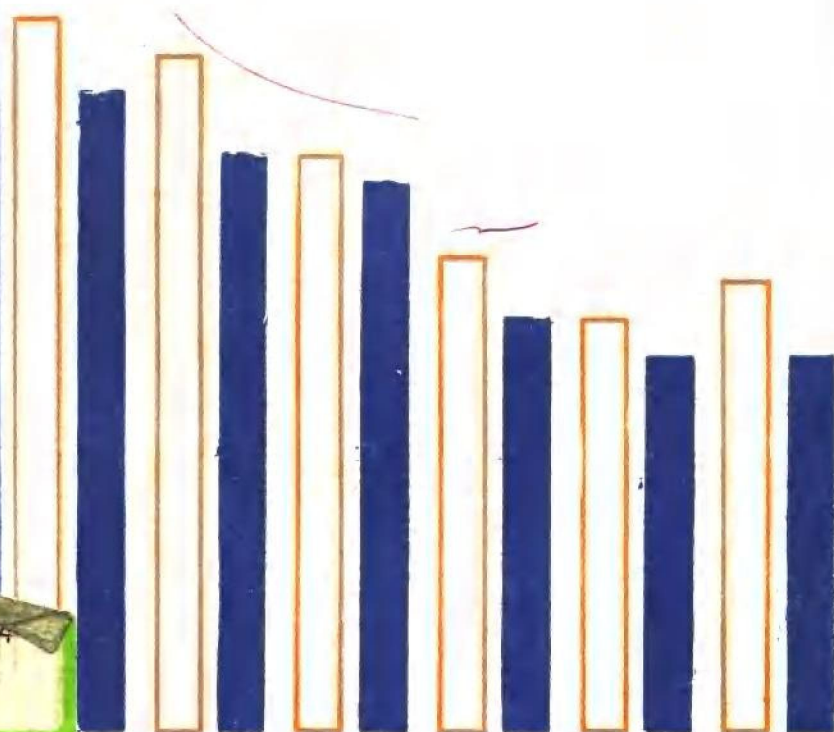


营养状况

[美] H·E·索伯利希
R·P·道迪
J·H·斯卡勒 著

的评价方法

黄梅 王天元 关连 译



轻工业出版社

R151.4
28

3

营养状况的评价方法

H. E. 索伯利希

[美] R. P. 道 迪 著

J. H. 斯卡勒

黄 梅 王天元 关 连 译

关 连 施幼芳 徐达道 校

705/07

轻工业出版社

B 608326

内 容 提 要

本书对个体及人群营养状况的各种检测方法作了分类介绍。根据实际工作经验及大量可靠资料,讨论了它们的性能和适用范围,对于这些方法存在的优缺点作出客观的评价。所列营养素的标准值又分不同年龄、性别、不同生理状况下的不同值,某一营养素又按缺乏程度分为低度危险、中度危险和高度危险而各有数值。这比单一的正常值要合理而适用得多。本书内容包括各种维生素、蛋白质-热卡、必需脂肪酸、铁、碘以及其他无机盐等多种营养素营养状况的研究,可供营养研究工作者、大专院校有关专业的教师及技师、研究生以及大学生参考。

Laboratory Tests for the Assessment of Nutritional Status

H. E. Sauberlich

R. P. Dowdy

J. H. Skala

本书根据 CRC Press, USA, 1979 年第五版译出

营养状况的评价方法

H. E. 索伯利希

〔美〕 R. P. 道 迪 著

J. H. 斯 卡 勒

黄 梅 王天元 关 连 译

关 连 施幼芳 徐达道 校

*

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路25号)

牛栏山一中印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092 毫米^{1/32} 印张: 4^{8/32} 字数: 96 千字

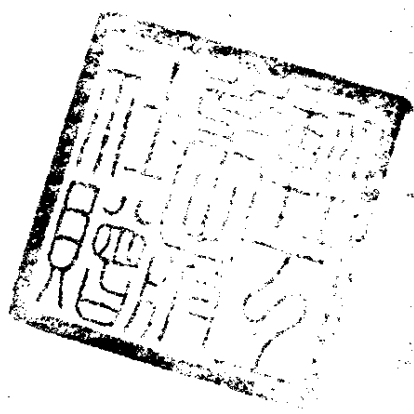
1989年6月第一版第一次印刷

印数: 1—2,100 定价: 3.25 元

ISBN7-5019-0583-5 / TS·0397

译 者 的 话

随着我国四化建设和精神文明建设的深入发展，进一步增强我国国民的体质、提高健康水平的工作就显得尤为迫切，增强营养是这一工作的基础，而营养状况的评价方法又是这一工作的重要手段。我们出于这个考虑，将 H.E.Sauberlich 等的《Laboratory Tests for the Assessment of Nutritional Status》一书译成中文，并参阅近几年来我国关于营养状况的评价方法的有关文献，稍加添补，一并成册，供读者一阅，不妥之处望多指正。



目 录

一、引言	(1)
二、维生素	(5)
(一) 维生素 A (视黄醇)	(5)
(二) 维生素 C (抗坏血酸)	(15)
(三) 硫胺素 (维生素 B ₁)	(25)
(四) 核黄素	(32)
(五) 维生素 B ₆	(41)
(六) 叶酸	(54)
(七) 维生素 B ₁₂	(64)
(八) 烟酸 (尼克酸)	(72)
(九) 维生素 E (生育酚)	(76)
(十) 维生素 D	(81)
(十一) 维生素 K	(85)
(十二) 泛酸	(89)
(十三) 生物素	(92)
三、蛋白质-热量营养不良	(95)
(一) 蛋白质和热量营养不良	(95)
(二) 血清总蛋白和清蛋白	(97)
(三) 血清氨基酸比率	(98)
(四) 尿肌酐-身高指标	(100)
(五) 尿中羟脯氨酸指标	(101)
(六) 空腹尿的尿素-肌酐率	(103)

(七) 其他各种方法.....	(104)
(八) 小结.....	(105)
四、无机盐营养.....	106
(一) 无机盐营养.....	(106)
(二) 钠和钾.....	(106)
(三) 氯.....	(108)
(四) 硫.....	(109)
(五) 磷.....	(110)
(六) 钙.....	(111)
(七) 镁.....	(113)
(八) 锌.....	(114)
(九) 铜.....	(115)
(十) 注释.....	(117)
五、铁缺乏	(122)
(一) 缺铁性贫血.....	(122)
(二) 铁缺乏.....	(124)
六、碘缺乏	(134)
七、必需脂肪酸缺乏	(136)

一、引言

在过去十年里，用于评价个体或人群营养状况的新的或改良的生化方法发展很快。在此期间，通过国防营养部际委员会（ICNND）对 30 多个国家进行的营养调查、美国军人和居民的营养调查及某些其他营养调查，给所用的生化实验方法提供经验和评价的机会。这些调查曾对签订营养状况的解释标准提供过评价。在最近的营养调查中，更多注意到一些较新的方法和增加的营养素。进行营养调查，很难不涉及某些生化检验，纵然只有血红蛋白或血细胞比容的测量。

很大程度上，生化测定是代表个体真实营养状况的最客观的评价，可经常提供临床前或亚临床的信息。对临床患者，附加一些生化检验常常是办得到的，但对现场研究或营养调查却并不实用。根据所使用的测量方法，可获得一个人现在的、或近期的、也可能是长期营养状况的信息。在许多情况下，营养素的摄入反映在血或尿的水平上。这些水平能够、至少部分地能够确定或反映自膳食摄入营养素是不足的、低水平的、适当的、或者高水平的。这种测量不一定能准确地判断亚临床或临界的缺乏状况，但它具有预后的价值。对于许多营养素，当血或尿中的浓度处于某一临界水平时，如果不增加继续膳食的摄入量并伴随着血或尿水平增高，将导致代谢不正常。功能性的生化测量（诸如不正常代谢物的形成或有关酶功能缺损）可检出这些代谢不正常并提供亚临床缺乏状况的早期指标。

对于许多营养素，已经研究、发展了各种不同的生化实验方法，可应用于评价营养状况。这些方法大部分属于以下几类：（1）测量血中的营养素水平，（2）测量营养素自尿中的排出率，（3）测量营养素在尿中的代谢物，（4）测量由于营养素摄入不足或临界下而造成的血尿中不正常的代谢产物，（5）测量与营养素摄入有关的血中组成成分或酶活性的改变，（6）负荷、饱和及同位素试验。

为了大范围地测定营养状况，一个重要的问题是用于检测样品的类型。样品必须真实而准确地反映被调查者的膳食史，并且容易得到。因此，在人群中多半限于尿样和血样。最近有人提出用头发和指甲作为测定某些营养素的营养状况，这也许是适当的活检样品。这些以后再作简要讨论。一般地限于测定尿中或血中的某种营养素的浓度。对于研究人员来说，血样的确比尿样提供的范围更广一些，因为血样可分为全血、血清、血浆和红细胞。

至于尿作为一个检测营养状况的样品的可靠性，我们必须考虑样品大小。若要收集 24 h 的尿样，这对于非住院的（如不在代谢病房）人群是非常困难的。若要采用第一次排出的晨尿，这可能容易获得，但是否适当？或者，随意尿样是否也可以用？理想的 24h 尿样，它可以最准确地提供某一特定成分每日由肾脏排出的总量。不过，Watson 和 Laugford 指出在人群中收集 24h 尿样的两个比较严重的缺点：第一，体力上的困难，有时对离家在外的人做这种收集也是麻烦的事；第二，难以查明 24h 收集的尿样是否完全，因为部分样品可能轻易地丢失了。另一个极端（相对 24h 尿样而言）是从待检者收集随意尿样，这一类型样品存在着明显的问题：样品的体积，收集尿样之前的体力活动和体力消耗及

在一天的什么时间收集尿样。所有这些因素可明显地影响尿中营养素、代谢物或元素的浓度。在上述两种极端的收集尿样方法之间，收集过夜的、清晨第一次排空的尿样品似乎有些优点，因为在收集期间的体力活动和液体消耗符合标准。收集第一次排空的晨尿也比收集 24h 尿样的困难要少得多。

为使尿样品中尿体积和尿样营养素浓度的变动标准化，许多研究者报道的数据是用尿中特定营养素与尿肌酐的比率。这是利用肌酐为基准物，来表示其他成分的数据。其理由是根据每天排出肌酐的量相对恒定这一概念。这个恒定性允许随意尿得到的结果外推到24h尿。尿中肌酐排出恒定性的假说至少在很大程度上根据 Clark 等的报告，他们认为，随意尿样利用正常的肌酐值，便能纠正到24h尿样。不过，其他工作已证实，每天肌酐的排出有一定变化，一天之内也有明显的昼夜变化。Vestergaard和Leverett报告，在短期里（少于24h）收集的尿中肌酐排出有明显的变动，因而认为，短期（少于24h）收集的尿样，肌酐不是完美的基准物。因此，他们建议，为使尿中组分排出数据标准化，不应利用该组分与肌酐值的比率。在一项随意尿样变异性的研究中，Clark等认为随意尿样中 B_1 和 B_2 排出以肌酐为基础的比率对评价人群的营养是有用的，但对个人则不然。已发现通宵尿样对评价某些阳离子（Na、K、Ca）的排出有用。不过，这些数据是以“每小时”为基础的，这在大型的调查情况中是个困难的参数。因此，为测量尿中组分得到有用且可靠的标准化数据，这个问题尚不易解决。关于肌酐指标用途的详细讨论，读者可参考Pallack的文章。

已经指出，当人们试图在调查情况下测定大量人数的营养状况、尿体积和标准化的方法是最大的问题。有些情况下，

这些问题不那么严重，例如，在代谢病房，膳食摄入和总排出能严格控制，则收集 24h 尿样是容易的，这样尿中排出的数据将是十分有意义的。关于以肌酐为基础，一天一天的波动比一小时一小时的变动要小。这样，在控制的情况下（例如代谢病房或临床病房）能收集到 24h 的尿样，也能查明一个人每一天内肌酐的变动，利用肌酐作为标志将是很有道理的。当考虑用血液检测元素的营养状况，主要限于测量全血、血浆、血清或红细胞中元素的浓度。若完成这些测量并不困难，则我们必须记得血中营养素的水平，在很大程度上反映了新近的膳食史，而不是反映了更需要的、长时期的、真正的营养状况。不管怎样，使用空腹者的血样（清晨早餐前采用）可纠正血中营养素由于刚摄入膳食而产生的一些变动。

从一个人取得了血样和尿样，完成了各种生化测量之后，这些信息对他的营养状况有什么意义？在这方面有适当的准则可用来作出解释，就成为非常重要的了。这样，血清维生素 C 水平或者尿的核黄素值，只有在它能与来自实验或临床经验的标准或准则比较，本身才有意义。为说明生化的营养数据而提出的许多准则，是从对成人的研究所得的信息发展来的。能提供年青组作准则的调查研究很有限。间接的信息来自对上层经济水平的儿童营养调查研究中观察到的营养素在血、尿中的水平。

将来评价人体的营养状况的方法无疑要改进的，因为有可能得到更多的生化功能试验。这些试验以各个营养素在细胞水平上的代谢作用和相互关系为基础。只要认识到以后章节中所指出的那些方法上的局限性，那么，生化方法结合临床检验，人体测量学测量及膳食调查在评价人的营养状况方面是具有一定价值的。

二、维生素

(一) 维生素 A (视黄醇)

维生素 A 不足症是一个很大的遍及世界的营养问题，特别是在南亚和东亚以及许多发展中国家更是如此。甚至在美国和加拿大，许多调查也都指出，在北美人群，特别是美籍墨西哥人群，作为三大营养要素之一的维生素 A 在食物中很可能只达临界值（图 1）。维生素 A 缺乏主要影响婴儿和直至 5 岁的儿童，所患夜盲症代表了缺乏的早期症状。由于维生素 A 的严重缺乏而产生的干眼病可能导致全盲或部分

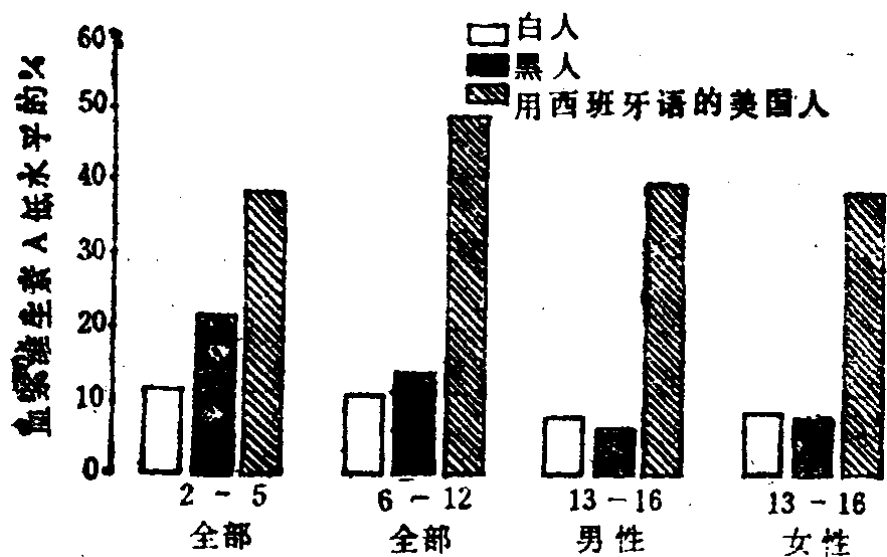


图 1 不同种族、年龄和性别的人的维生素 A 缺乏或低水平百分数（摘自得克萨斯、路易斯安那、肯塔基、西弗吉尼亚和南卡罗来纳等十州营养调查所得数据）

失明,并且是在许多地方所见到的幼儿失明的最重要的原因。

虽然维生素 A 在维持骨骼生长、精子生成、亚细胞膜以及在粘多糖合成方面的特殊作用的报道日益增多,然而除了它参与视觉之外,其他许多机能仍然是不清楚的。因此,现在仍没有对由于维生素 A 缺乏而产生的代谢紊乱进行确定的生物化学测定方法。维生素 A 缺乏时发生的夜盲症和暗适应损害,可以反映生理性视网膜功能损害。这些变化可通过暗适应测定法、柱暗点测量法、反射性分光光度测量法和视网膜电图进行测定。不过,这些方法需要昂贵而又精密的仪器、训练有素的工作人员、病人的配合。配合是为儿童和婴儿所不易作到而又必须作到的。因此,用这些试验来估计维生素 A 的营养状况是不实际的,并且也难以有效地用于怀疑维生素 A 缺乏的临床病例。除维生素 A 不足之外,还有其他许多因素也同样可损伤暗适应和夜间视力。

维生素 A 摄取不足,不管是前质视黄醇或是活性的胡萝卜素类摄入不足都会引起组织内维生素的减少。因为肝脏是体内一个大的维生素 A 的储存器官,因此,视黄醇及其酯在肝组织中的浓度是维生素 A 储量的直接指标。这种情况可从肝活检标本中得知,但是这种复杂的方法作为人群研究的常规使用是不实际的,它只能适应于特殊的临床病例。

测定血清中维生素 A 仍然是估计这种营养素营养状态的唯一实际的生物化学方法。血清中维生素 A 和胡萝卜素的水平与这些营养素的食物摄取有关(图 2)。这种关系不一定是维生素 A 的血清水平和食物摄取之间的简单的直线关系,因为血清水平不一定反映维生素的当时摄取量。当维生素 A 大量储存于肝,而维生素 A 的摄取又不足以维持血清中维生素 A 的浓度在一个生理上适当的水平时,这些储

备就会被动用。不过，这个水平大大低于摄取适量维生素时的正常水平。

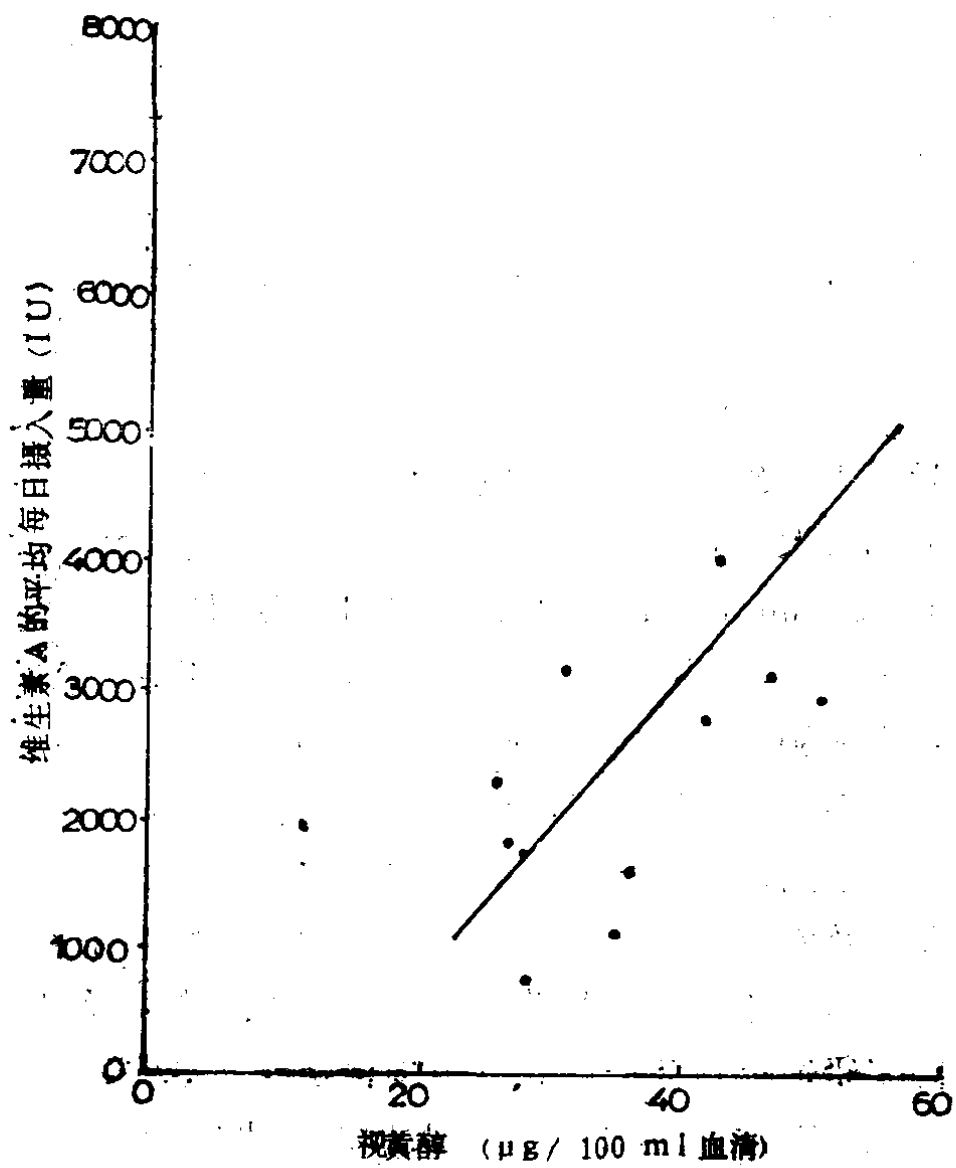


图 2 ICNND 在十一个国家调查的成年男性中平均血清视黄醇水平与平均每日摄入量之间的相互关系
(摘自 Patwardham 的报告)

长时间的维生素 A 摄取偏低会影响血清维生素 A 的水平。因为这种维生素最初是储存在肝脏，血清内维生素 A 含量低不仅反映这种营养素的摄取量低，也反映了肝内的储备大大减少。血清视黄醇的水平在 30 μg/100ml 以上指出肝脏

储备有维生素 A，而血清视黄醇低于这个值，一般指示食人不足并且储备正在减少。血清维生素 A 等于或少于 $10\mu\text{g}/100\text{ml}$ 指出已经耗竭，或者实际上也就是肝储量下降而临床缺乏的症状一般说来已经明显。暗适应试验和视网膜电图很容易提供这样的证据。

Hodges 和 Kolder 在一篇初步报告中提到，维生素 A 已经耗竭的成年男性，每日摄取 $75\mu\text{g}$ 视黄醇，结果其血清水平在 $10\mu\text{g}/100\text{ml}$ 以下。当视黄醇的摄取量增加到 $150\mu\text{g}/\text{天}$ ，血清视黄醇的水平仍少于 $10\mu\text{g}/100\text{ml}$ 。如果视黄醇的摄取量每天达到 $300\mu\text{g}$ ，其血清水平接近 $19\mu\text{g}/100\text{ml}$ ，而视黄醇的摄取量每天达到 $2400\mu\text{g}$ ，则血清视黄醇的水平增加到 $60\mu\text{g}/100\text{ml}$ 。如果视黄醇的每日摄取量为 600mg ，则与维生素 A 缺乏有关的皮肤损伤即可得到纠正。这些结果指示在内服视黄醇和血清视黄醇之间存在一个剂量-反应关系。至于在每一不同摄取量时的维生素 A 在体内库存的状态和维生素的血清水平的情况同样是需要了解的。FAO（联合国食品及农业组织）/WHO（世界卫生组织）采用了有人推荐的正常成年的摄取量为每天 $750\mu\text{g}$ 视黄醇，而 NRC（加拿大国家研究委员会）-NAS（美国科学院）推荐每日摄取量为 $1500\mu\text{g}$ 视黄醇。因此，血清视黄醇的水平低于 $20\mu\text{g}/100\text{ml}$ 说明了维生素 A 的摄取量大大低于所推荐的补给量。泛美卫生组织认为维生素 A 缺乏成为人群中的一个公共卫生问题存在于下列情况：（1）每 100ml 血浆中视黄醇低于 $20\mu\text{g}$ 的比例占人群的 15% 或 15% 以上，（2）每 100ml 血浆中视黄醇低于 $10\mu\text{g}$ 的比例占人群的 5% 或 5% 以上。用这个生物化学指标所作的营养调查揭示，在拉丁美洲，15岁以下的人群中有 29% 的人其血浆维生素 A 的水平低于 $20\mu\text{g}/$

100ml; 其中又有 5 % 的人的平均值少于 $10\mu\text{g}/100\text{ml}$ 。

血清胡萝卜素的测定对维生素 A 营养提供的情况有限。通常血清胡萝卜素浓度虽然不能指示自身的维生素 A 的营养状态,但却能反映当时的摄取量。有人在人群中曾观察到血清中视黄醇和胡萝卜素之间的相互关系。那些只依靠食物中合成的维生素 A 的人的血清中可以几乎没有或没有胡萝卜素,却有足够的维生素 A 储备。只要一旦人们发现血清中低水平的胡萝卜素并有低水平的维生素 A 时,那末关于维生素 A 营养不足的证明就非常有力。因此,血清胡萝卜素的值就需要小心地加以解释。所用的方法也不是 β -胡萝卜素所特异的,并且这些方法也包括测定其他维生素 A 前源化合物。由于血清中存在着各种不同的不能转变的黄色素,因此,真正的 β -胡萝卜素值可能大大低于普通所用的方法提供的值。

据报道,血清类胡萝卜素大于或等于 $24\sim 216\mu\text{g}/100\text{ml}$,而平均值大约为 $113\sim 126\mu\text{g}$ 。在正常情况下,人体希望能迅速地把胡萝卜素转变成视黄醇或其他代谢产物,并迅速地从周围循环中转移。而胡萝卜素血症是在血清胡萝卜素水平长期在 $300\mu\text{g}/100\text{ml}$ 以上的人所偶然观察到的,这样高的血清胡萝卜素水平可导致类胡萝卜素在面部、手部和两足的皮肤上沉着。这种情况可发生于饮食习惯通常是摄取过量的高胡萝卜素食物的个体。有时,胡萝卜素血症与糖尿病的高脂血症和高胆固醇血症有关。血清胡萝卜素水平在妊娠期间稍有增加。

维生素 A 很容易用三氟乙酸或三氯化锑的呈色方法或基于维生素 A 紫外吸收原理的直接分光光度法的常量或微量技术进行测定。一种新近发展的荧光测定方法似乎是有希

望的，因为这种方法本身使其半自动化。样品必须经过细心的处理，分析工作应谨慎地进行，这是为了减少影响血浆（血清）维生素 A 测定的误差。应随时使用可能得到的空腹血样。最好用血清标本，因为血浆标本遇到溶血的危险更大。由于所用的这种方法，溶血可能会干扰分析。一个最新用来测定血清维生素 A 的方法是高压液相色谱法（HPLC），血清用量 100 μ l，用正己烷提取，操作简便，可以同时测定维生素 A、维生素 E 和胡萝卜素，而且还能将 α -胡萝卜素和 β -胡萝卜素分别测定。此方法快速、简便、准确，样品用量少，且一个样品能测几个成分，如能采用自动进样器，更能节省人力和时间。目前看来是一种最新的，也是理想的方法。这种方法只能在有条件的实验室使用，由于仪器昂贵，使它的推广受到了限制。

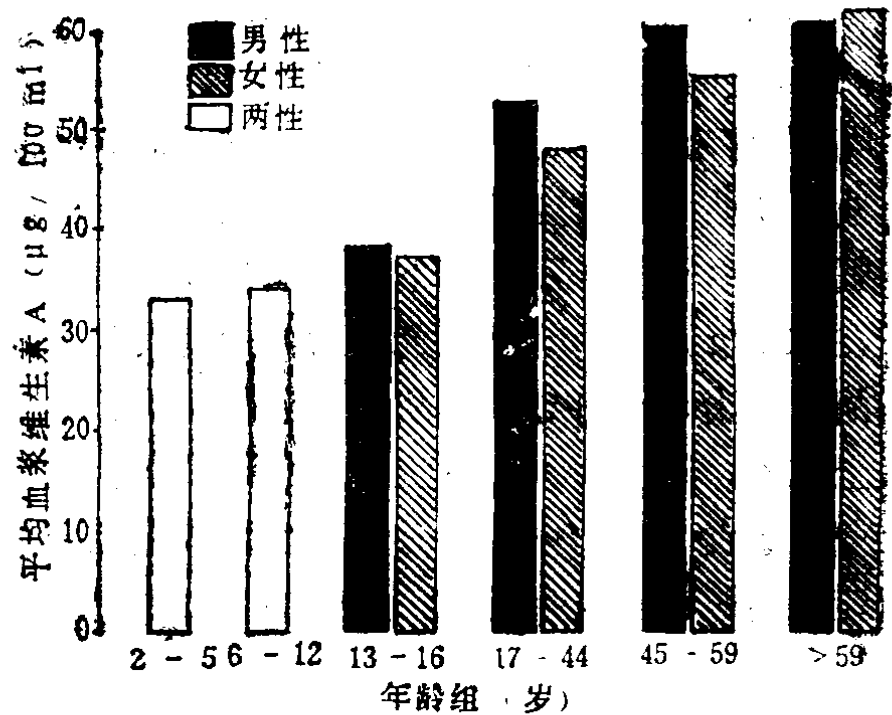


图 3 自经济收入高的州中，不同年龄、不同性别的白种人群的平均维生素 A 水平
(摘自十州营养调查)

正常成年人平均血浆维生素 A 值是 $45 \sim 65 \mu\text{g}/100\text{ml}$ ，年龄越大，其平均血浆维生素 A 的水平越高（图 3）。男性略高于女性，虽然这个差别并不存在于儿童和高年龄组中。患发烧、慢性感染、肝病、口炎性腹泻的病人血清维生素 A 的水平可能降低，而与营养无关。有人观察到膀胱纤维化的儿童血浆维生素 A 的水平低于正常。看起来是由于储存组织中的视黄醇的动员和运输的缺陷，而不是由于组织中维生素 A 的耗竭。相反，口服避孕药的妇女与没有怀孕的妇女比较，其血浆维生素 A 的水平增加。

表 2 为估计血清（血浆）维生素 A 水平的准则。对于年青的成年人，血清维生素 A 水平低于 $10 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 表示缺乏，而 $10 \sim 19 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 表示维生素 A 含量低。血清维生素 A 的水平在 $20 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 和 $20 \mu\text{g}$ 以上/ 100ml 反映其摄取量是可以接受的。虽然血浆维生素 A 的水平为 $20 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 和在 $20 \mu\text{g}$ 以上/ 100ml 已认为是满意的，但是，有趣的是Hodge 和同事们观察到一些病人出现维生素A缺乏的临床症状，而血浆视黄醇的水平却在这个“可接受”的水平（表1）。他们的结果应当提示成年人血浆视黄醇的水平低于 $30 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 就可认为低于适宜的水平。在 Sheffield 的研究中，病人血浆维生素 A 的水平没有到零，当血浆维生素 A 的水平低于 $20 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 时，暗适应就发生了一些变化。很明显，对维生素 A 的来源不足存在着相当大的生物学变异性和适应能力，因为 Hodges 和 Kolder 在他们的受试者中有一个病人，虽然血清维生素 A 的水平已降至 $9 \mu\text{g}/100\text{ml}$ ，但却没有出现夜盲症。其他作者也同样指出，维生素 A 缺乏的不同临床表现并不一定反映血清中维生素的水平。

按体重计算，急躁生长的儿童对维生素 A 的需要量应