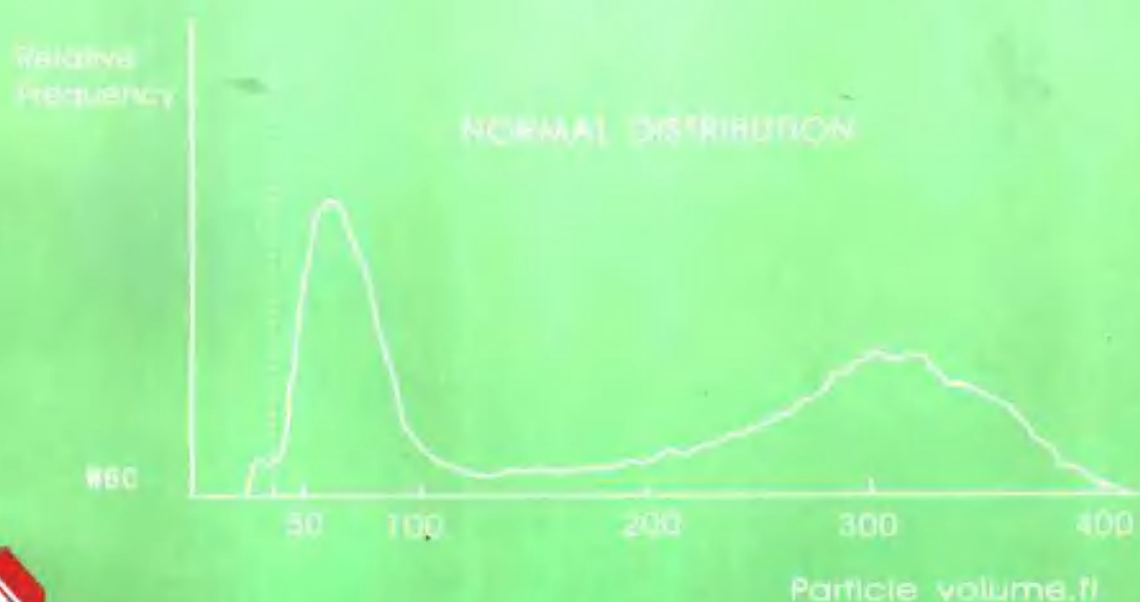


血液分析仪

技术及应用

杨胜科 编著



西安地图出版社

血液分析仪技术及应用

杨胜科 编著

西安地图出版社

内 容 提 要

血液分析技术的研究与应用在过去 20 年间发展迅速,已成为临床血常规检验分析的重要手段。本书较系统地介绍了三分类血液分析仪技术的理论及应用。其内容包括血液分析仪工作原理、分析报告的解释、配套试剂的研制与生产、质控物的作用与制备、血液分析仪的性能与评价、仪器的一般故障的排除方法以及相关分析参数在临床疾病诊断中的应用等。

本书可提供仪器分析、医电工程、临床检验医学及其他相关专业的研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

血液分析仪技术及应用 / 杨胜科 编著. —西安: 西安地图出版社, 2002. 10

ISBN 7-80670-276-8

I. 血... II. 杨... III. 血液化学分析—分析仪器
IV. R446.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 084772 号

血液分析仪技术及应用

杨胜科 编著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码 710054)

新华书店经销 长安大学雁塔印刷厂印制

787 毫米×1092 毫米 1/16 开本 12 印张 270 千字

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

印数 0001~1000

ISBN 7-80670-276-8/TH·1

定价: 35.00 元

前言

六年前，笔者有幸接触到检验医学专业的老师，闲谈之中得知，由于科技的进步，医学检验工作已到了不是用显微镜能解决问题的时代了，而是要用到很多分析设备与仪器，由于历史的原因，该行业有许多工作尚待从事仪器分析专业的人员去做。我突然感到一阵兴奋，原来，自己所从事的仪器分析专业竟然还有这样一个广阔的应用领域，将分析化学知识特别是仪器分析专业知识与临床检验医学相结合，一定会有光明的前景。带着这种憧憬，边学边干，一晃六年过去了。

传统的血液成分的化验方法是采用人工涂片通过显微镜计数的方法完成的，这种方法费时费力。随着血液分析新技术的不断诞生，各种原理的血液分析仪应运而生。这些仪器的原理是基于阻抗法、电容法、光反射法、比浊法等等，其中以阻抗法原理设计的血液分析仪由于其诸多优点而被广泛应用。

目前，血液分析仪被医院广泛使用，为疾病的诊断、治疗以及预后分析提供了科学保障，解决了医院血常规分析长期依赖显微镜的局面。然而如何让从业人员尽快掌握血液分析仪工作原理，正确掌握仪器的操作方法，理解分析报告单的参数意义，了解血液分析仪配套试剂的组成与生产技术，掌握全血质控物的作用、使用方法以及制备技术，科学地评价仪器性能，排除仪器故障，了解血液分析报告参数与疾病的关系等问题亟待解决。

基于上述原因，近年来笔者一直致力于该领域的专题研究。在此研究中，国家计委、国家经贸委、国家卫生部、西安市科委等单位给予了很大支持；中国人民解放军 301 医院检验科、中国人民解放军第四军医大学西京医院、中国人民解放军第四军医大学唐都医院、西安交通大学第一医院、西安交通大学第二医院、陕西省人民医院等单位给予了大力支持和帮助；西安市各级医院也给予了支持和帮助，笔者在此一并表示深深感谢。

为了将该专题的研究成果与同行交流，笔者在查阅了大量文献的基础上，编著了这本书。在本书编著过程中，任远强、林永恒、宋歌、陈枫等同事在资料收集与文字整理方面付出了大量心血，笔者在此一并表示感谢。另外，笔者在此也向书中所引用参考文献的各位作者表示感谢。

编著本书是笔者一次新的尝试。由于时间紧迫，笔者水平有限，书中不当之处敬请读者批评指正。

笔者

2002-09-23

目 录

第一章 血液分析仪工作原理	1
§ 1.1 概述	1
§ 1.2 库尔特原理	3
§ 1.3 白细胞分类法	4
§ 1.4 红细胞分析原理	5
§ 1.5 血小板分析原理	7
§ 1.6 其他技术方法	7
第二章 分析报告的解释	9
§ 2.1 Coulter JT-IR 血液分析仪分析报告单	9
§ 2.2 分析参数	10
§ 2.3 Coulter JT-IR 血液分析仪直方图	13
§ 2.4 ABBOTT CD-1600 血液分析仪直方图	23
§ 2.5 HC 系列血液分析仪报告单	30
§ 2.6 AC-920 血液分析仪报告单	32
§ 2.7 K 系列血液分析仪报告单	33
§ 2.8 Hematials-12 血液分析仪报告单	34
第三章 配套试剂的研制与生产	35
§ 3.1 试剂在全血分析中的作用	35
§ 3.2 试剂的研制方法	41
§ 3.3 试剂的主要成分及作用	43
§ 3.4 试剂成分对分析结果的影响	52
§ 3.5 常见试剂的配方	56
§ 3.6 试剂的生产及鉴定	58
第四章 质控物的作用与制备	61
§ 4.1 质控物的作用	61
§ 4.2 影响质控物质量的因素	61
§ 4.3 质控物的制备	64
§ 4.4 质控物的质量检定	67
§ 4.5 质控物的定值	71
§ 4.6 质量控制方法	71

第五章 血液分析仪性能评价	77
§ 5.1 血液分析仪的评价	77
§ 5.2 Sysmex 系列血液分析仪性能评价	80
§ 5.3 Coulter 系列血液分析仪性能评价	87
§ 5.4 CD 系列血液分析仪性能评价	97
第六章 血液分析仪常见故障及排除方法	104
§ 6.1 血液分析仪的故障特点	104
§ 6.2 CD-610 型血液分析仪常见故障及排除方法	107
§ 6.3 CD-1300、1400 型自动血液分析仪常见故障及排除方法	112
§ 6.4 CD-1500 型血液分析仪常见故障及排除方法	114
§ 6.5 CD-1700 型血液分析仪常见故障及排除方法	117
§ 6.6 Sysmex F-800 型血液分析仪常见故障及排除方法	123
§ 6.7 PC-603、604 型血液分析仪常见故障及排除方法	127
§ 6.8 Coulter JT 型血液分析仪常见故障及排除方法	131
§ 6.9 Coulter JT-IR 型血液分析仪常见故障及排除方法	137
§ 6.10 HC-1022/2022 型血液分析仪常见故障及排除方法	138
§ 6.11 MEK-6318 型血液分析仪常见故障及处理方法	141
第七章 红细胞参数的临床应用	145
§ 7.1 红细胞参数的正常范围	145
§ 7.2 红细胞的不均一性与相关疾病分类	145
§ 7.3 小红细胞性疾病	148
§ 7.4 正红细胞性疾病	152
§ 7.5 大红细胞性疾病	155
§ 7.6 影响红细胞指数变化的其他因素	157
第八章 血小板参数的临床应用	161
§ 8.1 血小板参数的正常参考范围	161
§ 8.2 血小板参数正常时疾病	163
§ 8.3 血小板参数异常时疾病	163
§ 8.4 疾病过程对血小板体积变化的影响	166
§ 8.5 其他因素对血小板检测的影响	169
第九章 白细胞参数的临床应用	171
§ 9.1 概述	171
§ 9.2 白细胞的正常参考值	172
§ 9.3 白细胞异常的疾病	172
§ 9.4 有核红细胞及其他细胞增多引起的疾病	175
参考文献	177

第一章 血液分析仪工作原理

§ 1.1 概 述

1 概述

血常规检测是医院的基本检测项目之一，通过对血液中的红细胞、白细胞、血小板、血红蛋白等的数量或含量进行计数与测定，为疾病的诊断、治疗及预后分析提供重要依据。

以前，血细胞计数主要是用血球计数板在显微镜下人工计数；白细胞的分类和计数则依靠制作血涂片染色，在显微镜下由人来进行；血红蛋白的计量通过比色计比色确定。操作十分繁琐，不仅费时费力，检测过程还容易受人为因素影响而导致结果不准确。

随着科学技术的进步，医疗电子业也不断发展，现已发明了自动血液分析仪，将血常规检测改由仪器自动进行，在一分钟内可将上述多种参数的测定一次完成，并排除了人为误差，缩短了诊断周期，因此自动血液分析技术快速发展，现已逐步取代了人工计数。

2 血液分析仪技术的发展概况

20 世纪 50 年代末，美国库尔特先生 (W·H·Coulter) 发明了第一台阻抗法原理的血液分析仪。该仪器利用了细胞具有一定电阻的特性，设计了一个监测装置——两侧带有电极的微孔，当含有细胞的电解质溶液通过微孔时，由于细胞具有一定的电阻，微孔两侧的电极就会产生一定的电阻脉冲，电阻脉冲的数量和大小反映了通过细胞的数量和类别，这种检测细胞的原理称为阻抗法原理。阻抗法原理的采用使生产血液分析仪的成本大大降低、检测结果更加准确，解决了自动血液分析技术上的关键问题，该技术开始在全世界普及。到目前为止，阻抗法仍为大多数血液分析仪采用。但由于阻抗法只能通过测量细胞的大小进行血细胞分类，不能深入进行细胞内部结构的分析，显然这种分类方法不够精确。

20 世纪 80 年代，激光法被引入细胞分析系统，激光不但具有单色性高、稳定等优点，而且能射入细胞的内部，检测核的形态和颗粒的情况，以此进行细胞分类，不仅可以区分淋巴细胞、中性粒细胞，同时可以对原来的所有中间细胞再分成单核细胞、嗜酸性粒细胞、嗜碱性粒细胞，从而实现了五分类，CD-3500 型即是这类仪器的代表。

20 世纪 80 年代中期，Coulter 公司用阻抗法（测量细胞大小）、激光（测量核的形状）和高能电磁波技术（检测颗粒的大小和密度）联合检测一个细胞，综合分析数据，进行细胞分类，如 Coulter MAXM 型。

Bayer 公司根据粒细胞有大量过氧化物酶、淋巴细胞无此酶、单核细胞有少量酶的特性，将细胞化学染色技术与激光测量结合进行白细胞分类（如 Technicon H₃），开创了细胞分析仪从单一检测技术向高科技技术联合应用的新阶段。

20 世纪 90 年代以来,有的学者试图从细胞膜的结构差异进行细胞分类,特别是幼稚细胞的检测, Sysmex SE-9000 就是根据这种原理设计而成的,近两年设计的新型血液分析仪,大多根据幼稚细胞与成熟细胞上脂类含量的差异,对硫化氨基酸结合量的不同,进而加入溶血剂后其对细胞膜保护能力不同的原理,对幼稚细胞进行检测。

所有这些检测技术的不断更新并向多种技术联合应用的发展趋势,为血液分析开创了新的领域。

同时,在自动化血液分析领域,随着电子计算机技术的应用,使应用多项高科技技术联合进行血液检测成为可能,血液分析仪的测量参数不断增多,除进行一般血液分析外,可同时进行网织红细胞计数(如 Technicon H₁、Coulter MAXM),也有的可进行淋巴细胞 T₁、T₂ 分析(如 Coulter STKS)。无疑这些进展对临床医学的发展起着重要作用,其临床应用价值也多有文献报道,尤其对网织红细胞的检测使肿瘤治疗和器官移植患者深受裨益, Pspas 等报道用 FCM (Flow Cytometer) 和 T0 可以准确地定量网织红细胞中的 RNA,后者与网织红细胞成熟程度呈正相关,因此可得出网织红细胞成熟指数 (RMI)。

3 血液分析仪的应用现状与趋势

20 世纪 90 年代以来,在发达国家中,半自动血液分析仪逐渐被淘汰,取而代之的是具有各种不同功能的全自动仪器,有的甚至几种仪器联合在一起,电脑控制操作。如 Sysmex HST 系列将血液分析仪、网织红细胞计数仪、推片机、涂片机联在一起,血液先经血液分析仪检测,根据红细胞情况判断是否做网织计数;根据 HCT 来改变推片机推片的角度和速度,以保证合格的血涂片;根据直方图的变化,计算机选择是否需要进一步显微镜检查。特别是自动加样系统和真空采血管的逐步应用,不但避免了许多实验的随机误差,增加了实验精确性和准确性。不但提高了工作效率,而且避免了某些实验环节造成的血液感染,对工作人员的劳动保护起了关键作用,成为仪器发展和使用的潮流。

进入 90 年代以来,随着我国国民经济的不断发展,购置了一大批国外的三分类血液分析仪,近二、三年许多三甲医院都在积极购置五分类血液分析仪,以提高医院的血液检测水平,现正在逐步缩小同发达国家的技术差距。

4 血液分析仪配套试剂的研究与发展

血液分析仪配套试剂的发展与仪器的发展密切相关。针对二分类仪器,美国 Coulter 公司早在 20 世纪 70 年代就研制成功了适用于 Coulter T 系列的配套试剂。80 年代日本 Sysmex 公司研制生产出了适用于 Sysmex F-800 系列的配套试剂,这些试剂的溶血剂均采用了 CTMAB 作为主要成分,可以成功地进行白细胞二分类计数。

1987 年 Abbott 公司研制成功了可用于三分类的血液分析仪配套试剂,使血液分析仪的溶血剂改用 DTMAC 作为主要成分,通过试剂的作用来区分白细胞中的淋巴、中间以及中性粒细胞,为临床诊断提供了更确切的数据。随之美国 Coulter 公司、MET 公司,瑞典的 Swalab 公司也推出了三分类血液分析仪及配套试剂。这些检测方法中对 Hb 的测定均采用了氰化血红蛋白法,所以试剂都含有氰化钾,对使用者的健康及周边环境构成威胁。

20 世纪 90 年代, Sysmex 公司将 SLS 测定血红蛋白技术应用于血液分析仪,避免了氰化钾对人体的危害,由于 SLS 为阴离子表面活性剂,而 DTMAC 为阳离子表面活性剂,因而对白细胞和 Hb 的测定要分管路进行,从而造成诸多使用上的不便和麻烦。

随着五分类血液分析仪的问世, Coulter 公司于 1992 年研制出适用于 Coulter STKS 系列的配套试剂, 该试剂对 Hb 的测定仍然采用氰化血红蛋白法。Abbott 公司研制出无氰化物型五分类血液分析配套试剂。日本 Sysmex 公司、德国 Bayer 公司等也相继推出自己的五分类仪器与试剂。这些试剂除了要维护中性、等渗及适当的 pH 以外, 有些还采用了细胞化学染色法与激光技术相结合的技术, 因为中性粒细胞浆内含有较丰富的过氧化物酶, 单核细胞次之, 原始细胞再次之, 淋巴细胞及嗜碱粒细胞则缺乏此酶。同时根据幼稚细胞与成熟细胞上脂类含量的差异对硫化氨基酸结合量的不同, 当加入溶血剂后对细胞膜的保护能力不同的原理, 对幼稚细胞进行检测, 从而使血液分析仪技术日趋成熟。

5 国内血液分析仪配套试剂的研制生产现状

在我国, 血液分析仪配套试剂的研制始于 20 世纪 80 年代末, 王谓淑首次报道了 Bayer 700 型血液分析仪使用的试剂, 以后不断有学者对二分类或不分类用溶血剂研制进行报道, 1995 年彭毅对国内血液分析仪用溶血剂的研究进行评价, 指出配套试剂应重点向三分类发展。之后, 刘东海报道了适用于 Coulter JT 三分类配套试剂研制, 过复康等针对 CD-1600 三分类血液分析仪配套试剂进行试制。

与此同时南昌百特实业公司、西安交大开元生物科技发展公司、烟台卓趋科技有限公司也相继推出适用于二分类和三分类的血液分析仪配套试剂, 结束了国内无血液分析仪配套试剂生产厂家的历史, 使试剂生产走上了正规化、工业化程序。

国内厂家现在能够生产的血液分析仪配套试剂有 CD 系列、Coulter 系列、HC 系列、BT 系列、AC 系列、K 系列、CA 系列等三分类试剂。由于国内现在所使用的仪器多为二分类、三分类仪器, 因而我国对试剂的整体研究水平仍停留在三分类的基础上。随着我国血液分析技术的不断提高, 五分类血液分析仪逐年增加, 对试剂的需求也愈来愈多了。非氰化物型五分类血液分析仪配套试剂既可以准确地进行白细胞五分类计数, 又避免了剧毒物品对人体及环境的危害, 因而成为血液分析仪配套试剂的研究方向。开展五分类血液分析仪配套试剂的研究, 无疑具有重要的学术意义和巨大的经济意义。

§ 1.2 库尔特原理

1947 年, 美国库尔特先生 (W·H·Coulter) 发明了粒子计数技术, 它根据颗粒经过一小孔时产生的瞬间电阻变化, 来感知颗粒的大小和数量, 称为电阻法原理, 又称库尔特原理 (Coulter Principle)。20 世纪 50 年代初应用于血细胞计数, 依据血细胞非传导性的性质, 以对电解质溶液中悬浮颗粒 (血细胞) 在通过小孔时引起的电阻变化进行检测, 现在它已成为血细胞计数的主要方法之一。

如下页图 1-1 所示在由细胞和电解质组成的悬浮液中, 插入一个带小孔的管子, 小孔的两侧各安装一个电极, 电极和电解质特成一个电流回路。向小孔管内提供负压 (即抽真空) 后, 小孔处就会有一从外向内的液流。由于电解质是导体, 而细胞有一定的电阻, 当细胞经过小孔时, 电极能感应到一个瞬间的电阻变化, 将瞬间的电阻变化转换成脉冲, 脉冲的数量就表示细胞的数量, 脉冲的大小反映细胞的大小, 细胞类型根据细胞大小来判别。

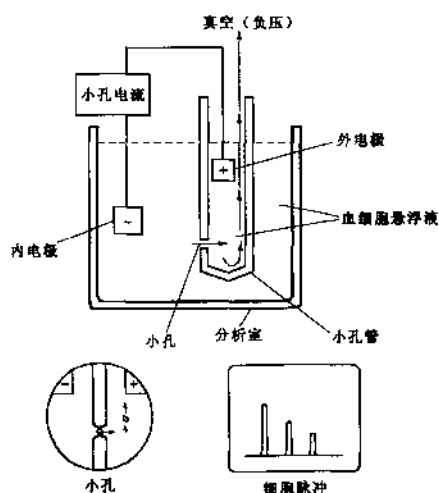


图 1-1 Coulter 原理示意图

§ 1.3 白细胞分类法

电阻抗测定法得到的白细胞分类数据是根据白细胞体积直方图计算得来，如图 1-2 所示。

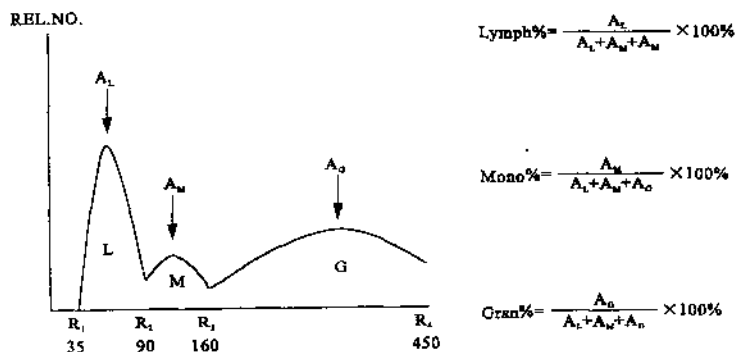


图 1-2 白细胞分类计数计算方法示意图

经过溶血剂处理后的白细胞根据体积大小可以初步确认其相应的种类：第一亚群（小细胞区）是淋巴细胞（LYM）；第二亚类是单核细胞区（MONO），也被称为中间细胞（MID）；相当于粒细胞的细胞群（GRAN）位于第三亚群（大细胞区）。例如图 1-2 中，位于 35~90fL 的颗粒被计数为淋巴细胞，90~160fL 的颗粒计数为单核细胞，160fL 以上的颗粒计数为粒细胞。仪器根据各细胞数占总细胞数的比例计算出各细胞群的百分比，如果与该标本的白细胞总数相乘，即得到各项的绝对值。需要注意的是由于各厂家血液分析仪使用的稀释液和溶血剂成分不完全相同，对白细胞膜的作用程度不同，所以仪器对各亚类白细胞区分界限的规定有所不同，在使用时不应随意更换试剂的生产厂家，防止造成错误的报告。

由于仪器在进行测定时,白细胞计数池中除加入一定量的稀释液外还加入了溶血剂,此溶血剂一方面使红细胞迅速溶解,另一方面使白细胞浆经细胞膜渗出,细胞膜紧裹在细胞核或存在的颗粒物质周围。经此处理后的白细胞体积与其自然体积有关,含有颗粒的经溶血剂处理后的粒细胞比无颗粒的单核细胞和淋巴细胞体积要大些,虽然其真实体积与单核细胞相等或更小。白血病细胞、异型淋巴细胞、嗜酸性粒细胞、浆细胞、嗜碱性粒细胞等多出现在单核细胞区域,少数也可见于淋巴细胞或粒细胞区域。所以白细胞直方图并不能代表真实的白细胞分类状况,但可以用于判断白细胞各亚群分布情况。

根据白细胞分类结果可以将血液分析仪分为两种:一类能报出淋巴细胞、单核细胞和粒细胞三项百分比和绝对值,被称为三分类(Three-part Differential)血液分析仪;另一类只能给出淋巴细胞和粒细胞两项百分比和绝对值,被称为二分类分析仪。为了保证白细胞分类结果的可靠性,二分类结果很难正确地反应出病人的状况,难以用于白细胞分类的筛选。

§ 1.4 红细胞分析原理

根据红细胞系统各项参数在血液分析仪中的检测原理不同,检测大致分为三个部分。

1 红细胞数和红细胞比积

绝大多数血液分析仪使用电阻抗法进行红细胞计数和红细胞比积测定,其原理已在 § 1.2 库尔特原理中叙述过。同其他细胞一样,红细胞通过小孔时,由于电阻抗作用,使检测电路产生电压降,形成相应大小的脉冲,脉冲的多少即红细胞的数目,脉冲的高度决定于每个细胞的体积。脉冲高度叠加经换算即可得红细胞的比积(有的仪器,先以单个脉冲高度计算 MCV,再乘以红细胞数得红细胞比积)。

稀释的血液细胞进入红细胞检测通道时,由于其中含有白细胞,因此红细胞检测的各项参数均含白细胞因素,但正常血液细胞成分中,白细胞比例很少(红细胞:白细胞为 500:1),这种干扰因素可忽略不计。在某些病理情况下,如白血病,白细胞数明显增高而又伴有严重贫血时,均可使所得各项参数产生明显误差。根据所测单个细胞体积及相同体积细胞占总体的比例,仪器内存的脉冲高度分析器将所有信号分选在不同通道内,大多血液分析仪将 36~360fl 范围内的红细胞分贮在 256 个通道,并打出红细胞体积分布直方图,见下图 1-3。

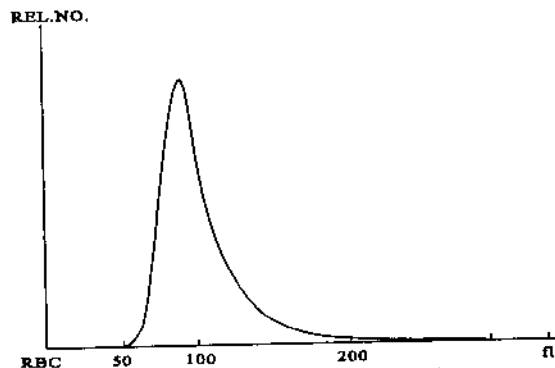


图 1-3 红细胞体积分布直方图

2 血红蛋白含量测定

任何类型、档次的血液分析仪，血红蛋白测定原理都是相同的。被稀释的血液加入溶血剂后，红细胞溶解，释放出血红蛋白，后者与溶血剂结合形成血红蛋白衍生物，进入血红蛋白测试系统，在特定波长（一般在 530~550nm）比色，吸光度的变化与液体中 Hb 含量成比例，仪器便可显示 Hb 浓度。不同系列血液分析仪配套溶血剂配方不同，形成的血红蛋白衍生物不同，吸收光谱与 HICN 有明显不同（见下图 1-4），此点在仪器校正时应十分注意。

为了减少溶血剂的毒性，避免含氰化物的血红蛋白衍生物检测后的特殊污物的处理，近年来，Sysmex 系列 K-1000、K-4500、SE-9000 等血液分析仪使用了非氰化物溶血剂。实验证明，形成的衍生物（SDS-Hb）与 HICN 吸收光谱相似（见下图 1-5），实验室结果的精确性、准确性等均达到含氰化物溶血剂水平。既保证了实验质量，又避免了对分析人员的毒性和环境污染。

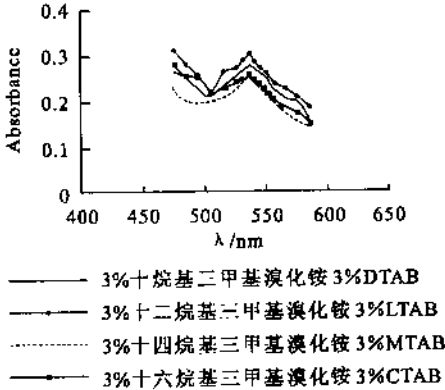


图 1-4 不同组分溶血剂对吸光度的影响

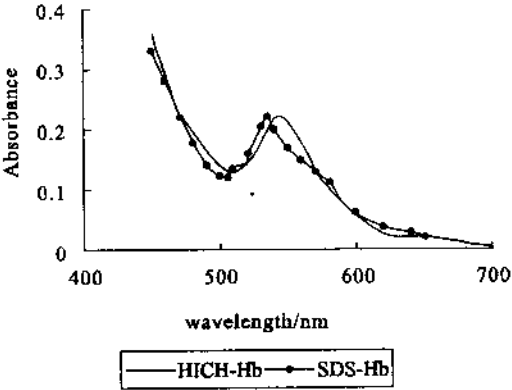


图 1-5 两种方法的吸收光谱比较

3 各项红细胞参数检测原理

同手工法一样，MCV、MCH、MCHC、RDW 均根据仪器检测的红细胞数、红细胞比积和血红蛋白含量的实验数据，经内存软件换算出来，计算公式分别为：

$$\begin{aligned} \text{MCV (f1)} &= \frac{\text{每升血液中红细胞比积}}{\text{每升血液中红细胞个数}} = \frac{\text{HCT} \times 10^3 \times 10^{12}}{\text{RBC/L}} \\ \text{MCH (pg)} &= \frac{\text{每升血液中血红蛋白含量}}{\text{每升血液中红细胞个数}} = \frac{\text{Hb (g/L)} \times 10^{12}}{\text{RBC/L}} \\ \text{MCHC (g/l)} &= \frac{\text{每升血液中血红蛋白含量}}{\text{每升血液中红细胞比积}} = \frac{\text{Hb (g/L)}}{\text{HCT}} \end{aligned}$$

§ 1.5 血小板分析原理

血小板分析是临床检验工作中常用实验指标之一，对血栓与止血疾病的诊断与治疗有重要的参考价值。早年的血小板计数仪始于 20 世纪 60 年代，比如 TOA 公司生产的 PL-100 型血小板计数仪，应用电阻抗法对富血小板血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 进行血小板计数，由于使用 PRP 操作繁琐，且尚根据被测标本的红细胞压积才能得出血小板结果，干扰因素较多，此类仪器逐步被淘汰。20 世纪 70 年代，Bayer 810 型等专门进行血小板分析的血液分析仪相继问世，使用全血计数并可获得血小板计数 (Platelet, PLT)、平均血小板体积 (MPV)、血小板压积 (PCT) 和血小板体积分布宽度 (PDW) 四项指标。近年来，多参数血液分析仪的普及使得血小板分析应用更为广泛，目前检测血小板主要应用电阻抗法和光散射法两种技术。以阻抗法应用更广泛。

电阻法血液分析仪是利用光电二极管控制液量将血细胞悬液吸进微孔管，当每个血细胞通过微孔时，均取代等体积的电解质溶液而使电阻增大产生一个相应脉冲电压，脉冲幅度与微粒大小成正比，通过仪器确定的阈值将一定大小范围内的微粒确定为血小板，并根据血小板大小分布曲线得出 MPV 值。目前有半自动、全自动两种仪器，仪器的红细胞计散系统的微孔旁有一股稳定持续的稀释液流，也叫扫流液体 (Sweep flow)，其流向与孔呈直角，使计数后的液体流走，可防止计数后颗粒重新进入循环。计算机还可进行一次性校正，这是对当有多个细胞同时经过通道，却只计一个脉冲这种情况的校正。校正指数与计数值多少相关。另外，用一个脉冲编排器 (Pulse editor) 消除中心轴外的颗粒计数及检测大小各种细胞经小孔时引起电阻变化，产生的脉冲高度与体积大小成正比，脉冲经数字化后，数字被送到记忆线路储存于体积通道中形成直方图，在 X 轴上每道从左向右代表体积大小 (单位为 f1)，Y 轴代表每道细胞数，PLT 储存于 64 道，直方图范围为 2~20f1，此原始数据换算成对数正态曲线可以扩展到范围 0~70f1。不过不同仪器血小板直方图范围不一，比如 CA-610 为 2.9~27f1，分析时应注意这些不同。MPV 就是此平整曲线所含的群体算术平均体积，所以，MPV 也就是 PLT 大小分布直方图产物。

§ 1.6 其他技术方法

为了提高分析精度，有些厂家所生产的血液分析仪还增加了独特的技术方法，分述如下：

三次计数：对 WBC、RBC、PLT、MPV 等重要参数均作三次计数。若三次结果的离散度不超出一定范围，则取三次的平均值，否则，仪器会自动延长计数时间，重复计数。保证一定的统计量，减少统计学误差。

重叠校正：如下页图 1-6 所示，当两个或两个以上的细胞重叠在一起，同时经过计数孔时，会导致细胞数假性下降而体积数假性上升。出现重叠的几率与细胞浓度、孔径和流速有关。库尔特系列仪器通过专有的逻辑电路校正这类重叠，以保证计数的准确性。

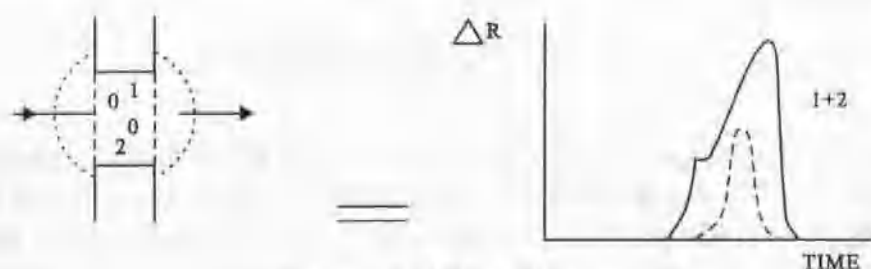


图 1-6 重叠校正示意图

脉冲编辑：如图 1-7 所示，当细胞经过小孔的电阻感应区时，由于所经途径不同，产生的脉冲会有所变化，对测量体积构成一定影响。库尔特仪器有专利技术修正这种影响。

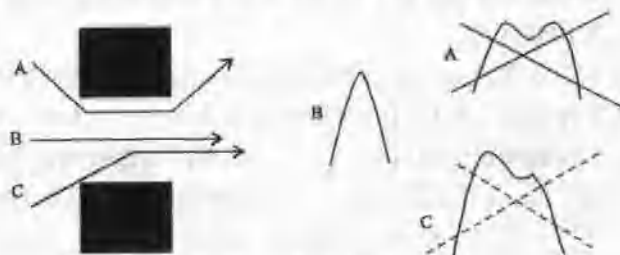


图 1-7 脉冲编辑示意图

高频度分析：为达到高分辨率和高精度，库尔特血液分析仪设计在 35~450f1 范围内计数血小板。然后再根据正常人血小板体积分布拟合对数正态分布的理论。用 0~70f1 的电子拟合线，将 2~20f1 以外测定被直接计入的血小板计入结果。使血小板计数既少受干扰，又没有遗漏。

扫流技术：如图 1-8 所示，由于血小板和红细胞同在一个计数池内计数，红细胞在经过小孔后发生回流，只要稍微触及小孔感应区，电极就可能感应到相当于血小板大小的小脉冲，使血小板计数假性上升。对此，库尔特血液分析仪运用专利的扫流技术作预防，即在小孔后侧安装一个液流装置，随时将经过小孔的细胞冲走，消除可能的回流对血小板计数的影响。

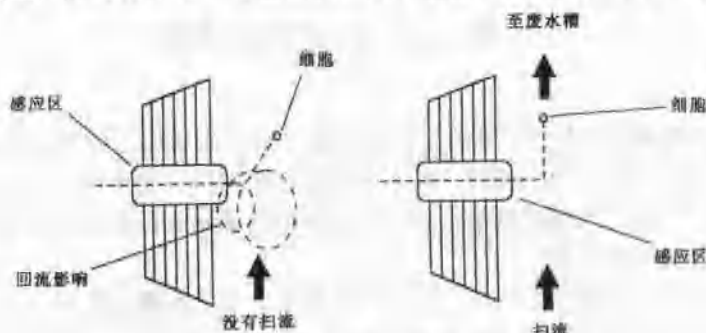


图 1-8 扫流示意图

第二章 分析报告的解释

§ 2.1 Coulter JT-IR 血液分析仪分析报告单

图 2-1 所示，是 Coulter JT-IR 血液分析仪的分析报告单。对临床医生而言最重要的是三部分内容：报告单右侧的参数；报告单左侧的直方图；每个直方图上方的含义报告。

每张报告单上，白细胞、红细胞、血小板三部分内容自上而下依次排列：

上：白细胞的含义报告、直方图和参数

中：红细胞的含义报告、直方图和参数

下：血小板的含义报告、直方图和参数

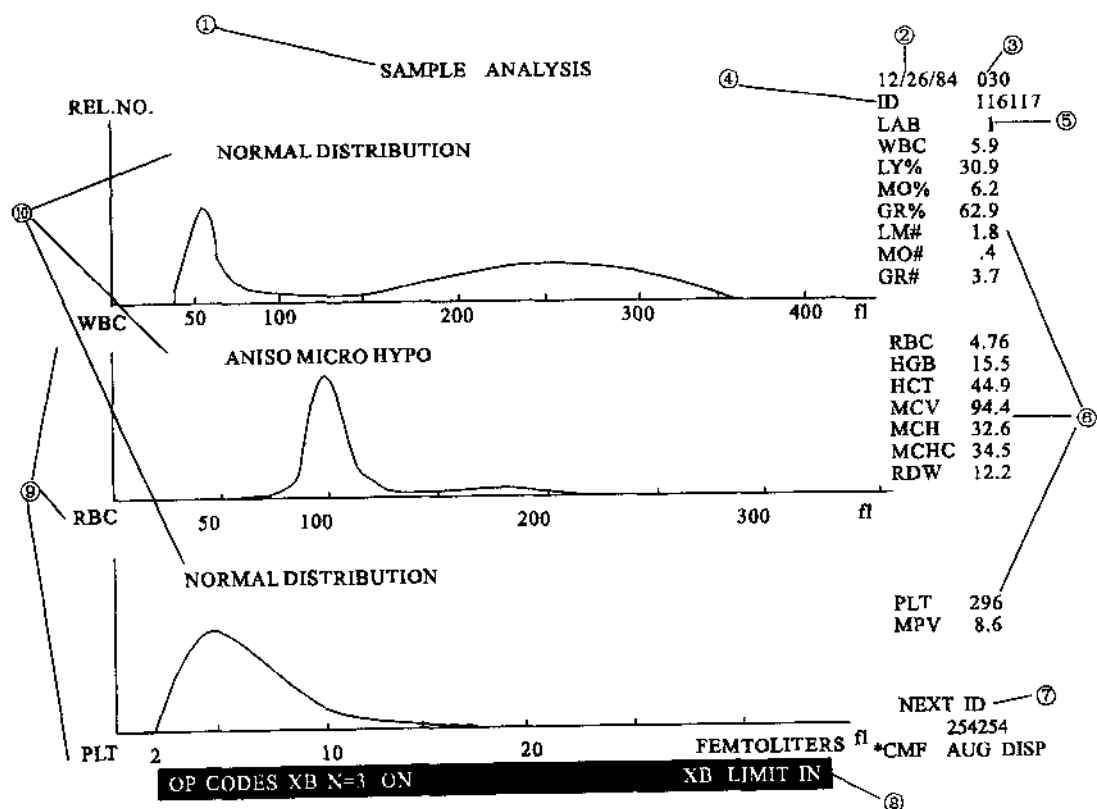


图 2-1 Coulter JT-IR 分析报告单

上页图 2-1 中 Coulter JT-IR 分析报告单各部分说明:

- ① 报告单的题目:“标本分析”
- ② 检验日期
- ③ 3 种标本的编号形式供操作者选用,是标本上机的顺序号
- ④ ID 是标本的辨认号,如门诊号、住院号等
- ⑤ LAB 是实验室按自己的意愿给标本编的号
- ⑥ 参数
- ⑦ 下一个待测标本的辨认号
- ⑧ XB 分析状态,供检验科质控管理用
- ⑨ 白细胞、红细胞、血小板的直方图
- ⑩ 白细胞、红细胞、血小板的含义报告

§ 2.2 分析参数

Coulter JT-IR 血液分析仪共可检测外周血细胞的 18 项参数。各项参数的符号、名称、检测原理和使用单位见表 2-1。

表 2-1 JT-IR 分析参数及其分析原理和单位

	参数名称	检测原理	单位
WBC	白细胞计数	库尔特原理	$10^9/L$
LY	淋巴细胞百分比	库尔特直方图分类法	%
LY#	淋巴细胞计数	计算: $LY\# = WBC \times LY\%$	$10^9/L$
MO	单核细胞百分比	库尔特直方图分类法	%
MO#	单核细胞计数	计算: $MO\# = WBC \times MO\%$	$10^9/L$
GR	粒细胞百分比	库尔特直方图分类法	%
GR#	粒细胞计数	计算: $GE\# = WBC \times GR\%$	$10^9/L$
RBC	红细胞计数	库尔特原理	$10^{12}/L$
Hb	血红蛋白浓度	单色光比色法	g/dl (可调成 g/L)
HCT	红细胞压积	计算: $HCT = RBC \times MCV \div 10$	% (可调成 L/L)
MCV	平均红细胞体积	库尔特原理	fL
MCH	平均红细胞血红蛋白	计算: $MCH = 10 \times Hb \div RBC$	pg
MCHC	平均红细胞血红蛋白浓度	计算: $MCHC = 100 \times Hb \div HCT$	g/dl (可调成 g/L)
RDW	红细胞分布宽度	计算: 红细胞体积的 CV 值	%
PLT	血小板计数	库尔特原理	$10^9/L$
MPV	平均血小板体积	库尔特原理	fL
PCT	血小板压积	计算: $HCT = PLT \times MPV \div 10$	% (可调成 L/L)
PDW	血小板分布宽度	计算: 血小板体积的 CV 值	%

与白细胞有关的共有 7 项参数: WBC、LY、LY#、MO、MO#、GR、GR#。分类参数后的“#”表示“绝对值”,无此符号表示“百分比”。报告单上通常只可打印一种形式,绝对值或百分比。选择哪一种打印形式由用户自己决定,并可在仪器上改动。

与红细胞有关的共有 7 项参数: RBC、Hb、HCT、MCV、MCH、MCHC、RDW。其中 RDW 是一个新参数。有关介绍另见第七章 § 7.2。

与血小板有关的有 4 项参数: PLT、MPV、PCT、PDW。MPV 也是一个新参数,有关介绍另见第八章。PCT 和 PDW 尚未作为正式的血常规参数使用,但是,以血液分析仪之所能,它们已被作为科研用参数,在一些文献中有所讨论。

除以上 18 项参数外, Coulter JT-IR 血液分析仪还可定性判断嗜酸细胞 (EO) 和嗜碱细胞 (BA) 的数值范围。嗜酸细胞绝对值 (EO#) 以 $0.7 \times 10^9/L$ 为界限, 报告单上以“EO# < 0.7”表示, 若从所测数据和直方图上无法肯定这一结论, 则在小于符号后面不打印数据, 即报告单相应位置显示“EO# < ”。并且, 直方图上方的含义报告会以“SUSPECT (怀疑)”提示, 后面打印“EOS”字样, 提示可能有嗜酸细胞异常。此时, 要求手工进一步确认。

同样, 嗜碱细胞绝对值 (BA#) 以 $0.2 \times 10^9/L$ 为界限, 小于此界限, 报告单上显示: “BA# < 0.2”。若从所测数据和直方图上无法肯定这一结论, 则在小于符号后面不打印数据, 报告单显示: “BA# < ”。并且, 直方图上方含义报告, 会在“SUSPECT:”后面打印“BASOS”字样, 提示有嗜碱细胞异常的可能, 要求手工进一步确证。

血常规参数的正常参考范围是有针对性的。它们通常因种族、年龄、性别的不同而有所变化, 也会因采血方式、检测方法的不同而波动。因此, 建议用户建立各自实验室的正常参考范围。表 2-2 为我国临床血液学检验参考值。下页表 2-3 所列是美国 Buffalo 儿童医院的血常规正常参考范围, 上面列有每项参数各个年龄段的数值范围, 从中可以了解不同年龄和性别血液参数的变化情况。虽然数据本身并不一定十分符合当前的病人, 但至少可以从看出每个参数在不同年龄时期的变化趋势, 以供我们参考。

表 2-2 多参数血常规项目、缩写、参考值和单位简表

中文名称	英文缩写	参考值范围	单位
红细胞计数	RBC	男: 4.0~5.5 女: 3.5~5.0 新生儿: 6.0~7.0	$10^{12}/L$ 或 $10^6/\mu l$
血红蛋白(血色素)	Hb 或 Hb	男: 120~17 女: 110~160 新生儿: 170~200	g/L 或克/升
平均红细胞体积	MCV	80~98	fl
平均细胞血红蛋白	MCH	27~31	pg
平均细胞血红蛋白浓度	MCHC	320~360	g/L
红细胞压积	HCT	男: 40~50 女: 37~48	%
平均红细胞体积分布宽度	RDW	11~15	%