后期，这里要注意的是：人的诞生只不过是人体发生环境的变化，出生后不仅是身体的长大，而且还在继续发生一些重要的变化，人体结构的大多数要在25岁左右才能完成。本节内容，不是研究人体发生的全过程而只介绍生命之始——受精及其相继的胚胎早期发育和三胚层的形成与分化。目的是了解遗传物质的传递方式、规律及其与三胚层形成和分化的关系。

一、生殖细胞

(一) 精子

精子是男性的生殖细胞。成熟后的精子形似蝌蚪，分头、颈、体、尾四部分，头部稍尖而略高，有顶体，可分泌透明脂酸酶，借以穿入卵子，精核位于头部，内部含有23条染色体。颈部有中心体和线粒体，前中心粒进入卵质后，形成精晕与卵裂关系密切。尾部仅是促进精子运动，受精时留在卵外而被同化吸收。精子对外界环境条件非常敏感，在碱性溶液中活动加强，在弱碱性（ $\text{pH}7.4$ ）的精液中，每分钟可游动2—3微米，在阴道的酸性（ $\text{pH}3.8-4.5$ ）环境中活动减弱，甚至失去活力，尤其是Y型精子更易丧失活力，但进入子宫和输卵管的弱碱性环境后又恢复活力（ 37°C 条件下，每分钟前进1.5—3mm）。根据近年研究报告，精子只有在子宫和输卵管分泌物影响下，才能获得受精的能力。正常成年男子，每次排精为2—5ml，其中含精子2—5亿，若精子数量过少（每毫升中低于0.5亿）、严重畸形（畸形率达50%以上）、活动能力差和精液稀少等，不仅直接影响受精，而且涉及遗传后果。

(二) 卵子

是女性的生殖细胞。卵似球形，直径约为130—140微米，重约0.0015克，是人体的最大细胞之一。卵核内含23条染色体。卵子的细胞膜极薄，在它的外表面有一层折光率较强透明带，透明带表面有呈辐射状排列的滤泡细胞形成所谓的放射冠，对卵细胞起营养和保护作用。正常成年女子，每个月经周期中只有一个成熟的卵子排出（来自左

侧或右侧卵巢)。如两侧卵巢同时排卵或一侧卵巢同时排两卵，将会出现多胎现象(图1—1)。

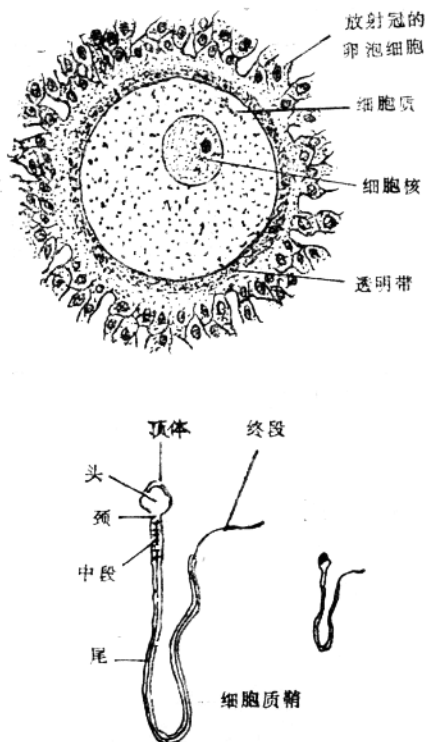


图1—1 人类配子模式图

(三) 生殖细胞减数分裂及意义

生殖细胞减数分裂也称成熟分裂，它是有性生殖的生物

(包括人类)形成性细胞过程中的一种特殊的有丝分裂的形式。

1. 生殖细胞减数分裂:

生殖细胞的减数分裂不同于一般体细胞的有丝分裂,其特点是经过两次连续的细胞分裂来完成。在两次连续的细胞分裂中染色体只复制一次,也就是说染色体进行了一次分离和一次分裂,结果,形成的四个子细胞中的染色体的数目(性细胞以 n 代表)只有原来母细胞(体细胞以 $2n$ 代表)的一半。此外,同时染色体之间可以发生遗传物质的交换,这样通过遗传物质的重新组合,使新形成的性细胞之间在遗传上可能出现质的差异,这便为杂种后代的多样性准备了先决条件。

减数分裂包括第一次减数分裂和第二次减数分裂。

(1) 第一次减数分裂:包括前期、中期、后期和末期。

前期 I:分细线期、合线期、粗线期、双线期和终变期,是第一次减数分裂的最重要的时期。

细线期:染色体长而细,不易辨别。中心体已分裂为二,并开始向两极移动。

合线期:同源染色体开始配对,配对在习惯上称为联会(Synapsis)。染色体变短变粗。

粗线期:同源染色体配对完成,即两个同源染色体沿它们的全长完全接触。配对好的染色体数目等于体细胞染色体数目的一半。这时清晰可见每条染色体都是由两条姐妹染色单体构成的,它们借助于一个着丝点结合在一起,即每对染色体有两个着丝点。结果,每对染色体有四个并列的姐妹染色体,这种由四条姐妹染色单体构成的单位叫四分体(Tetrad),也称双价体。这时一些同源的非姐妹染色单体

之间发生交换。交换的结果，使参与交换的非姐妹染色单体上既有父体的成分，又有母体的成分。这就是遗传物质的交换，也就是两个非姐妹染色单体上的一段及其所载的基因的交换。

双线期：染色体继续变粗，每对姐妹染色单体与另一对姐妹染色单体开始分开，但不是完全分离，在同源染色体发生交换的地点仍结合在一起，称交叉，交叉是交换的结果。每一个四分体至少是一个交叉，交叉一般是中段性的，也就是说，是在两个染色体两端之间的部分。

终变期：染色体最大限度缩短，交叉向端部移动这个过程，叫移端。核仁、核膜消失。

前期结束的标志是四分体移至赤道板上。

中期 I：四分体都排列在赤道板上，位于纺锤体中间。每个四分体的两个同源着丝点各自面向相对两极，这时已决定了一对同源染色体将要分向两极的去向。

后期 I：每个四分体来自父体和母体的染色体彼此分离，各自向两极移动。这个时期的每条染色体（无论来自父体或母体）的两条染色单体因为共有一个着丝点而未分开，称为二分体（Dyad）。

末期：核膜形成，胞质分裂。每个细胞得到一个二分体。染色体到达两极后解旋为染色质进入末期，随着核仁、核膜重现，重建了两个子细胞的核，至此完成了第一次减数分裂。染色体数目减半，与此同时胞质的分裂，也可能不发生，而延迟到第二减数分裂完成后胞质再进行分裂，从而形成四个子细胞。

（2）第二次减数分裂：第二次减数分裂也分为前期、中期、后期和末期。第二次减数分裂与一般的有丝分裂颇为相似。