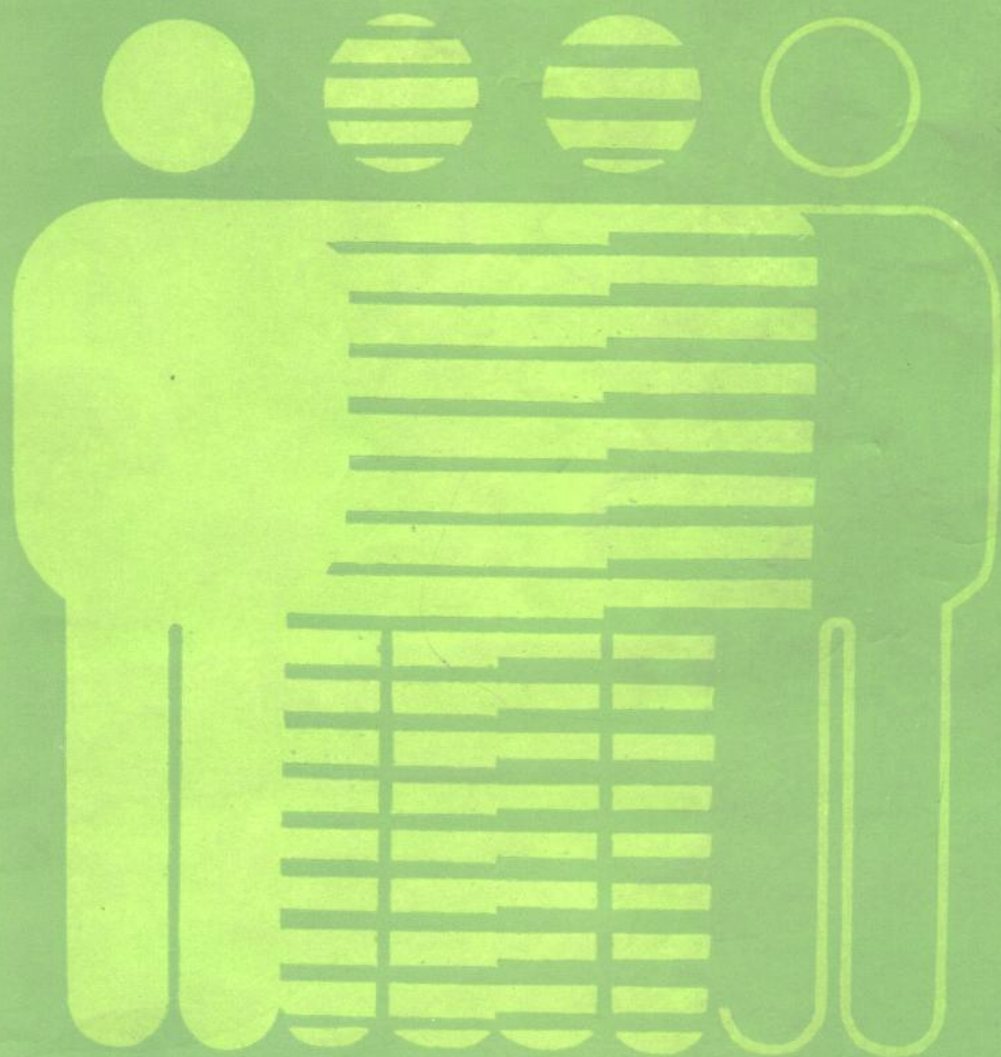


人类营养学

何志谦 编

REN
LEI
YING
YANG
XUE



人民卫生出版社

人 类 营 养 学

何志谦 编

人 民 卫 生 出 版 社

11/1/87

人类营养学

何志谦 编

人民卫生出版社 出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

人民卫生出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 31印张 5插页 725千字

1988年11月第1版 1988年11月第1版第1次印刷

印数: 00,001—7,200

ISBN 7-117-00722-2/R·723 定价: 7.85元

〔科技新书目 171 — 153〕

序

营养科学在人类生活中的重要性实际上已不必费笔墨了，只是深入了解这一门浩如烟海的学科却需要精力和时间。形势的发展和人们的督促，使我不自量力而下决心写这一本书，目的是为攀登者提供一块阶石，以便易于再上层楼，以穷千里之目。

营养科学不仅受生物学、生物化学、生理学、病理生理学以及食物科学的发展所推动，而且它的边界早已越过医学、人类学、心理学、社会学等范围。所谓营养，它最基本的涵义是取得为机体生命活动的各类物质，这是一个极其复杂的过程。

本书的编写又是为了适应从不同学科进入营养专业的读者而写的，其中包括医学、农业科学、食品工业科学等在内，因而它的面稍宽。为了不与上面提及的许多学科的内容重复，以节省篇幅，故请求读者在使用本书时参考有关书籍。

人们都希望开放、发展和探索，故本书又力求在内容上开阔一些，尽可能反映历史的发展和思维的辩证过程。自然科学在急剧的发展，但在一定的意义上说，科学道理在发展的进程中是相对的，所以本书尽可能反映比较肯定的结论，也反映一些未能肯定却又有意义的说法。古人说过“尽信书不如无书”，这本质上不是反对人们相信科学，而是主张人们努力去独立思考、批判又继承、实事求是。科学的结论归根结蒂还是要经得起实践的检验的。书后精选了一些文献，大体按章节序列提出，前后可以互用参考。

婴幼儿是人类的幼芽，而孕育它的是母亲。本书的许多章节都涉及这两个有关问题，这不是作者的偏好，而是因为这些命题是人类营养中的根本线索，但不意味着其他领域不重要。

我衷心感谢许多同志和前辈对我编写本书的支持和鼓励。张爱国大夫在她繁忙的教学中，充当我的第一个读者，一字一句地反复为我誊正稿件，她的助人精神是感人又是难忘的。侯祥川教授生前对本书的结构提出宝贵的意见，在1981年的一次国际会议上，异地相逢，第一句话还是追问本书的编写。他确实给我以力量和智慧，可惜他看不到本书的出版了。我的妈妈被丈夫遗弃之后，从我六岁开始，就以泪和血把我拉扯大，她是一位受尊敬的厨师，在苦难中服务终生。这本书的编写使她感到快慰，虽在八十七岁的高龄，有时在深夜还为我泡一杯热茶，亲我和鼓励我；她给我的力量是无法形容的，可惜她也看不到本书的出版了。我应该感谢邓锡谷教授，他为我看了水溶性维生素一章，陈国锐教授也为我看了水电解质一章，都提出了宝贵的意见。我也衷心感谢人民卫生出版社的许多同志，尤其是感谢范君妮、赵蔚和韩丽中等同志的帮助。

帮助本书编写的除上述学者外，还有梅节、何枚子、周超明等老师和马泽英同志。

本书虽经多次修改和补充，但时间仍是匆促的，限于本人的水平，不足与不恰当之处，敬请读者指正。

何志谦

(中山医科大学)

目 录

1. 人体的构成	1
1.1. 人体的基本化学构成	1
1.1.1. 体内的电解质	2
1.2. 体内化学物质的测定	3
1.2.1. 用比重法测量体内脂肪含量	3
1.2.2. 人类脂肪的比重	4
1.2.3. 以测量体内水含量求体脂	6
1.2.4. 以机体总水量与总比重求脂肪量	6
1.2.5. 根据机体的总钾量以研究机体的组成	6
1.2.6. 通过对惰性气体的吸收测量体脂	7
1.3. 皮下脂肪厚度	7
1.4. 生长发育时期的机体结构变化	7
1.5. 老年期身体结构构成的改变	8
2. 人类胃肠道的功能	10
2.1. 概述	10
2.2. 婴幼儿胃肠道功能的发育	13
2.3. 成人胃肠道功能及其在异常情况下的表现	14
2.3.1. 口与咽	16
2.3.2. 食管(道)	16
2.3.3. 胃	16
2.3.4. 小肠	17
2.3.5. 胰腺	17
2.3.6. 肝及胆	18
2.3.7. 结肠与直肠	18
3. 能量和能量的需要	20
3.1. 历史背景	20
3.1.1. 能量单位和人体热能消耗的测定方法	21
3.1.2. 直接法	22
3.1.3. 间接法	22
3.2. 体内能量的转换和利用形式	25
3.2.1. 人体热能消耗的几个构成部分	26
3.3. 基础代谢	26
3.3.1. 影响基础代谢的基本因素	27
3.4. 体力活动的能量消耗	30
3.5. 摄入食物过程的能量消耗(食物的特殊动力作用 specific dynamic action, SDA)	33
3.6. 生长发育的能量消耗	34
3.7. 影响能量消耗的其他因素	35
3.8. 食物中含有的热能	36

3.9. 能量的需要与供给	37
3.9.1. 现场能量消耗的测定与计算	38
4. 蛋白质	40
4.1. 背景	40
4.1.1. 食物中蛋白质的主要类别及其化学性质	41
4.1.2. 氨基酸与必需氨基酸 (essential amino acids)	42
4.2. 氨基酸在细胞内的代谢	44
4.3. 蛋白质的合成与分解	46
4.4. 氨基酸分解和一些非必需氨基酸的合成	48
4.4.1. 嘌呤与嘧啶的合成	49
4.4.2. 嘧啶核苷酸的合成	51
4.4.3. 肌酸及肌酸酐的合成	51
4.4.4. 氨在肾脏的形成	52
4.5. 蛋白质的消化与吸收	52
4.6. 氮平衡及氮平衡的影响因素	58
4.7. 蛋白质的需要量	61
4.7.1. 要因加算法的基本原则	61
4.7.2. 氮平衡方法	62
4.7.3. 氨基酸及其模式与需要量	63
4.8. 膳食蛋白质质量的衡量	65
4.8.1. 氨基酸记分 (amino acid score, AAS)	66
4.8.2. 蛋白质的消化率	67
4.8.3. 蛋白质功效比值 (protein efficiency ratio, PER)	68
4.8.4. 净蛋白质比值 (net protein ratio, NPR)	68
4.8.5. 相对营养值 (relative nutritive value, RNV)	69
4.8.6. 氮生长指数 (nitrogen growth index, NGI)	70
4.8.7. 蛋白质的生物学价值 (biological value, BV)	70
4.8.8. 蛋白质的净利用率 (net protein utilization, NPU)	70
4.8.9. 氮平衡指数 (nitrogen balance index, NBI)	71
4.8.10. 相对氮存留率 (relative nitrogen retention, RNR)	71
4.9. 膳食蛋白质的来源和特点	73
4.10. 蛋白质供给量	76
5. 碳水化合物	78
5.1. 膳食碳水化物的分类	78
5.2. 糖类	78
5.2.1. 单糖	78
5.2.2. 双糖及低聚糖类	79
5.3. 可被机体利用的多糖	81
5.3.1. 淀粉	81
5.3.2. 糊精	81
5.3.3. 糖原	81
5.4. 不能被机体利用的多糖	81
5.4.1. 纤维素	81

5.4.2. 半纤维素类	81
5.4.3. 木质素	82
5.4.4. 果胶	82
5.4.5. 树胶和海藻酸盐类	82
5.5. 碳水化物的消化与吸收	82
5.5.1. 碳水化物在肝及其他组织的代谢	83
5.5.2. 低聚糖酶与双糖酶	85
5.6. 膳食纤维的作用	87
5.7. 糖的发酵产物——酒精	90
5.7.1. 酒精对人体的不良影响	91
5.7.2. 酒精对营养素的代谢影响	92
5.8. 碳水化物在膳食中的地位	93
6. 脂类	95
6.1. 脂类的定义与分类	95
6.1.1. 常见动植物脂肪酸的分布	99
6.1.2. 常见的脂和类脂	100
6.2. 脂肪的消化、吸收与运转	101
6.3. 体内各组织对脂肪的利用	106
6.3.1. 心脏	106
6.3.2. 脂肪组织	106
6.3.3. 皮肤	107
6.3.4. 肝脏	107
6.3.5. 中枢神经系统	107
6.4. 作为能量利用的脂肪	108
6.4.1. 脂肪酸的氧化与合成	108
6.4.2. 必需脂肪酸的作用	109
6.5. 在能量供给中碳水化物与脂肪之间的关系	112
6.5.1. 能量来源及其影响	113
6.5.2. 肥胖症与热量来源的关系	114
6.5.3. 膳食中碳水化物与脂肪对血脂的影响	114
6.5.4. 体育锻炼的影响	115
6.5.5. 高血脂症的类型与膳食处理	115
6.6. 中链甘油三酯	116
6.7. 脂肪与心血管病	120
6.8. 脂肪在膳食中的地位	122
7. 脂溶性维生素	125
7.1. 维生素A	125
7.1.1. 维生素A的结构、吸收与运转	126
7.1.2. 维生素A原(胡萝卜素)的吸收	127
7.1.3. 维生素A的吸收	129
7.1.4. 维生素A的贮存	129
7.1.5. 维生素A的运转	131
7.1.6. 维生素A的代谢	134

7.1.7. 维生素A的功能	136
7.1.8. 维生素A过量所引起的毒性	141
7.1.9. 维生素A的供给量	143
7.2. 维生素D	144
7.2.1. 维生素D类及其前体	145
7.2.2. 维生素D的代谢	145
7.2.3. 维生素D代谢的调节	147
7.2.4. 钙对维生素D代谢的影响	147
7.2.5. 甲状旁腺激素的调节	148
7.2.6. 无机磷对维生素D代谢的调节	148
7.2.7. 肾25-(OH)-D ₃ 羟化酶的调节	148
7.2.8. 维生素D与甲状旁腺激素的相互作用	149
7.2.9. 性激素对肾维生素D羟化酶的调节	150
7.2.10. 维生素D的作用机制	150
7.2.11. 维生素D的毒性	154
7.2.12. 维生素D的来源与供给量	154
7.3. 维生素E	154
7.3.1. 化学结构与命名	155
7.3.2. 维生素E的代谢	156
7.3.3. 维生素E的生物化学功能	157
7.3.4. 维生素E的营养作用和缺乏症状	159
7.3.5. 维生素E的来源与需要量	161
7.4. 维生素K	163
7.4.1. 维生素K的化学与命名	163
7.4.2. 维生素K的吸收、代谢与功能	164
7.4.3. 维生素K缺乏症	166
7.4.4. 维生素K的来源与需要	166
8. 水溶性维生素	168
8.1. 硫胺素(维生素B ₁)	168
8.1.1. 化学结构、性质和功能	169
8.1.2. 硫胺素的代谢	170
8.1.3. 人与实验动物的缺乏症状	171
8.1.4. 食物来源与供给量	172
8.2. 核黄素(维生素B ₂)	173
8.2.1. 化学结构、性质与功能	173
8.2.2. 核黄素的代谢	178
8.2.3. 核黄素的缺乏	178
8.2.4. 核黄素的来源与供给量	180
8.3. 尼克酸(维生素B ₃)	180
8.3.1. 化学结构、性质与功能	181
8.3.2. 烟酸的吸收与排泄	185
8.3.3. 烟酸缺乏的症状	186
8.3.4. 食物来源与供给量	187

8.4. 泛酸(遍多酸).....	188
8.4.1. 化学结构、性质和功能.....	188
8.4.2. 泛酸的缺乏.....	191
8.4.3. 食物来源与需要量.....	192
8.5. 维生素B ₆ (吡哆素).....	192
8.5.1. 化学结构、性质与功能.....	193
8.5.2. 维生素B ₆ 的缺乏.....	198
8.5.3. 食物的来源与需要量.....	199
8.6. 叶酸.....	200
8.6.1. 命名、化学结构与性质.....	200
8.6.2. 叶酸的吸收与人体营养状态的衡量.....	204
8.6.3. 叶酸的缺乏.....	205
8.6.4. 叶酸的需要量.....	206
8.7. 维生素B ₁₂	208
8.7.1. 维生素B ₁₂ 的结构与性质.....	208
8.7.2. 维生素B ₁₂ 的吸收与排泄.....	209
8.7.3. 维生素B ₁₂ 的来源与需要量.....	212
8.8. 生物素.....	214
8.8.1. 化学结构与生理作用.....	214
8.8.2. 生物素的缺乏.....	216
8.9. 胆碱.....	217
8.9.1. 化学结构与作用.....	217
8.9.2. 胆碱缺乏.....	218
8.10. 维生素 C (抗坏血酸).....	219
8.10.1. 历史的回顾.....	219
8.10.2. 维生素C的吸收、代谢与功能.....	221
8.10.3. 坏血病.....	222
8.10.4. 维生素C的需要量.....	224
8.10.5. 维生素C的来源.....	225
8.10.6. 维生素C与食物中的铁.....	225
8.10.7. 药物对维生素C的影响.....	227
8.11. 其他.....	228
8.11.1. 生物类黄酮.....	228
8.11.2. 肌醇.....	229
8.11.3. 肉碱.....	230
9. 水与电解质.....	232
9.1. 前言.....	232
9.1.1. 机体正常构成.....	232
9.1.2. 总体液量 (total body water, TBW).....	232
9.1.3. 总体固体.....	234
9.1.4. 体液中的主要电解质: 钠、氯、钾.....	234
9.1.4.1. 钠.....	234
9.1.4.2. 氯.....	235

9.1.4.3. 钾	235
9.1.4.4. 体细胞群 (body cell mass, BCM) 及细胞外组织	236
9.1.4.5. 体液的电解质浓度	237
9.2. 细胞内外液与电解质的调节	238
9.2.1. 渗透性与渗透压	238
9.2.2. 组织营养的渗透压、扩散与再吸收	239
9.3. 水与电解质代谢	240
9.3.1. 水的平衡	240
9.3.2. 电解质代谢	242
9.4. 酸碱平衡	245
9.4.1. 酸碱平衡体系	245
9.4.2. 酸碱平衡失调	247
9.5. 膳食对水电解质及酸碱平衡的影响	249
10. 钙与磷	253
10.1. 钙及磷的重要性	253
10.2 钙	253
10.2.1. 骨骼中的钙	253
10.2.2. 血浆中的钙	256
10.2.3. 钙的吸收	257
10.2.4. 钙的排泄	259
10.2.5. 钙、磷、蛋白质三者的关系	259
10.2.6. 钙的需要量及来源	260
10.3. 磷	261
10.3.1. 磷的代谢及其异常	262
11. 钠、钾与镁	265
11.1. 钠	265
11.1.1. 机体钠含量的调节	265
11.1.2. 钠的需要	265
11.1.3. 钠的摄入	266
11.1.4. 钠的吸收	266
11.1.5. 氯化钠的急性毒性	266
11.2. 钾	267
11.2.1. 钾的生理意义	267
11.2.2. 钾的保护作用和毒性	268
11.3. 镁	268
11.3.1. 镁的吸收、排泄与机体内稳态	269
11.3.2. 镁的缺乏	270
11.3.3. 镁、钙、甲状旁腺激素及维生素D与骨代谢的关系	270
11.3.4. 镁的需要量	272
12. 微量元素	273
12.1. 概论	273
12.1.1. 历史背景	274
12.1.2. 微量元素作用的模式	275

12.1.3. 土壤——植物——动物的相互关系	276
12.2. 铁	276
12.2.1. 血液中的铁及贮存的铁化合物	277
12.2.2. 铁的代谢	280
12.2.3. 铁不足和缺铁性贫血	285
12.2.4. 铁的过量	290
12.3. 碘	291
12.3.1. 碘在机体的存在	291
12.3.2. 碘的代谢	292
12.3.3. 碘的缺乏	295
12.3.4. 碘的需要量	297
12.3.5. 地方性甲状腺肿流行区人群的碘补充	298
12.3.6. 碘的毒性	298
12.4. 锌	300
12.4.1. 锌的生物化学功能	301
12.4.2. 锌的代谢	302
12.4.3. 锌的缺乏	303
12.4.4. 锌的需要量	306
12.5. 硒	306
12.5.1. 硒在机体的分布与存在形式	307
12.5.2. 硒的代谢	309
12.5.3. 硒的功能与硒的缺乏病	310
12.5.4. 人类硒的缺乏	312
12.5.5. 硒的需要量	313
12.6. 铜	314
12.6.1. 铜的代谢	317
12.6.2. 铜的代谢功能	319
12.6.3. 铜的来源与需要量	321
12.7. 氟	322
12.7.1. 氟的代谢	323
12.7.2. 氟与龋齿和骨质疏松症	325
12.7.3. 食物中氟的生物有效性	326
12.7.4. 氟过多与中毒	326
12.8. 铬	328
12.8.1. 铬的存在与代谢	328
12.8.2. 铬的功能与缺乏铬的影响	330
12.8.3. 铬的来源与需要	331
12.9. 锰	332
12.9.1. 锰的存在与代谢	333
12.9.2. 锰的缺乏	334
12.9.3. 锰的需要量	336
12.10. 钼	337
12.10.1. 钼的存在与代谢	337

12.10.2. 钼的功能与需要	338
12.11. 钴	339
12.11.1. 钴的代谢	340
12.11.2. 钴的毒性及其他	340
12.12. 其他微量元素	341
12.12.1. 硅	341
12.12.2. 钒	342
12.12.3. 镍	342
12.12.4. 锡	343
13. 人类和他的食物	344
13.1. 概述	344
13.1.1. 食物的分组与平衡膳食	344
13.1.2. 食物摄入的内分泌和神经调节	350
13.1.3. 食物选择的心理因素	354
13.1.4. 人对食物的敏感性和不耐受性	357
13.1.5. 营养素在食物烹调加工中的损失	360
13.1.6. 食物的强化	364
13.1.7. 食物中天然存在的有毒物质	366
13.1.8. 食物中营养素与药物的相互作用	369
14. 健康人的营养素供给量	374
14.1. 营养素供给量	374
14.2. 供给量表的应用	378
14.3. 异常条件下对营养素要求的改变	384
14.3.1. 寒冷环境的影响	384
14.3.2. 炎热环境的影响	385
14.4. 对营养素供给量的理解与运用	385
15. 母乳喂养和婴幼儿营养	388
15.1. 母乳喂养	388
15.1.1. 乳汁分泌的机制	388
15.1.2. 人类乳汁的组成	391
15.1.3. 人乳中的抗感染因素	399
15.1.4. 哺乳中母子的两相交感反应	401
15.2. 婴儿营养	402
15.2.1. 婴儿的营养需要	402
15.2.2. 人工喂养的配方食品	407
15.2.3. 婴儿辅助食品	413
15.2.4. 早产儿的营养需要	414
15.3. 幼儿的营养需要及其他儿童营养	417
15.3.1. 儿童营养的需要和膳食要求	418
15.3.2. 青春期营养的需要与照顾	418
16. 孕妇乳母营养	420
16.1. 孕妇营养	420
16.1.1. 怀孕期营养因素对胎儿的影响	420

16.1.2. 孕期的生理改变	422
16.1.3. 胎盘在营养上的功用和与母体营养的关系	423
16.1.4. 母体营养与胎盘	426
16.1.5. 正常孕妇的营养需要	426
16.1.6. 高危妊娠	428
16.2. 乳母营养	429
17. 老年人营养	431
17.1.1. 人体的衰老过程	431
17.1.2. 老年的特殊营养	435
17.2.1. 营养与长寿	439
17.2.2. 老年营养的其他问题	440
18. 营养状态的衡量和改善群体营养状况的调查研究	441
18.1.1. 营养状况调查的几个基本方面	441
18.1.2. 膳食状况	442
18.1.3. 临床检查	445
18.1.4. 实验室的检查与研究	448
18.2.1. 提高群体营养状况的实践与营养缺乏病的防治	450
18.2.2. 营养监测研究	450
18.2.3. 营养监测研究的基本内容	451
附表1~2	455
附图1~4	465
参考书	467
参考文献	468

1. 人体的构成

人类是他所存在环境的产物。人类的活动又可以改造他所生存的环境。从一定的意义上来说，赖以取得营养物质的各种食物，是人类的一种环境；所以人类的机体可以说是他所赖以生存的营养物质环境的产物。只是人类不仅属于自然界，同时又属于他所在的社会。

在漫长的人类发展过程中，人类身体的结构 (composition) 在不断地变化。例如在全球范围内，几十年来，孩子们的身高和体重都有增加的趋势，只是其增加的幅度受各种条件的影响。然而对于生活在各个地域和不同条件下的人们，在一定的时间内，其身体结构呈相对稳定状态并且是能够测量出来的。对于一个个体来说，他在胎儿、婴儿、幼儿以及其后的各个时期中，身体的结构也有一定的改变。在这些改变中，人与人之间、不同性别之间有一定的差异。对营养科学来说，对人体的基本化学物质构成的了解十分重要，虽然体内化学物质是如此之多，这里能提及的仅是人体基本营养物质所组成与分布的一个大体描述，但它们却是了解人体生命活动的一个基础。

1.1. 人体的基本化学构成

分析人体化学构成是一项复杂的工作，需要建立很多方法。这些方法，尤其是在活体内进行的测量方法，它的建立和发展，对进行人体代谢物质的分析，了解代谢过程和衡量人类的营养状态等方面都是很重要的。表1.1. 反映了一个体重 65kg 男人的基本化学物质构成。所列出的化学物质主要为机体的构成物质，包括一部分的贮备。例如人体内约有9kg 的脂肪，其中估计约有1kg 是人体生命的活性结构所必需的，其余可以根据机体的活动状况而改变，即在机体需要时可被动员用于能的消耗。肥胖病患者的脂肪贮量可以是9kg 的数倍或更多。蛋白质的大部分也在身体内作为基本构成成分而存在，因为它们是所有细胞的必要构成物质。故在人体总量为 11kg 的蛋白质中不管什么原因，损失的总量不能超过 2kg，否则就会导致严重的生理失调。由于碳水化合物在体内贮备甚少（主要为肝糖原），可以用于消耗的贮备只不过 200g 左右，所以当机体需要继续消耗能量时，从体脂与体蛋白中转变过来的能以供使用。

表1.1. 人体的基本化学物质构成(65kg体重，男性)

化学物质	蛋白质	脂类	碳水化物	水	矿物质
重量 (kg)	11	9	1	40	4
百分比 (%)	17.0	13.8	1.5	61.6	6.1

构成人体的几类主要化学物质，在三大类组织中存在：即 (1)细胞群(cell mass)，是机体各种活性组织，执行机体各种活动的作功 (work) 和功能；(2)细胞外支持组织 (extracellular supporting tissue)，支持各种细胞的作功和维持细胞功能。其中包括细胞外液的支持作用；以及由矿物质、蛋白质纤维所构成的人体骨架的支持作用。细

胞外液包括血浆、淋巴液、滑囊中的液体、脑脊液和其他诸如精液等使细胞在其中浸泡着的各种液体。相对稳定的支持组织，例如骨骼，也是一个活的细胞组织，只不过是含有大量的矿物质，这些物质仍然不断地代谢和更新；(3) 脂肪 (fat)，它以脂肪组织的形式贮备人体的能量。其中包括皮下脂肪、内脏周围的脂肪层等等。如果把人体的结构简化为三大部分，那么可以说：

$$\text{人体} = (1) + (2) + (3)$$

在健康人体中细胞群约占人体总重量的55%，支持组织占总重量的30%，而脂肪组织约占15%。但在疾病、应激状态和异常环境的条件下，这三部分构成物质各自在总体中的比例可以发生不同程度的改变。例如消耗性疾病可以使细胞群减少并消耗体内的脂肪贮备，而支持组织仍可以保持相对不变，从而在总体重中增加了它的比例。肥胖病患者的脂肪贮备异常增加，可远大于正常的比例。

1.1.1. 体内的电解质

在人类起源的学说中，生命起源于原始的海洋。人类的前身最早也在海洋中，亦即浸泡在电解质中，生命和生存使这一活的生命物质逐渐具有使自己体内电解质与体外电解质相互联系又相互分隔开来的能力。

人体的细胞内液与细胞外液也有上述分隔的痕迹。例如，细胞内液是以 K^+ 为基础的液体，而细胞外液则是以 Na^+ 、 Cl^- 为基础的液体。细胞内的阴离子主要为不同比例的磷酸盐、酸性蛋白质及有机酸，而在细胞外则没有（见表1.2.）。细胞内外液不同离子

表1.2. 细胞内外液的正常分布

	细胞内 mEq/L	细胞外 mEq/L
阳离子		
Na^+	10	14.5
K^+	150	5
Ca^{2+}	2	2
Mg^{2+}	15	2
总计	177	154
阴离子		
Cl^-	10	100
HCO_3^-	10	27
SO_4^{2-}	15	1
有机酸		5
PO_4^{3-}	142	2
蛋白质		19
总计	177	154

浓度得以维持，是由于细胞在代谢过程中取得能的消耗而获得的。机体在安静状态下所

消耗的能量，相当的一部分是用于维持细胞内外液的电解质平衡 (electrolyte equilibrium)。因为不论是神经细胞、肌肉细胞或分泌细胞的活动，总是与这些离子的平衡相联系的。这个过程是一个需要能量的过程并在细胞壁上不断地进行着。

1.2. 体内化学物质的测定

测定体内化学物质组成与含量是一项复杂的工作。活体内测定往往以间接法为主，而且都是在具有精密设备的实验室中做的，也只能以一定量的正常代表为对象来测定。但测定结果对了解人体化学物质正常含量，并以此鉴别异常情况十分重要。

1.2.1. 用比重法测量体内脂肪含量

如果知道两种物质的比重，那末，在同一结构之内混合的两种物质可以用比重的方法求取两者的比例。以 W_1 代表甲种组分，以 W_2 代表乙种组分的比重，这两种的混合物的比重 D 则为：

$$D = \frac{W_1 + W_2}{\left(\frac{W_1}{d_1}\right) + \left(\frac{W_2}{d_2}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

若以 $W_1 + W_2 = 1$ 来计算，则 W_1 的组分作为整体的一个分数 (w_1)，故可以列出下式：

$$D = \frac{1}{(W_1/d_1) + (1 - W_1/d_2)} \dots\dots\dots (2)$$

求 W_1 时可为：

$$W_1 = \frac{1}{D} \cdot \frac{d_1 d_2}{(d_2 - d_1)} - \frac{d_1}{d_2 - d_1} \dots\dots\dots (3)$$

从而可列为：

$$W_1 = \frac{\left(\frac{d_2}{D} - 1\right)}{\left(\frac{d_2}{d_1} - 1\right)} \dots\dots\dots (4)$$

这一公式应用于计算人体脂肪时，可先测量人体全身的比重及两种组分即， W_1 及 W_2 及其 d_1 、 d_2 的值。Behnke 氏及以后的 Keys 等人采用将人体放入水中称量的办法，以比重的方法求取人体的脂肪含量。人体的比重则可以根据人体整个的总容量 (volume) 求得。方法有两种，一是根据阿基米德的原理，在水中将人体称重，求得人体确切的容量。但在称量时注意测量肺部及上呼吸道中气体的含量。其中人体余气的测量并不困难，可用氮的洗出法求得。另一个测量方法则在一个已知容量的小室中，应用波尔义—给吕萨克定律求得。但这方法技术上要求这个密封小室所用的气体都是特定气体，例如氮。用注法定量注入氮到小室之后，根据氮的稀释程度以求得这自由空间的容量，从而求得人体的容量。稀释法的公式是：

$$V = \frac{Q}{C}$$

式中V为求取的总容量；而Q为在这个容器中注入特定可以扩散的物质之量；C为这种物质扩散后的浓度。

就人的机体来说，与脂肪组织相对的是去脂组织 (lean body mass)，故把人体可以粗略地看成是由两部分组织构成的，即脂肪组织与去脂组织。去脂组织内部仍然有一些必需被结合的脂肪存在，约为总去脂组织的10%，后来修正这一数值为2%。但目前还没有一种方法可以确定哪些脂肪是机体生命所必要存在，哪些是不必要的。晚近学者还希望去脂组织的定义为没有任何脂肪的组织，这种组织是经乙醚抽提所有脂肪后的组织。

1.2.2. 人类脂肪的比重

从外科手术中移出的体脂，即手术中必要时弃去的部分，经乙醚抽提出来脂肪，在37℃时，其比重为0.9000g/ml。不同性别和身体各部位所测得的脂肪比重，其变异甚微，故认为用比重法测出的体脂比重从而求出全身脂肪的比例是一个比较可靠的参数。但温度对脂肪体积的影响是不可忽视的，平均每改变1℃，脂肪比重的改变为0.00074g/ml（在15~37℃范围之内）。故发热的病人和低体温的人，其体脂体积有所变化。

机体的去脂部分在37℃时平均比重约为1.10g/ml。但其个体间的差异是明显存在的。随着机体水分的增加（例如水肿）以及肥胖程度的改变而发生变化。人体发胖时，骨骼部分并不发生变化，而是体内的水、结缔组织与细胞群以及脂肪增加。机体软组织的增加使相应的肌群变大以承受活动，血管及血量也相应增加，体表面积也相应加大等，但这些个体间的差异不影响用比重方法测量体脂的准确性，例如可以用标准体格来加以对比衡量。一个健康的25岁青年人，根据标准身高/体重表（见附录表1）可以确定他是否偏胖或偏瘦。按标准而匀称的体型，在37℃时体脂的比重为1.062g/ml，此时实际测定正常的年轻人的体脂含量为14%。据此，如果全身的比重低于1.062g/ml时，可以说机体是相对地胖了。反之，则是相对地瘦了。

在一定的时间范围内，如果机体摄入与消耗的热量处于平衡状态，这段时间内机体的不同组织的增加或减少均可以求出。实验证明，当人体在六个月内限制其饮食或给予过量饮食以致减少或增加10~20kg体重时，所减少或增加的体重称为“肥胖组织” (obesity tissue)。肥胖组织是人体的脂肪组织之一，但与一般脂肪组织不同，因为它是可以因为摄食量过多或过少而变动的组织。肥胖组织又是上述谈及与脂肪有关组织增减的总和，因为肥胖组织不仅包括脂肪，而且包括有关物质，在下面将提及。在实验中，这类肥胖组织的平均比重在37℃时为0.9478g/ml。因此，一个个体可以考虑分成两个部分来计算，一部分为标准身高体重时的标准人体比重；另一部分为在标准体重以外的“肥胖组织”的比重。若以g代表由“肥胖组织”组成的机体部分，而D仍然为测到人体整体的比重，则其公式为：

$$g = \frac{\left(\frac{1.0629}{D} - 1 \right)}{\left(\frac{1.0629}{0.9478} - 1 \right)} \dots\dots\dots (5)$$