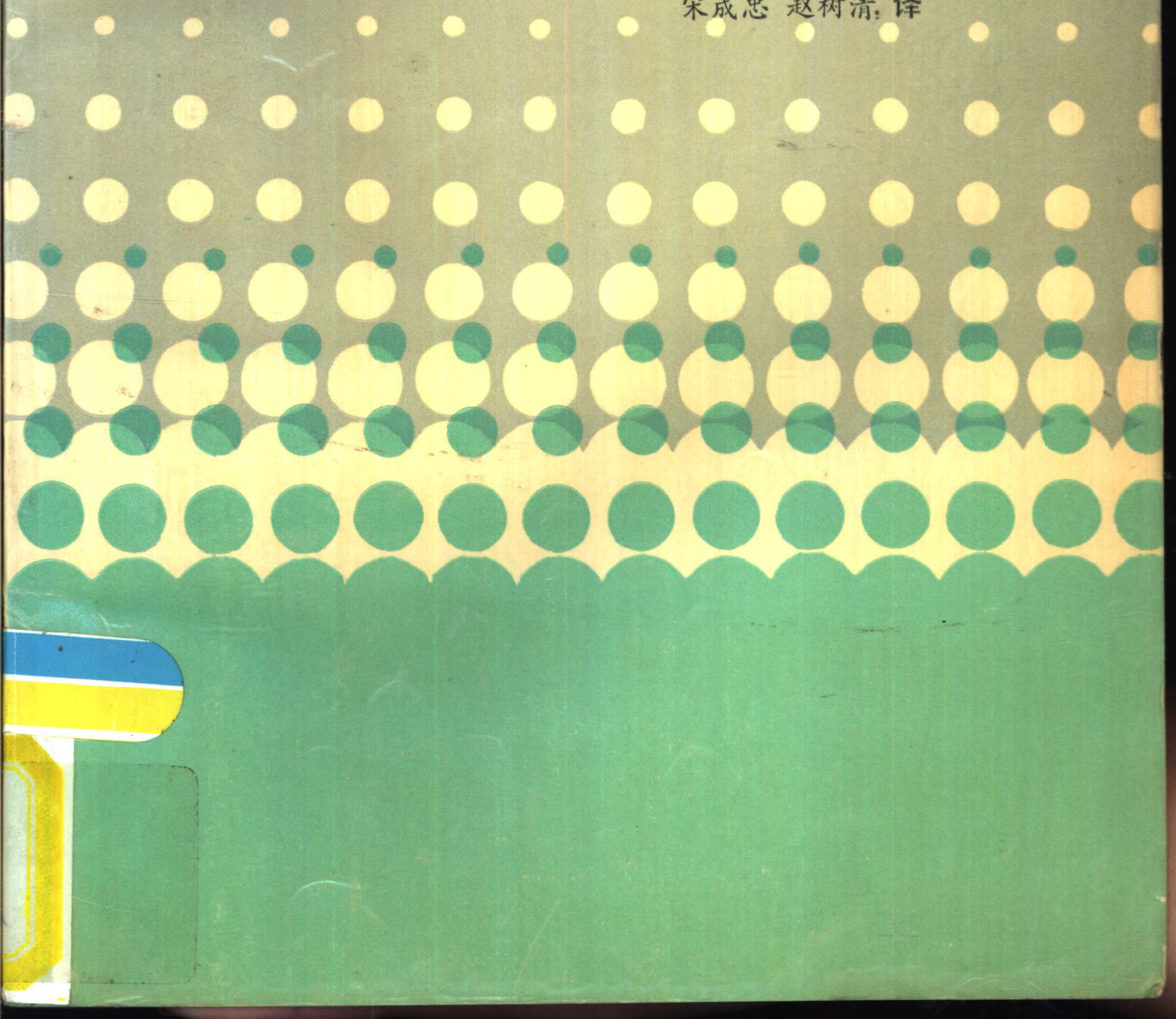

从运动生化

到运动处方

北京体育学院出版社

〔日〕伊藤朗 著

宋成忠 赵树清 译



从运动生化到运动处方

[日] 伊藤 朗 编著

宋成忠 赵树清 译

梁文 校

北京体育学院出版社

内容提要

本书译自(日)伊藤朗的原著日文第一版。全书分为十五章。内容包括运动生物化学的基础知识;运动时能量的产生与消耗,运动时糖、脂类、蛋白质、尿酸、电解质和水的代谢,运动引起尿性状、体液pH、血液性状、血清酶活性、血液凝固能力和纤维蛋白溶解能力的变化,运动时的肌肉收缩,预防和改善疾病(糖尿病、肥胖症、高血压症、高尿酸血症、儿童哮喘等)的运动处方。作者来北京体院讲学时,此书为基本教材。

本书的论述是参照了很多的新文献,特别是集著者及其同仁们的研究成果汇成的。侧重论述运动对增强体质、防治疾病的生化原理及其实际应用。内容新颖,书中采用了大量的图表、数据,深入浅出地说明运动生化问题,文字通俗易懂。

本书是为体育专业本科引进的参考教材,可供体育学院师生和体育教师、教练员、康复医疗者、营养师的参考。

从运动生化到运动处方

[日]伊藤朗 编著

宋成忠 译
赵树清
梁文 校

北京体育学院出版社出版
(北京西郊圆明园东路)

新华书店总店北京发行所发行
北京通县张家湾印刷厂印刷

开本:787×1092毫米1/16 印张:11.375 定价:3.00元 (压膜装)
1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷 印数:1500册

ISBN 7-81003-220-8/G·144

(凡购买本版图书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

推 荐 词

我和伊藤君在昭和43年(1968年)结识,至今已有将近20年。岁月无情,20年弹指一挥间,而伊藤君则全心全意投入人体在运动时的生物化学的研究,直至今日。我到慈惠医科大学的中央检查部工作后不久,他就从东京教育大学的运动生理研究室调到我的研究室,精力充沛地向运动生物化学挑战了。在当时设备简陋、万事不备的研究室中,他广泛深入地进行与运动有关的贫血,糖代谢、脂类代谢、核酸有关物质等的研究。这段往事的回忆仿佛仍然历历在目。伊藤君在高中时就是田径运动员,他充分运用了自己亲身的运动经验,准确地分析和判断研究数据。有时与他共同研究也使我硕果累累。不久,他被招聘到筑波大学,但我们在研究方面的合作仍继续至今。他的学位论文即关于环腺苷一磷酸(c-AMP)的研究,就是在这种环境中诞生的。

生物化学是有关物质的代谢、吸收和排出的研究,从某种意义上说是处理生物的“经济面”的运动的有关动态现象。对于机体的研究着眼于其物理的物力论本身当然是应该的,先进行对肌肉的动作、心脏、肺的活动等生理学方面的研究也是必要的,但是,如果忘记探究它的“经济面”,就不会明白其本质。

身体运动在短时间中消耗大量的能量,这可与战争相比。如果注意力只集中在战争的军事、政治方面,而忽视了它的经济方面是不能最后取胜的,也不能达到对战争本质的认识。运动生物化学在这一方面正迫近着运动的本质。

伊藤君的另一个特征是他注意培养后继者,本书是由多人共同执笔写成,这就是一个证明。

此外,他生在中国,与中国包括台湾的同仁进行交流,在体育研究者中他是第一个。这本著作在国际上也受到欢迎,相信它是学习运动生物化学的良好教材。

东京慈惠会医科大学中央检查部长兼临床检查医学主任教授

井川幸雄 1987年3月

AAI 28/06

序 言

“无知”是可怕的事情，许多事实表明，只凭经验的非科学的体育运动，对健康非但无益反而有害。因此，今日之运动被称为“两刃剑”，即可能有益也可能有害。正因为如此，人们普遍承认必须科学地、正确地实施体育运动。运动生物化学的研究对此做出了重大的贡献。

也就是说，对运动现象的生物化学研究，给我们提供了增进健康的体育运动的正确方法。运动生物化学是运动处方不可缺少的知识，希望更多的人能够掌握它。鉴于生物化学对于许多人来说还是一门陌生的学科，本书不是突如其来地直接进入生物化学，而是更多地从运动生理学的内容和一些对健康问题的浅显易懂的解说入手，进而深入到生物化学的领域。

本书对于在社会体育部门工作的运动指导员，保健体育教师，运动教练员，康复治疗者，营养师以及有志于从事这些工作的学生，是学习运动生物化学的入门书。为使读者能把握其概要，使之用于指导工作，作者在文字叙述时尽力做到通俗易懂，书中还运用大量的图表，这有助于读者加深理解。为了阅读的方便，使读者能够抓住全部内容，特将图表配以文字说明。此外，有些地方为了排版的方便，解说可能不够充分，还有些地方由于著者能力所限解释的不尽完善。著者将根据读者赐予的批评，一一修订。

在本书写作时，著者从许多学者的论文和著作中得到很多教益，本书在利用文献时也得到各位先生的允许，在此一并向诸位先生表示深深的感谢，并在各章末页将图表引用文献及文章参考文献一一列出。

最后，请允许我记下引导我走上运动生物化学道路的恩师的尊名以奉上感谢之意：东京教育大学运动生理学教室已故的杉本良一教授(初代)，杉清三郎教授(第二代)，东京教育大学体育研究部门小川英吉教授，东邦大学理学部生物化学教室药师寺英次郎教授，还有现在仍在给予我指导的东京慈惠会医科大学中央检查部长兼临床检查医学主任井川幸雄教授，今后仍请多多指教为盼。

在本书的筹划，出版之际，谨向长期给予大力协助的医齿药出版株式会社表示感谢。

伊藤 朗 于运动生物化学实验室

1987年3月

基础用语

与运动有关的用语

[有氧活动]能够摄取更多的氧的各种运动。这是由Cooper提出的。

[运动负荷试验]为了确定适当的运动处方的试验与临床诊断的同类试验具有区别。在渐增强度时观察身体的各种反应的试验。

[自行车功率计]采用物理性阻力的可以调节运动强度的固定式自行车。

[氧债]运动开始初期,由于不能摄取运动所必需的氧,在这时是暂时欠缺,在运动终了后偿还,所以可以知道它的量。

[极点]运动开始后,呼吸、循环、身体诸条件不能适应,非常痛苦而想中止运动的时期。

[自觉运动强度RPE(rate of perceived exertion)]由Borg首先运用的关于各种运动强度的信息由个人进行评估,以自我感觉确定强度。

[第二次呼吸]经过极点以后,在大量出汗的同时呼吸等都感到轻松的时刻。

[时间调查]正确记录一日的行动内容与时间,以计算能量消耗。

[体力]有身体和精神的因素,分为行动体力和防卫体力两类。

[行动体力]以体格为基础,如肌肉力量、功率、敏捷性、耐久性、平衡性、调节能力、柔韧性等行动所必要的能力。

[防卫体力]抵抗外部刺激的各种能力,如适应、免疫等保持健康的防卫能力。

[活动跑台]传动皮带式的运动负荷装置,其角度、和速度能够变化。

[训练能力]训练的效果不会超过个人素质的极限的想法。

[鲁氏(Roux)的法则]鲁氏提出身体各器官越使用越发达,不使用则衰退,肌肉尤为明显。

[过度负荷]指由于使用过度而产生有害结果。如慢性疲劳、疲劳骨折等有时认为是过度负荷而引起。

与生物化学有关的用语

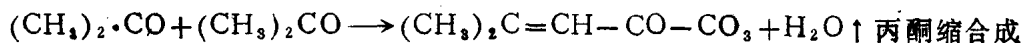
[放射性同位素] ^3H 、 ^{14}A 、 ^{32}P 、 ^{35}S 等不稳定同位素常用做示踪, β 衰变 3.7×10^{10} 个为1居里,用盖克计数管,闪烁计数等进行测定。

[稳定同位素] ^{17}O 、 ^{18}O 、 ^{13}C 、 ^{33}S 、 ^{34}S 、 ^{14}N 、 ^{15}N 等作为示踪原子,表示浓度时用原子百分比,它表示比天然存在的百分比高多少,用质谱仪进行测定。

[氚]放射性同位素 ^3H 。

[米氏常数]酶促反应速度达到最大反应速度的 $1/2$ 时所必要的底物浓度。这是酶化学的重要常数(K_m)。 $K_m=0.1\text{mol/l}$ 也就是说底物在 0.1mol/l 浓度时,酶的活性部分由一半的底物所饱和。

[缩合condensation]分子与分子反应,放出元素、水、盐酸、乙醇等化合物,生成新的化合物的反应。



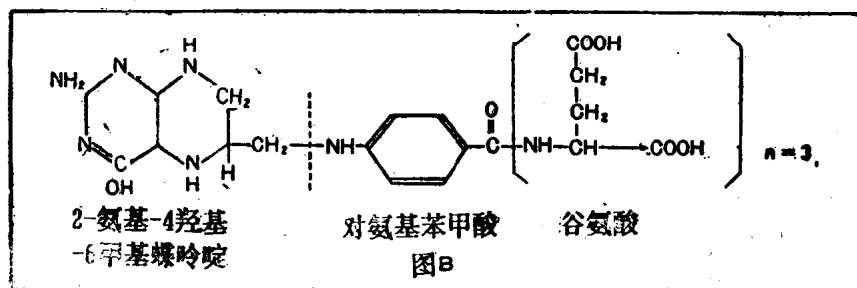
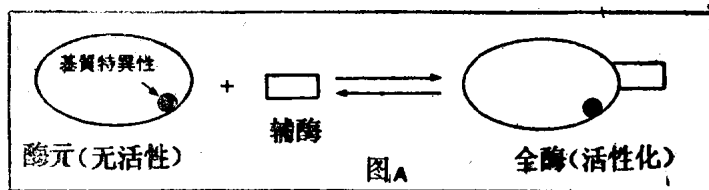
[半衰期]量减为1/2所需要的时间,从衰变的任何时间开始测量都是一样的。 ^3H 为12.1年, ^{14}C 是5,100年, ^{32}P 为14.3天, ^{35}S 为87.1天。

[辅酶coenzyme]酶的补缺分子团,与酶的蛋白部分(酶蛋白)的结合(全酶)很弱,处于可逆的解离平衡中,两者单独没有催化能力(图A)。

[NAD(Nicotinamide Adenine Di-nucleotide)] 维生素通过与ATP有关的酶反应合成成的辅酶(水溶性维生素多数在体内成为辅酶)。

[四氢叶酸]辅酶,叶酸的还原型(图B)。

[氢键]氢离子虽然是电荷为+1的正离子,但氟化氢FH具有特殊的离子构造时成为 FH^+ ,它强烈的吸引住其它的 F^- 变为 HF_2^- (等于氟化氢离子),原因是静电引力。氢离子易和电负性大的原子氟、氧、氮结合成这种键。



与生理学有关的用语

$[\dot{V}\text{O}_2, \dot{V}\text{CO}_2]$ 加上点,表示每分钟 O_2 的摄取量, CO_2 的排出量。

$[\dot{V}\text{O}_2\text{max}, \% \dot{V}\text{O}_2\text{max}]$ 加上max表示每分钟最大氧摄取量。加上%则表示对 $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ 的比例(例:60% $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ 就是 $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ 的60%)。

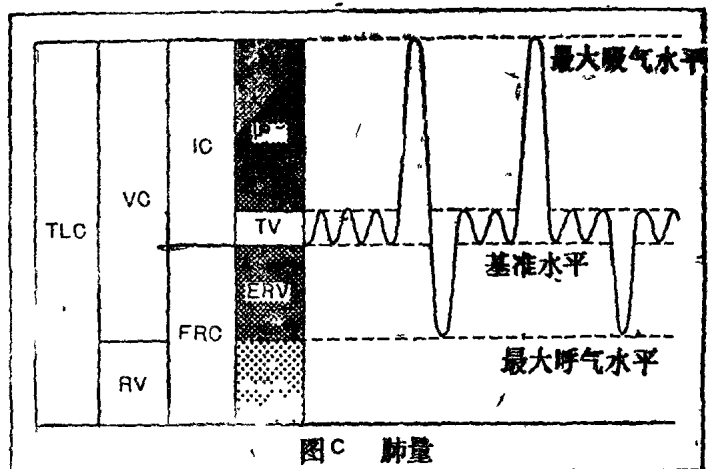
[呼吸描记图]肺通气量的组成。TV是平静时的一次换气量,IRV是备用吸气量(从TV的上限到最大吸气位),IC是最大吸气量(TV+IRV)。ERV是备用呼气量(从基准位到最大呼气位)。VC是肺活量(IRV+TV+ERV)。RV是残气量(在ERV仍然残留的量)。FRC是功能残气量(ERV+RV)。TLC是全肺气量(VC+RV)(图C)。

[FVC]是最大肺活量,是最大吸气后,最大的强度和速度呼出时的肺活量。 $\text{FEV}_{1.0}$ 是这时的最初的一秒量。 $\text{FEV}_{1.0}\%$ 是一秒率 $\frac{\text{FEV}_{1.0}}{\text{FVC}} \times 100$ 。

[ATPS]表示测定时室温、气压下的水蒸汽饱和状态,指气量原封不动的数值。

[STPD]表示在0℃、1大气压、干燥状态。由ATPS值换算而来。 $\dot{V}\text{O}_2, \dot{V}\text{CO}_2$ 用这种值表示。

[BTPS]由ATPS值只把温度换算成37℃得到的值,肺气量,换气量用此值表示。



[HR heart rate] 心率，用次/分表示。

[\dot{Q}] 单位时间的血流量(1/分)。

[SV] 心脏的每博输出量。

[BP] 血压(SBP为收缩压，DBP为舒张压)。

[P_{O_2}] 氧分压。 P_{aO_2} 是肺泡气的氧分压。

[P_{CO_2}] 二氧化碳分压， P_{aCO_2} 是肺泡气的 CO_2 分压。

[缺氧] anoxia 或称作 hypoxia，是组织氧的供给或消耗的障碍状态。

目 录

第一章 运动生物化学介绍	(1)
一、运动生物化学的产生和发展.....	(1)
(一)什么是运动生物化学.....	(1)
(二)运动生物化学的发展历史.....	(1)
(三)运动生物化学的研究现状.....	(1)
(四)运动生物化学的研究进展.....	(2)
(五)运动生物化学的内容.....	(3)
二、运动生物化学的应用.....	(3)
(一)运动生物化学和社会体育设施中的运动指号员的关系.....	(3)
(二)运动生物化学和营养师的关系.....	(4)
(三)运动生物化学和康复治疗者的关系.....	(4)
(四)运动生物化学和保健体育教师的关系.....	(4)
(五)运动生物化学和运动教练员的关系.....	(5)
第二章 运动生物化学的基础知识	(6)
一、化学的基础知识.....	(6)
(一)离子.....	(6)
(二)电解质.....	(6)
(三)离子交换树脂.....	(6)
(四)纯水的制备方法.....	(6)
(五)色谱法.....	(11)
(六)渗透压值和冰点下降.....	(11)
二、测定方法的种类和基准值、正常值.....	(11)
(一)测定方法的种类.....	(11)
(二)生理机能检查的正常值.....	(13)
(三)血中,尿中化学成份的基准值和正常值.....	(14)
三、单位.....	(14)
(一)溶液的浓度.....	(14)
(二)摩尔浓度.....	(14)
(三)渗透压的单位.....	(14)
(四)氢离子浓度.....	(15)
(五)负荷量的单位.....	(15)
(六)负荷强度的单位.....	(16)
(七)压力的单位.....	(16)

第三章 运动时能量的产生和消耗	(18)
一、无氧能量.....	(18)
(一)非乳酸性能量.....	(13)
(二)乳酸性能量.....	(20)
二、有氧能量.....	(22)
(一)什么是有氧能量.....	(22)
(二)有氧能量产生的机制.....	(22)
(三)呼吸链及其机制.....	(22)
(四)有氧能量消费型的运动.....	(24)
第四章 运动时的糖代谢	(26)
一、糖代谢的机制.....	(26)
(一)糖的种类.....	(26)
(二)消化和吸收.....	(26)
(三)燃烧的机制.....	(27)
二、糖的能量.....	(28)
(一)运动中消耗的糖量.....	(28)
(二)糖的贮藏量.....	(28)
(三)运动时血糖的动员和调节.....	(29)
三、食物摄取和糖代谢的节律.....	(32)
(一)血糖值的日节律.....	(32)
(二)胰岛素的日节律.....	(33)
(三)c-AMP值的日节律.....	(34)
四、运动时血糖值的变化.....	(34)
(一)运动前血糖值的高低对运动时血糖值的影响.....	(34)
(二)运动的强度对血糖值的影响.....	(35)
(三)运动的持续时间和血糖的变化.....	(35)
(四)运动性特异高血糖现象.....	(35)
第五章 运动时的脂类代谢	(37)
一、脂类代谢的机制.....	(37)
(一)脂类的种类.....	(37)
(二)脂蛋白.....	(37)
(三)消化和吸收.....	(39)
(四)燃烧的机制.....	(39)
二、脂类的能量.....	(40)
(一)运动中脂肪的消耗量的计算.....	(40)
(二)脂肪的贮藏量.....	(41)
(三)运动时脂类的动员和调节.....	(41)
三、食物摄取和脂类代谢的节律.....	(43)
(一)血清中性脂肪值的日节律.....	(43)
(二)血清游离脂肪酸值的日节律.....	(43)

(三)血清胆固醇的日节律.....	(43)
四、运动时血脂值的变化.....	(43)
(一)血清中脂肪值(血清TG值).....	(43)
(二)血清游离脂肪酸值(血清FFA值).....	(44)
(三)血清胆固醇值(血清chol值).....	(43)
(四)血中和尿中酮体的变化.....	(48)
第六章 运动时的蛋白质代谢.....	(49)
一、什么是蛋白质.....	(49)
(一)蛋白质的作用.....	(49)
(二)蛋白质的种类.....	(49)
(三)消化和吸收的机制.....	(51)
二、蛋白质代谢的机制.....	(51)
(一)蛋白质的分解.....	(52)
(二)蛋白质的合成.....	(52)
(三)氨基酸的分解.....	(52)
(四)氨基酸的合成.....	(52)
(五)激素、嘌呤体和色蛋白的合成.....	(52)
三、食物摄取和蛋白质代谢的节律.....	(55)
(一)血清总蛋白质值.....	(55)
(二)血浆氨基酸值.....	(55)
四、运动时血中蛋白质的变化.....	(55)
(一)运动时血清蛋白值的变化.....	(55)
(二)运动时血中氨基酸值的变化.....	(56)
五、运动引起含氮成分的排泄.....	(57)
(一)氨基酸的排泄.....	(57)
(二)尿素氮排泄量的变化.....	(58)
(三)氨排泄量的变化.....	(58)
(四)肌酸酐排泄量的变化.....	(58)
(五)尿酸排泄量的变化.....	(59)
第七章 运动时的尿酸代谢.....	(61)
一、尿酸代谢的机制.....	(61)
(一)什么是尿酸.....	(61)
(二)尿酸产生的机制.....	(61)
(三)尿酸排泄的机制.....	(63)
(四)尿酸清除率.....	(63)
二、食物摄取和尿酸代谢的节律.....	(64)
(一)食品的嘌呤体含量.....	(64)
(二)食物摄取对血清尿酸值的影响.....	(65)
(三)血清尿酸值的日节律.....	(65)
三、运动时尿酸代谢的变化.....	(65)

(一)运动的特性和高尿酸现象	(65)
(二)运动性高尿酸现象的发生机理	(68)
(三)持续训练对血清尿酸值的影响	(70)
四、运动和高尿酸血症	(71)
(一)运动员的高尿酸血症的实态	(71)
(二)运动员高尿酸血症的原因	(73)
第八章 运动时的电解质和水代谢	(76)
一、电解质和水代谢的机制	(76)
(一)什么是电解质	(76)
(二)什么是渗透压	(76)
(三)体液的组成和渗透压	(76)
(四)电解质代谢的机制	(73)
(五)体水分和血中水分	(78)
(六)水分代谢的机制	(80)
二、运动时的电解质和水分代谢	(80)
(一)运动时发汗	(80)
(二)运动时的血液水分	(80)
(三)运动时的电解质	(81)
(四)运动时的电解质和水分的异常	(82)
(五)运动时水分和电解质的补给	(84)
第九章 运动引起的尿液性状的变化	(85)
一、尿的生成与排泄	(85)
(一)尿素的合成与排泄	(85)
(二)肾脏的功能	(85)
二、运动对肾功能的影响	(87)
(一)肾血流量	(87)
(二)肾素-血管紧张肽-醛固酮系统	(88)
(三)尿液性状	(89)
第十章 运动引起的pH值变化	(95)
一、酸性化和碱性化的机制	(95)
(一)什么是pH值	(95)
(二)酸性因子和碱性因子	(95)
(三)缓冲作用	(95)
二、运动引起的血液pH值的变化	(97)
(一)血液pH值变化的原因	(97)
(二)运动时伴随pH值变化的代偿作用	(97)
第十一章 运动引起的血液性状的变化	(101)
一、造血的机制	(101)

(一)造血作用	(101)
(二)红血球的寿命	(101)
二、贫血的原因	(101)
(一)什么是贫血	(101)
(二)贫血的原因	(101)
(三)贫血的性别差异	(103)
三、运动时血液性状的变化	(103)
(一)血液的粘性	(103)
(二)红血球膜的脆性	(103)
(三)血清铁	(105)
(四)红血球数	(106)
(五)红血球容积值(血细胞比容值)	(107)
(六)血色素值(血红蛋白值)	(107)
四、运动性贫血	(107)
(一)现状	(107)
(二)原因	(107)
(三)运动性贫血的特征	(109)
(四)运动性贫血和运动能力的关系	(109)
第十二章 运动引起血清酶活性值的变化	(111)
一、血清酶的种类和作用	(111)
(一)乳酸脱氢酶	(111)
(二)肌酸激酶	(113)
(三)天门冬氨酸氨基转移酶	(114)
(四)丙氨酸氨基转移酶	(115)
二、运动时血清酶活性值的变化	(116)
(一)运动和血清LDH活性值	(117)
(二)运动和血清CK活性值	(118)
(三)运动和血清GOT(AST)、GPT(ALT)活性值	(120)
(四)运动和其他血清酶活性值	(122)
第十三章 运动引起血液凝固能力和纤维蛋白溶解能力的变化	(123)
一、血液凝固和纤维蛋白溶解的机制	(123)
(一)凝固的机制	(123)
(二)溶解的机制	(125)
(三)凝固和纤溶的平衡	(126)
二、运动时的血液凝固能力和纤维蛋白溶解能力的变化	(126)
(一)运动引起的一过性变化	(126)
(二)日节律	(128)
(三)训练的影响	(128)
第十四章 运动时的肌收缩	(130)

一、骨骼肌的种类和功能	(130)
(一)骨骼肌的种类	(130)
(二)骨骼肌的构造	(130)
(三)肌纤维的种类	(150)
二、肌肉收缩的机制	(132)
(一)肌肉的化学组成	(132)
(二)肌肉收缩的方法	(132)
(三)肌肉收缩的化学	(134)
三、运动和肌肉疲劳	(135)
(一)肌肉疲劳	(135)
(二)肌肉痉挛	(136)
(三)肌肉疼痛	(136)
第十五章 预防和改善疾病的运动处方	(138)
一、运动处方的设定原则	(138)
(一)运动的种类	(138)
(二)运动强度	(138)
(三)运动时间	(140)
(四)运动负荷的时间带	(140)
(五)运动负荷的频度	(141)
二、运动处方的设定法	(141)
(一)膳食调查	(141)
(二)生活行动调查	(142)
(三)身体检查	(142)
(四)运动负荷试验	(142)
(五)运动处方的制订方法	(144)
三、预防和治疗糖尿病的运动处方	(144)
(一)什么是糖尿病	(144)
(二)糖尿病的分类	(144)
(三)糖尿病的检查	(145)
(四)运动处方及其应用实例	(147)
四、预防和治疗肥胖症的运动处方	(149)
(一)什么是肥胖症	(149)
(二)肥胖症的分类和原因	(150)
(三)肥胖症的检查	(150)
(四)运动疗法的应用与疗效	(150)
五、预防和治疗高血脂症的运动处方	(151)
(一)什么是高血脂症	(151)
(二)高血脂症的检查	(151)
(三)高血脂症的种类	(151)
(四)运动处方的应用与疗效	(153)
六、预防和治疗高血压症的运动处方	(153)

(一)什么是高血压症.....	(153)
(二)高血压症的检查.....	(154)
(三)高血压症的分类.....	(155)
(四)运动处方的应用与疗效.....	(155)
七 预防和治理高尿酸血症的运动处方.....	(156)
(一)什么是高尿酸血症.....	(156)
(二)高尿酸血症的检查.....	(157)
(三)高尿酸血症的分类.....	(157)
(四)运动处方的应用与疗效.....	(157)
八、预防和治理小儿哮喘的运动处方.....	(159)
(一)什么是哮喘.....	(159)
(二)过敏性抗原(变态反应原).....	(159)
(三)运动诱发性哮喘.....	(159)
(四)运动处方的应用.....	(160)

第一章 运动生物化学介绍

一、运动生物化学的产生和发展

(一)什么是运动生物化学:

运动生物化学是从生物化学的角度对照静态的人的活体现象,对由运动而出现的动态的人的活体现象进行研究的学问。

运动生物化学的成果,不仅应用于体育运动的所有方面,在营养处方、保健医疗的运动疗法,以至做为适应社会生活的手段(从体弱者到一般人)等方面都有广泛的应用。它正造福于人类。

(二)运动生物化学的发展历史:(图1-1)

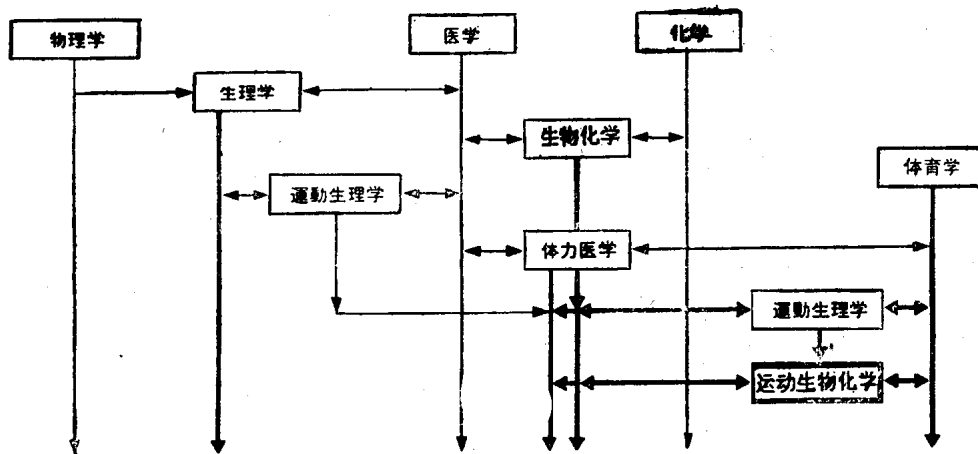
运动生物化学的母体是运动生理学和生物化学,运动生理学的母体是生理学,生物化学的母体是化学和生理学。

生理学是以生物为研究对象,以弄清楚其活动机制为目的的学问,它的研究方法是物理学的研究方法。因此,连生理学也曾被看成是物理学的一部分。

另一方面,由于化学的进步,在其领域中出现了以生物为研究对象的萌芽。并逐渐应用于生理学的领域中。由此产生了生物化学。

运动生理学,一方面在生理学中作为为弄明白运动现象的机制的学问而诞生,另一方面,在体育学和体力医学中也作为生理学的应用学科而诞生。因此,生理学的研究方法完全引用物理学的方法。由于生物化学研究方法的发展,在运动生理学领域中,生物化学研究方法也被大量应用起来,致使有志于专研运动生物化学的人正在增加。

图1-1 运动生物化学的由来

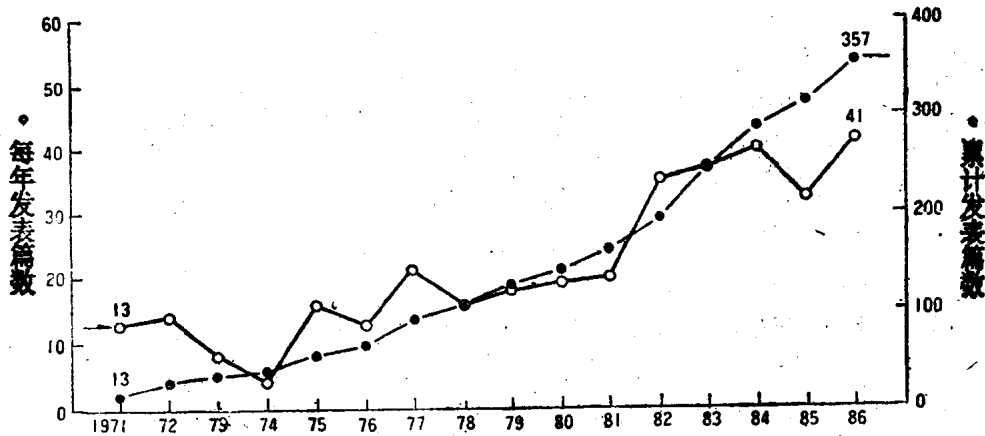


(三)运动生物化学的研究现状:(图1-2、1-3)

运动生物化学的研究现状,可以由最近16年间在日本体育学会运动生理学部门所发表的运动生物化学的研究论文的篇数来推测。1971年在该学会发表的论文不超过13篇;6年后的1977年超过20篇;到1982年更进一步,为30篇;2年后已经超过40篇。1971年以后累计发表的

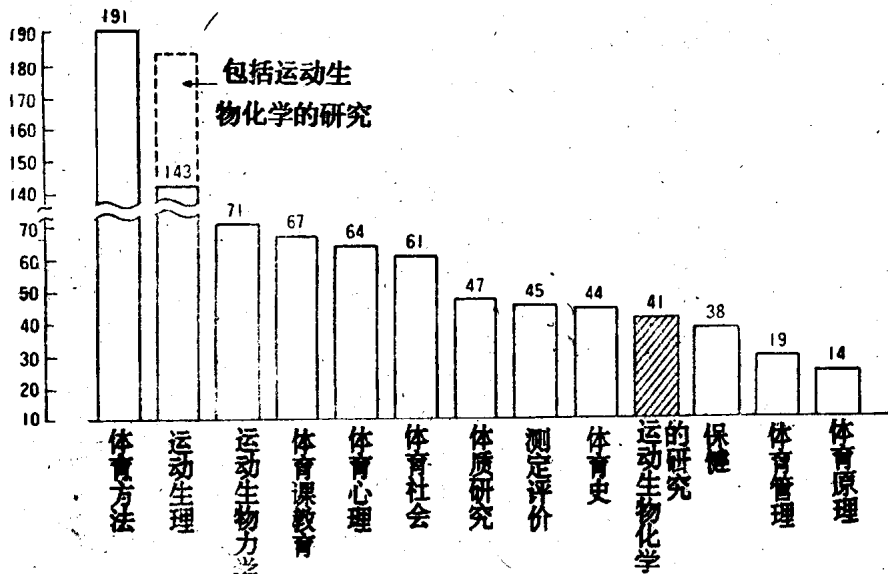
论文数已达到357篇。这种每年论文发表篇数的增加趋势今后也仍将继续，可以推断14年后的公元2000年可超过70篇。那样的话，运动生理学学科的论文发表数将接近220篇，据此发展，运动生物化学已逐渐形成一门独立的学科。

图1—2在日本体育学会最近16年间的运动生理学部门发表的运动生物化学的论文篇数。



1986年在日本体育学会(于筑波大学)运动生物化学研究论文发表的篇数和其它各学科发表篇数相比较(图1—3)，超过了体育原理部门的14篇，体育管理部门的19篇和保健部门的38篇。而处于和体育史、测定评价、发育发达部门的论文发表篇数差别不大。今后随人口老龄化的发展，医疗费用比预料的还要多，因此研究运动处方的必要性更加提高，运动生物化学的研究就会增加，到公元2000年预想其论文发表篇数也可进入各学科的前5名。

图1—3.1986年日本体育学会各学科论文发表篇数和运动生物化学的论文发表篇数。



(四)运动生物化学的研究进展

1971年在日本体育学会的运动生理学部门发表的运动生物化学的论文，研究内容及篇数为：有关激素的4篇，蛋白质的3篇，脂类、糖、酶的各1篇，有关血中化学成分的3篇。

可是，在15年后的1986年，则是有关激素的7篇，糖质的7篇，脂肪、蛋白质的各6篇，血液性状的5篇，酶的2篇，维生素、尿酸、电解质、其他血中化学成分的各2篇，由此可知这些论