

载脂蛋白 B 的转换方法在动脉粥样硬化性心血管疾病管理中的应用价值^{*}

杨德平, 刘维薇[△]

上海中医药大学附属龙华医院检验科, 上海 200032

摘要:目的 通过将载脂蛋白 B(ApoB)转换为等效低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C),即 ApoB LDL-C_{Eq},使用 LDL-C 做出基于 ApoB 的治疗决策,并评价该方法在动脉粥样硬化性心血管疾病(ASCVD)管理中的应用价值。**方法** 收集 2023 年 8~11 月在该院进行血脂检测的甘油三酯(TG)≤1 000 ng/dL 的 15 732 例患者作为研究对象。检测患者的血清总胆固醇(TC)、TG、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、LDL-C、载脂蛋白 A(ApoA)、ApoB 和脂蛋白 a(LPa)水平。使用线性回归得到 ApoB 转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 或等效非高密度脂蛋白胆固醇(non-HDL-C),即 ApoB non-HDL-C_{Eq} 的回归方程,通过直方图比较不同水平 LDL-C 或 non-HDL-C 亚组中 LDL-C 水平或 non-HDL-C 水平与 ApoB 之间的不一致程度。**结果** 本研究 LDL-C 与 ApoB 的线性回归产生了一个将 ApoB 转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 的方程:ApoB LDL-C_{Eq} = 1.394 × ApoB - 26.911(R² = 0.772)。在 LDL-C 低水平(50~70 mg/dL)亚组中,65.4%的患者 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际 LDL-C 水平更高,有 6.4%的患者 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际 LDL-C 水平低;在 LDL-C 高水平(>210~230 mg/dL)亚组中,80.0%的患者 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际 LDL-C 水平低,而 7.1%患者 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际 LDL-C 水平高;少数患者(12.9%~51.7%)ApoB LDL-C_{Eq} 水平与 LDL-C 水平一致;ApoB LDL-C_{Eq} 水平从高于 LDL-C 水平转变为低于 LDL-C 水平的过程中,患者 TC、TG、HDL-C、LDL-C 和 ApoA 水平均有逐渐升高的趋势,LDL-C 颗粒也在逐渐变大。ApoB 水平转化为 ApoB non-HDL-C_{Eq} 水平与 non-HDL-C 水平之间也存在类似不一致性。**结论** ApoB 和 LDL-C、non-HDL-C 之间的转换方法有助于促进快速、广泛地采用 ApoB 来管理动脉粥样硬化性心血管疾病风险。

关键词:载脂蛋白 B; 低密度脂蛋白胆固醇; 非高密度脂蛋白胆固醇; 转换方法; 动脉粥样硬化性心血管疾病

中图法分类号:R446.1 文献标志码:A 文章编号:1672-9455(2025)13-1852-06

Application value of apolipoprotein B conversion method in the management of atherosclerotic cardiovascular disease^{*}

YANG Deping, LIU Weiwei[△]

Department of Laboratory Medicine, LongHua Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200032, China

Abstract: Objective To evaluate the application value of conversion method based on treatment decisions of apolipoprotein B (ApoB) with low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) in the management of atherosclerotic cardiovascular disease (ASCVD), by converting ApoB into equivalent LDL-C (ApoB LDL-C_{Eq}). **Methods** A total of 15 732 patients with triglycerides (TG) ≤1,000 ng/dL who underwent lipid testing in the hospital from August to November 2023 were collected as study subjects. Serum total cholesterol (TC), TG, high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), LDL-C, apolipoprotein A (ApoA), ApoB and lipoprotein a (LPa) levels were measured in the patients. Linear regression was used to obtain the regression equation for converting ApoB to ApoB LDL-C_{Eq} or ApoB non-HDL-C_{Eq}, and the degree of inconsistency between different LDL-C or non-HDL-C level and ApoB level in LDL-C or non-HDL-C subgroups was compared by histograms. **Results** The linear regression between LDL-C and ApoB in the study generates an equation that converts ApoB to ApoB LDL-C_{Eq}: ApoB LDL-C_{Eq} = 1.394 × ApoB - 26.911 (R² = 0.772). In the low LDL-C level (50—70 mg/dL) subgroup, 65.4% of patients had a higher ApoB LDL-C_{Eq} level compared to the measured LDL-C level, while 6.4% had a lower ApoB LDL-C_{Eq} level; in the high LDL-C levels (>210—230 mg/dL) subgroup, 80.0% of patients had a lower ApoB LDL-C_{Eq} level compared to the measured LDL-C level, while 7.1% had a higher ApoB LDL-C_{Eq} level. Concordance between ApoB LDL-C_{Eq} and measured LDL-C levels was observed in

^{*} 基金项目:上海市卫生健康领军人才计划(2022LJ021)。
作者简介:杨德平,男,副主任技师,主要从事临床生化与感染免疫方面的研究。 [△] 通信作者, E-mail: huashanvivian@126.com。

only 12.9% to 51.7% of patients. During the transition from ApoB LDL-C_{Eq} level being higher than LDL-C level to being lower than LDL-C level, levels of TC, TG, HDL-C, LDL-C and ApoA of patients showed a gradual increasing trend, and LDL particle size also progressively increased. Similar discordance was observed between ApoB non-HDL-C_{Eq} and non-HDL-C levels. **Conclusion** The conversion method between ApoB and LDL-C or non-HDL-C should help to facilitate more rapid and widespread adoption of ApoB for managing atherosclerotic cardiovascular disease risk.

Key words: apolipoprotein B; low-density lipoprotein cholesterol; non-high-density lipoprotein cholesterol; conversion method; atherosclerotic cardiovascular disease

载脂蛋白 B(ApoB)是体内血浆脂蛋白的重要组成部分,其对于脂蛋白的运输、结构的稳定及代谢发挥着重要作用。ApoB 被认为是脂蛋白功能和颗粒数的标志物,检测 ApoB 不仅能反映胆固醇水平,而且还能捕获导致动脉粥样硬化的所有脂蛋白^[1]。关于 ApoB 颗粒在动脉壁内的包埋,以及由此产生的炎症反应是动脉粥样硬化的最初驱动因素的假说已经获得了较多的关注^[2]。除低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)颗粒外,ApoB 还包括富含甘油三酯(TG)的脂蛋白,如极低密度脂蛋白及其残余物,以及脂蛋白 a(LPa)。假设所有致动脉粥样硬化的 ApoB 颗粒都含有 1 个 ApoB 分子,血浆 ApoB 水平被认为可以更准确地代表整个脂蛋白相关风险^[3]。有证据表明,在他汀类药物治疗的患者中,作为动脉粥样硬化性心血管疾病(ASCVD)风险指标,ApoB 优于 LDL-C 和非高密度脂蛋白胆固醇(non-HDL-C)^[4-5]。相关研究也证明 ApoB 水平高于或低于 LDL-C 水平的患者患 ASCVD 风险分别偏高或偏低^[6],ApoB 与 non-HDL-C 不一致的患者也是如此^[4,6-9],尽管有以上发现,临床实践指南仍然建议将 LDL-C 作为指导降脂治疗决策的主要指标^[10-11]。因此,临床医生熟悉 LDL-C 治疗目标和阈值,但通常不熟悉如何应用 ApoB 检测结果。本研究将 ApoB 转换为等效的 LDL-C,使临床医生能够继续应用熟悉的 LDL-C,同时做出基于 ApoB 的治疗决策。实验室通过信息系统可以很容易地实现这一转换过程,以 ApoB 及转换后的等效 LDL-C(ApoB LDL-C_{Eq})与 LDL-C 一起报告,可以清楚哪些患者的 ApoB LDL-C_{Eq} 水平高于或低于 LDL-C,从而相应地优化治疗决策^[12]。类似的转换方法也成功地用于糖化血红蛋白(HbA1c),通过将 HbA1c 转换为等效的葡萄糖用于评估患者的血糖状态^[13]。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2023 年 8—11 月在该院进行血脂检测的患者作为研究对象。排除 TG>1 000 mg/dL 的患者,得到 15 732 例组成的研究队列,其中男 7 090 例,女 8 642 例;年龄 6~105 岁,平均(61.33±15.08)岁;LDL-C 50~230 mg/dL 有 15 357 例;non-HDL-C 50~230 mg/dL 有 15 348。所有研究对象均知情同意并签署知情同意书。本研究经本院医学伦理委员会审核批准(2023LCSY079)。

1.2 方法

1.2.1 血脂指标水平检测 采集所有患者静脉血 5 mL,于采血后 2 h 内,以 3 000 r/min 离心 10 min,分离上层血清,采用贝克曼库尔特有限公司 AU5800 全自动生化分析仪检测血清总胆固醇(TC)、TG、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、LDL-C、载脂蛋白 A(ApoA)、ApoB 和 Lp(a)水平,检测试剂为贝克曼库尔特有限公司生产的原装配套试剂,所有操作步骤,如样本采集、质控、上机检测等一系列环节严格按照试剂盒说明书和仪器项目标准操作规程进行。

1.2.2 分组 以 LDL-C 水平与 ApoB 水平比值(LDL-C/ApoB 比值, LAR)来评估 LDL-C 颗粒大小^[14-15]。采用间隔 20 mg/dL 的 LDL-C 水平或 non-HDL-C 水平对所有患者进行分组(50~70、>70~90、>90~110、>110~130、>130~150、>150~170、>170~190、>190~210、>210~230 mg/dL),ApoB LDL-C_{Eq} 的水平或 ApoB non-HDL-C_{Eq} 的水平落在 20 mg/dL 范围内的被定义为 ApoB 水平与 LDL-C 水平一致(ApoB LDL-C_{Eq} 等于 LDL-C 组),落在此范围外被定义为 ApoB 水平与 LDL-C 水平不一致(ApoB LDL-C_{Eq} 高于 LDL-C 组或 ApoB LDL-C_{Eq} 低于 LDL-C 组)。

1.2.3 直方图绘制 绘制不同水平范围的 LDL-C 或 non-HDL-C 亚组与转换后 ApoB 的直方图,每个亚组的 LDL-C 水平或 non-HDL-C 水平间隔 20 mg/dL。在图中标注每个亚组中 ApoB 与 LDL-C 或 non-HDL-C 一致或不一致的患者百分比。

1.2.4 LDL-C 和 ApoB LDL-C_{Eq} 结果显示 通过实验室信息系统将 LDL-C 和 ApoB LDL-C_{Eq} 等结果同时显示在报告单中。

1.3 统计学处理 采用 SPSS20.0 统计软件进行数据分析处理。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。使用线性回归得到 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平或等效 non-HDL-C(ApoB non-HDL-C_{Eq})水平的回归方程,通过直方图比较不同水平 LDL-C 或 non-HDL-C 亚组中 LDL-C 水平或 non-HDL-C 水平与 ApoB 之间的不一致程度。

2 结果

2.1 LDL-C 与 ApoB 的线性回归分析 研究队列中 LDL-C 与 ApoB 的线性回归提供了将 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平的方程,此回归方程为: ApoB LDL-C_{Eq} = 1.394 × ApoB - 26.911 ($R^2 =$

0.772)。

2.2 不同水平 LDL-C 与 ApoB LDL-C_{Eq} 的关系 在 LDL-C 低水平(50~70 mg/dL)亚组中,65.4%的患者 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际 LDL-C 水平更高,有 6.4%的患者 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际 LDL-C 水平低。随着 LDL-C 水平升高,ApoB 与 LDL-C 不一致的患者百分比出现了向相反方向发生转变。在 LDL-C 高水平(>210~230 mg/dL)亚组中,80.0%的患者 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际 LDL-C 水平低,而 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际 LDL-C 水平高的患者仅为 7.1%。见图 1。

2.3 ApoB LDL-C_{Eq} 水平与 LDL-C 水平不一致个体的其他血脂指标水平 ApoB LDL-C_{Eq} 水平从高于

LDL-C 水平转变为低于 LDL-C 水平的过程中,患者 TC、TG、HDL-C、LDL-C 和 ApoA 水平均逐渐升高,LAR 也在逐渐变大。见表 1。

2.4 不同水平 non-HDL-C 与 ApoB non-HDL-C_{Eq} 的关系 non-HDL-C 与 ApoB non-HDL-C_{Eq} 的线性回归方程为:ApoB non-HDL-C_{Eq} = 1.437×ApoB-26.228。利用 non-HDL-C 取代 LDL-C 进行了类似 ApoB 转换分析,ApoB 和 non-HDL-C 之间同样存在不一致性。患者 ApoB 水平转换为 ApoB non-HDL-C_{Eq} 水平较实际 non-HDL-C_{Eq} 水平低的比率最高达 79.5%,患者 ApoB 水平转换为 ApoB non-HDL-C 水平较实际 non-HDL-C 水平高的比率最高达到 66.3%。见图 2。

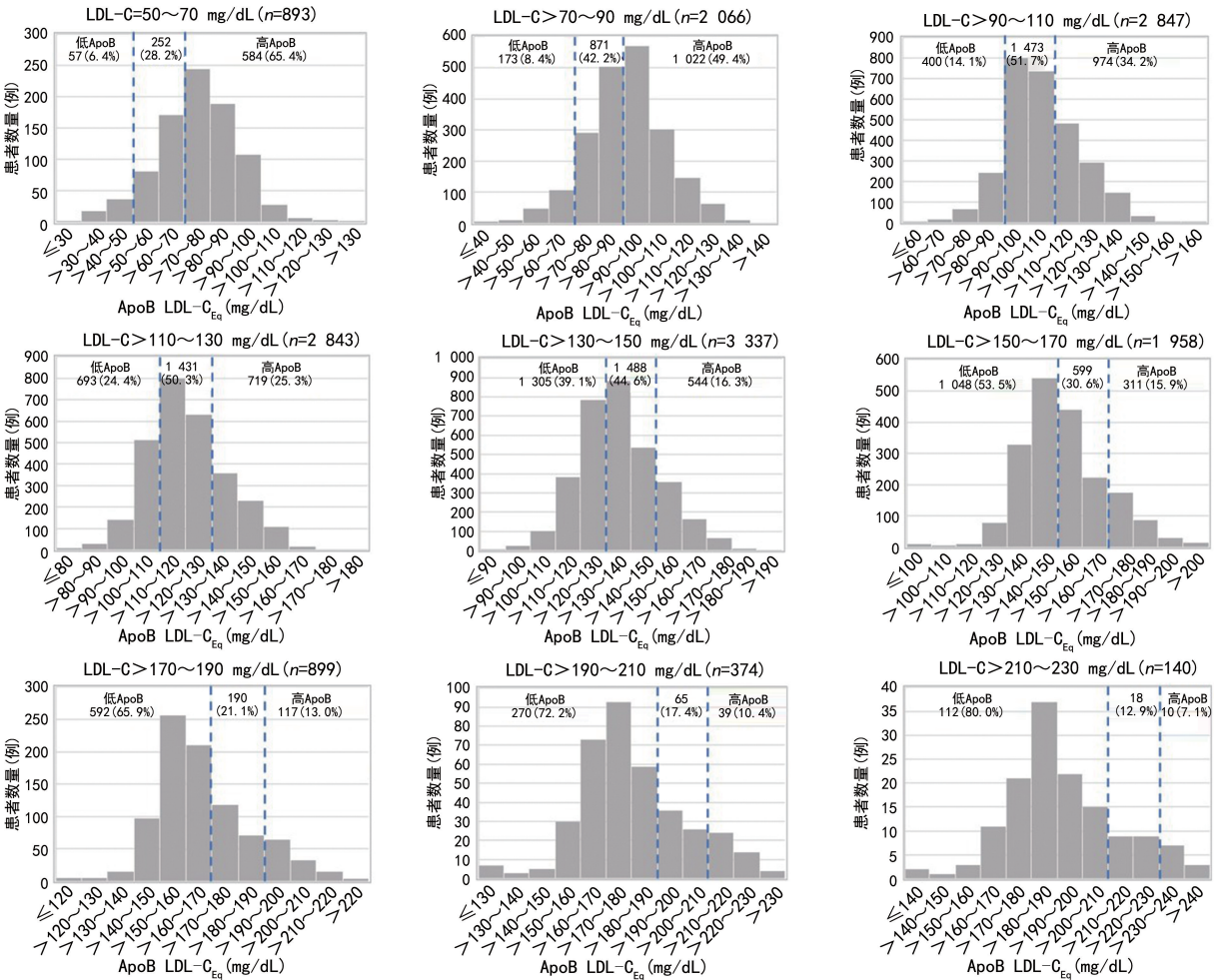


图 1 不同水平 LDL-C 亚组中 ApoB LDL-C_{Eq} 的直方图

表 1 ApoB LDL-C_{Eq} 与 LDL-C 不同水平不一致患者的血脂指标水平

组别	n	ApoB LDL-C _{Eq} (mg/dL)	LDL-C (mg/dL)	TC (mg/dL)	TG (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	ApoA (mg/dL)	LAR
ApoB LDL-C _{Eq} 高于 LDL-C 组								
>40 mg/dL	175	150±39	100±38	164±71	149±106	49±17	116±39	0.77±0.15
>30~40 mg/dL	569	134±33	100±33	156±42	118±61	52±16	123±33	0.84±0.12
>20~30 mg/dL	1 387	130±35	106±35	162±44	122±61	53±16	127±34	0.91±0.11

续表 1 ApoB LDL-C_{Eq} 与 LDL-C 不同水平不一致患者的血脂指标水平

组别	<i>n</i>	ApoB LDL-C _{Eq} (mg/dL)	LDL-C (mg/dL)	TC (mg/dL)	TG (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	ApoA (mg/dL)	LAR
1~>10 mg/dL	2 252	123±35	108±35	163±45	126±75	50±15	127±31	0.99±0.10
≤1 mg/dL	2 864	116±32	111±32	166±40	129±81	50±13	129±30	1.06±0.08
ApoB LDL-C _{Eq} 等于 LDL-C 组								
<1 mg/dL	756	118±31	118±31	174±37	131±79	51±13	133±29	1.12±0.06
ApoB LDL-C _{Eq} 低于 LDL-C 组								
1~10 mg/dL	3 289	118±29	123±30	181±35	131±81	53±12	137±29	1.18±0.06
>10~20 mg/dL	2 687	124±30	138±30	200±35	138±95	58±13	147±31	1.27±0.04
>20~30 mg/dL	1 159	128±35	152±35	219±40	140±99	63±13	156±31	1.37±0.03
>30~40 mg/dL	388	138±39	172±39	243±43	163±122	66±14	163±35	1.46±0.03
>40 mg/dL	206	149±60	206±67	285±82	200±164	72±20	156±43	1.67±0.23

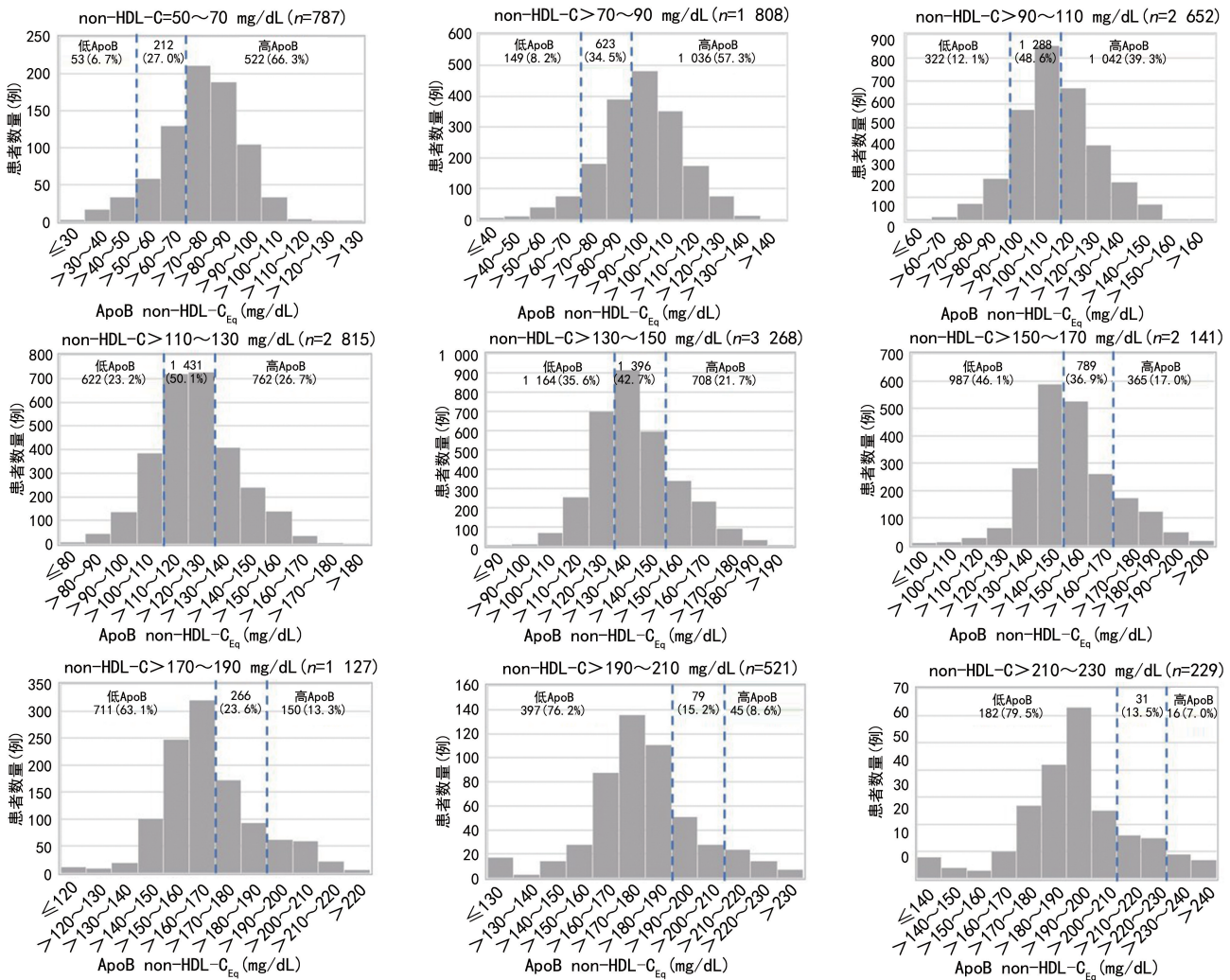


图 2 不同水平 non-HDL-C 亚组中 ApoB non-HDL-C_{Eq} 的直方图

2.5 ApoB 的转换方法在临床应用示例 报告单示例中 ApoB 水平为 136 mg/dL, 高于参考区间, 而 LDL-C 水平为 114 mg/dL, 在参考区间内, ApoB LDL-C_{Eq} 为 163 mg/dL, 高于参考区间。LDL-C 和 ApoB LDL-C_{Eq} 结果之间存在差异, 临床医生结合这 2 项指标做出治疗决策为最佳指导。见表 2。

表 2 ApoB 转换方法临床应用报告单示例		
指标	结果	参考区间
TC	194 mg/dL	0~200 mg/dL
TG	65 mg/dL	0~151 mg/dL
HDL-C	64 mg/dL	50~60 mg/dL

续表 2 ApoB 转换方法临床应用报告单示例		
指标	结果	参考区间
ApoB	136 mg/dL	55~130 mg/dL
LDL-C	114 mg/dL	0~130 mg/dL
ApoB LDL-C _{Eq}	163 mg/dL	50~154 mg/dL

3 讨 论

高胆固醇血症是动脉粥样硬化性心血管疾病最重要的致病因素, LDL-C 是美国、加拿大和欧洲高胆固醇血症管理指南中降脂治疗的主要靶点^[10,11,16]。然而, 针对 LDL-C 也提出了疑问, 包括缺乏考虑与其他致动脉粥样硬化脂蛋白相关的风险。因此, 在高胆固醇血症管理指南中, ApoB 和 non-HDL-C 是 LDL-C 的次要靶点。

ApoB、non-HDL-C 和 LDL-C 高度相关但也有不同, 因为除 LDL-C 外, ApoB 和 non-HDL-C 还包含富含 TG 的脂蛋白^[17-19]。相关研究表明, 与 LDL-C 比较, ApoB 和 non-HDL-C 能更好地追踪 ASCVD 风险^[20-21]。

ApoB 检测目前相对标准化、自动化和廉价^[22-23]。实验室已经将 ApoB 作为血脂检测的一部分。然而, 临床医生不容易克服几十年来以 LDL-C 作为指标来判断 ASCVD 残余风险和降脂治疗的实际障碍。通过将 ApoB 转换为更熟悉的 LDL-C, 可以促进从 LDL-C 向 ApoB 引导的决策转变^[12]。

本研究通过分析 15 732 例组成的研究队列, 得到 LDL-C 与 ApoB 的线性回归方程 ($\text{ApoB LDL-C}_{\text{Eq}} = 1.394 \times \text{ApoB} - 26.911$), 再通过线性回归方程分析不同水平 LDL-C 与转换后 ApoB 的关系。从各个亚组的直方图中可以看出, LDL-C 水平从低水平 (50~70 mg/dL) 到高水平 (>210~230 mg/dL) 的过程中。特别是对于 LDL-C 低水平 (50~70 mg/dL) 的个体, 有 65.4% 的 ApoB 转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 较实际的 LDL-C 水平更高, 表明患者患 ASCVD 的风险高于通过实际的 LDL-C 做出的决策。这类患者可能治疗不足, 通过 ApoB LDL-C_{Eq} 做出临床决策更能使患者在降脂治疗中受益。而另一面, 6.4% 的患者 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际的 LDL-C 水平低, 推断患者患 ASCVD 风险低于通过实际的 LDL-C 水平做出的临床决策。随着 LDL-C 水平升高, 出现了向相反方向发生转变, 更多患者被评估为具有比实际 LDL-C 水平所暗示的更低或更高患 ASCVD 风险。当 LDL-C > 210~230 mg/dL 时, 有 80% 的患者 ApoB 水平转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 水平较实际的 LDL-C 水平低, 表明患者患 ASCVD 风险低于通过实际的 LDL-C 水平做出的临床决策, 依据实际的 LDL-C 水平做出临床决策可能会使这类患者治疗过度。此项研究结果与文献[12]结论一致, 说明 ApoB 和 LDL-C 之间的快速转换方法在不同的种族和区域也同样适用。

本研究分析了 ApoB LDL-C_{Eq} 水平与 LDL-C 水平不一致的患者其他血脂指标水平发现, 当 ApoB LDL-C_{Eq} 水平从高于 LDL-C 水平转变为低于 LDL-C 水平的过程中, 其他血脂指标, 包括 TC、TG、HDL-C、LDL-C 和 ApoA 水平均逐渐升高, 而且 LDL-C 颗粒在这个过程中也在逐渐变大, 与先前研究结果一致, 当 LDL-C 小颗粒占主导地位时, LDL-C 检测低估了致动脉粥样硬化颗粒的数量^[24]。相反, 当富含胆固醇的 LDL-C 大颗粒丰富时, LDL-C 检测可能高估了 ASCVD 残余风险^[25-26]。

本研究也分析了不同水平范围的 non-HDL-C 与 ApoB non-HDL-C_{Eq} 的关系, 与 ApoB 一样, 作为治疗靶点 non-HDL-C 也被认为优于 LDL-C, 其对致动脉粥样硬化的富含 TG 的脂蛋白诊断有益。因此, 人们普遍认为 non-HDL-C 和 ApoB 作为判断患者患 ASCVD 风险的临床指标是高度一致的, 并且在临床决策上是一致的^[10-11]。因此, 本研究用 non-HDL-C 取代 LDL-C 进行了类似的 ApoB 转换分析, 从各个亚组的直方图中可以看出, ApoB 和 non-HDL-C 之间同样存在不一致性, 提示当实验室用 non-HDL-C 水平报告时, ApoB 和 non-HDL-C 之间的差异也需要被关注。

临床实验室在扩大 ApoB 的临床应用方面可发挥重要作用, 通过实验室信息系统将 LDL-C 与 ApoB LDL-C_{Eq} 结果同时体现在常规报告中, 这将使临床医生更清楚地了解 ApoB 和 LDL-C 之间的不一致性, 降低对 ASCVD 风险的低估和高估。LDL-C 结果在正常范围内, 而 ApoB LDL-C_{Eq} 结果高于正常范围, 如果只看 LDL-C 结果, 患者可能不需要治疗, 但如果结合 ApoB LDL-C_{Eq} 结果, 患者可能需要治疗。LDL-C 和 ApoB LDL-C_{Eq} 结合起来将有助于临床医生对患者做出更准确的治疗决策。但应用此转换方法需要注意的是当患者有严重脂血 (TG > 1 000 mg/dL) 的时候, 脂质指标的检测结果可能会受到影响, 此转换方法结果可能不准确, 临床医生需要结合患者的实际情况做出治疗决策。同时本研究也有一定的局限性, 由于本研究是单中心研究, 研究的结果可能存在地区限制, 不一定能准确体现 ApoB 与 LDL-C 之间的转换关系。本研所得转换方法在临床应用方面还需要进一步进行多中心样本验证。

综上所述, ApoB 的这种转换方法, 它可以利用 ApoB 水平对血脂异常患者产生积极影响。同时, 这种转换方法可以使临床医生更好利用 ApoB 的结果, 在 ASCVD 风险管理中做出更准确的治疗决策。通过本研究的方程将 ApoB 转换为 ApoB LDL-C_{Eq} 是容易实现的, 并且可以通过临床实验室信息系统将等效的 LDL-C 体现在常规报告中。最终, 该方法可以促进 ApoB 检测结果的普遍使用, 并使其作为 ASCVD 预防的治疗管理工具, 为 ASCVD 的筛查提供更广泛的支持。

参考文献

[1] WELSH P, SATTAR N. To ApoB or not to ApoB: new

arguments, but basis for widespread implementation remains elusive[J]. Clin Chem, 2023, 69(1): 3-5.

[2] SNIDERMAN A D, THANASSOULIS G, GLAVINOVIC T, et al. Apolipoprotein B particles and cardiovascular disease: a narrative review [J]. JAMA Cardiol, 2019, 4(12): 1287-1295.

[3] ELSHAZLY M B, QUISPE R. The lower the ApoB, the better: now, how does ApoB fit in the upcoming era of targeted therapeutics[J]. Circulation, 2022, 146(9): 673-675.

[4] JOHANNESSEN C D L, MORTENSEN M B, LANGSTED A, et al. Apolipoprotein B and non-HDL cholesterol better reflect residual risk than LDL cholesterol in statin-treated patients [J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 77(11): 1439-1450.

[5] MARSTON N A, GIUGLIANO R P, MELLONI G E M, et al. Association of apolipoprotein B-containing lipoproteins and risk of myocardial infarction in individuals with and without atherosclerosis: distinguishing between particle concentration, type, and content [J]. JAMA Cardiol, 2022, 7(3): 250-256.

[6] CANTEY E P, WILKINS J T. Discordance between lipoprotein particle number and cholesterol content: an update [J]. Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes, 2018, 25(2): 130-136.

[7] LAWLER P R, AKINKUOLIE A O, RIDKER P M, et al. Discordance between circulating atherogenic cholesterol mass and lipoprotein particle concentration in relation to future coronary events in women [J]. Clin Chem, 2017, 63(4): 870-879.

[8] SNIDERMAN A, WILLIAMS K, COBBAERT C. ApoB versus non-HDL-C: what to do when they disagree [J]. Curr Atheroscler Rep, 2009, 11(5): 358-363.

[9] 彭及雅, 李欣颖, 张大庆. LDL-C、non-HDL-C 和 ApoB100 的临床应用价值评价 [J]. 临床检验杂志, 2021, 39(7): 521-524.

[10] GRUNDY S M, STONE N J, BAILEY A L, et al. 2018 AHA/ACC/AACVPR/AAPA/ABC/ACPM/ADA/AGS/APhA/ASPC/NLA/PCNA guideline on the management of blood cholesterol: a report of the American college of cardiology/American heart association task force on clinical practice guidelines [J]. Circulation, 2019, 139(25): e1082-e1143.

[11] MACH F, BAIGENT C, CATAPANO A L, et al. 2019 ESC/EAS guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk [J]. Eur Heart J, 2020, 41(1): 111-118.

[12] COLE J, OTVOS J D, REMALEY A T. A translational tool to facilitate use of apolipoprotein B for clinical decision-making [J]. Clin Chem, 2023, 69(1): 41-47.

[13] NATHAN D M, KUENEN J, BORG R, et al. Translating the a1C assay into estimated average glucose values [J]. Diabetes Care, 2008, 31(8): 1473-1478.

[14] VIKTORINOVA A, MALICKOVA D, SVITEKOVA K, et al. Low-density lipoprotein cholesterol-to-apolipoprotein B ratio as a potential indicator of LDL particle size and plasma atherogenicity in type 2 diabetes [J]. Diabetes Res Clin Pract, 2021, 176: 108858.

[15] XIAO L, ZHANG K R, WANG F, et al. The LDL-C/ApoB ratio predicts cardiovascular and all-cause mortality in the general population [J]. Lipids Health Dis, 2023, 22(1): 104.

[16] PEARSON G J, THANASSOULIS G, ANDERSON T J, et al. Canadian cardiovascular society guidelines for the management of dyslipidemia for the prevention of cardiovascular disease in adults [J]. Can J Cardiol, 2021, 37(8): 1129-1150.

[17] MORA S, BURING J E, RIDKER P M. Discordance of low-density lipoprotein (LDL) cholesterol with alternative LDL-related measures and future coronary events [J]. Circulation, 2014, 129(5): 553-561.

[18] NORDESTGAARD B G, LANGSTED A, MORA S, et al. Fasting is not routinely required for determination of a lipid profile: clinical and laboratory implications including flagging at desirable concentration cut-points—a joint consensus statement from the European atherosclerosis society and European federation of clinical chemistry and laboratory medicine [J]. Eur Heart J, 2016, 37(25): 1944-1958.

[19] NORDESTGAARD B G. A test in context: lipid profile, fasting versus nonfasting [J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 70(13): 1637-1646.

[20] 于洋杰, 谢坤, 高秀芳, 等. 非高密度脂蛋白胆固醇可以替代低密度脂蛋白胆固醇吗 [J]. 心血管病学进展, 2021, 42(1): 12-16.

[21] 彭鑫森, 潘广梅, 殷新, 等. 载脂蛋白 B 对动脉粥样硬化性心血管疾病风险预测价值的研究进展 [J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2023, 21(17): 3183-3187.

[22] GARCIA E, BENNETT D W, CONNELLY M A, et al. The extended lipid panel assay: a clinically deployed high-throughput nuclear magnetic resonance method for the simultaneous measurement of lipids and apolipoprotein B [J]. Lipids Health Dis, 2020, 19(1): 247.

[23] LANGLOIS M R, CHAPMAN M J, COBBAERT C, et al. Quantifying atherogenic lipoproteins: current and future challenges in the era of personalized medicine and very low concentrations of LDL cholesterol. A consensus statement from EAS and EFLM [J]. Clin Chem, 2018, 64(7): 1006-1033.

[24] 冯仁丰. 致动脉粥样硬化的是 LDL-C 还是 LDL 颗粒 [J]. 检验医学, 2013, 28(11): 957-964.

[25] KOHLI-LYNCH C N, THANASSOULIS G, MORAN A E, et al. The clinical utility of apoB versus LDL-C/non-HDL-C [J]. Clin Chim Acta, 2020, 508: 103-108.

[26] DREXEL H, LARCHER B, MADER A, et al. The LDL-C/ApoB ratio predicts major cardiovascular events in patients with established atherosclerotic cardiovascular disease [J]. Atherosclerosis, 2021, 329: 44-49.