

在保险行业应用来源于医学临床试验风险系数的探讨

文 / HUDE Yves、严勇、刘蓉、蔡云鹏

内容

1. 引言	4
2. 三项比率 (3Rs)	5
2.1 相对风险 (RR)	6
2.2 比值比 (OR)	6
2.3 风险比 (Hazard Ratio)	8
3. 示例场景	9
3.1 Relative risk	10
3.2 Odds Ratio	10
3.3 Hazard Ratio	10
3.4 RR、OR、HR 结果对比	10
4. 实际应用框架	11
4.1 保险和医学问题的双向转换	11
4.2 多来源医学结果的整合	12
5. 结论	13
参考文献	14

在保险行业应用来源于医学临床 试验风险系数的探讨¹

文 / HUDE Yves、严勇、刘蓉、蔡云鹏

1 该篇文章英文版《Exploring the Application of Different Measures of Risk from Medical Research in the Health Insurance Industry》已被 2024 年中国保险与风险管理国际年会收录

1. 引言

在医疗健康领域的快速发展中，不断涌现出新的治疗干预手段、疾病风险因素和疾病进展认识。这些医学进展通常需要通过严格的医学研究进行全面评估和验证。这类研究的一个关键成果是对不同风险特征人群中特定事件发生风险的比较和量化。评估通常依赖于本文称之为“三个风险衡量指标”或“3R”的三种主要风险衡量指标，即相对风险（Relative Risk, RR）、比值比（Odds Ratio, OR）和风险比（Hazard Ratio, HR）。这些研究成果不仅为临床治疗和疾病管理提供科学依据，还为保险行业在产品定价、核保以及健康管理策略制定等过程提供了重要基础，能够评估或更新相关风险特征人群的分组和预期风险。

例如，用于治疗急性缺血性卒中的血管内血栓切除术，在经过医学研究验证后被广泛应用于临床实践。一项荟萃分析显示，与接受常规护理的对照组相比，接受机械血栓切除术加常规护理的急性缺血性卒中患者（伴有近端前循环闭塞）在 90 天后减少致残的调整后的比值比（OR）为 2.49（95% CI, 1.76 - 3.53）^[1]。一系列相关研究成果指导了急性缺血性卒中患者的治疗策略，使 80 岁以上美国患者中血管内血栓切除术的使用率从 2012 年的 3.3% 上升至 2019 年的 20.8%^[2]。对于健康保险行业，类似于不同治疗对患者结局的影响的比较结果，为评估接受不同治疗方案的卒中患者的致残、死亡和长期护理需求风险提供了宝贵数据。

随着健康保险市场的进一步细分，对具有特定健康状况或风险特征人群的精确风险评估和定价变得愈加重要。这对于创新性或个性化健康保险产品尤为关键，由于缺乏经验数据，这些产品在设计过程中高度依赖于医学研究成果。以乳腺癌复发保险为例，医学研究针对不同癌症分期和类型提供的衡量指标为保险定价和风险评估提供了重要参考。

一项针对新西兰人群的研究发现，与 I 期乳腺癌患者相比，II 期和 III 期乳腺癌患者在 5 年内发生远端转移复发的调整后的风险比（HR）分别为 2.07（95% CI, 1.84 - 2.33）和 4.82（95% CI, 4.25 - 5.48）^[3]。这些数据为量化不同分期乳腺癌患者的远端转移复发风险提供了具体依据，对保险公司在产品定价和风险评估中具有指导意义。

因此，对于保险公司而言，及时且准确地理解和评估这些新的医学研究发现，对于合理

定价、风险控制及保持竞争力至关重要。为适应这些变化，保险公司需要积极吸收并适应最新的医学研究成果，将这些新信息和数据整合到风险评估和定价模型中。这不仅涉及更新和调整现有模型，还包括识别和评估新兴风险因素。相比于基于历史数据、行业统计和人口信息的传统风险评估方法，面对新的治疗手段、新发现的风险因素和罕见疾病，这些传统方法可能不再足够精确或及时。

虽然 3R（RR、OR、HR）在实际工作中经常被精算师和核保专家引用和使用，但对其的深层理解和知识常常不足，这可能会影响风险评估的准确性和保险产品定价的科学性，特别是对 OR 和 HR 的解释和应用，常常出现误解和错误。因此，本文首先分析这三种相对风险系数在保险领域中的应用，然后强调其实际应用中的注意事项，旨在有效利用这些医学研究成果，以更好地适应不断变化的医疗环境，并提供更为精确、具有竞争力的保险产品和服务。

2. 三项比率（3Rs）

3Rs 是用于医学研究的核心指标，用于验证和量化风险特征与特定结果事件之间的关联。这些风险特征通常是个体是否接受了某种医疗干预或暴露于特定风险因素。例如， $RR > 1$ 、 $OR > 1$ 和 $HR > 1$ 表示研究中的风险特征与特定结果事件呈正相关，而小于 1 的值则表示负相关。但需要注意的是，这些指标的解释可能会有所不同。

在这三者之中，相对风险（RR）最直观、易于理解，类似于精算科学中用于评估具有不同风险特征的群体事件发生概率的方法。然而，OR（比值比）和 HR（风险比）的解释相对复杂，不仅保险从业人员较难理解，医疗专业人士也容易困惑。因此，本研究将以保险业熟悉的语言和应用场景对 3Rs 进行解释，使其更适用于实际的保险业务。

选择使用哪种 3Rs 来呈现医学研究的结果受到多种因素的影响，如研究的疾病特征、采用的方法和统计分析技术。然而，在保险实践中，这些指标的选择通常并非自由决定的，而是基于与所研究问题相关的医学研究结果。尤其在应用 OR 和 HR 时，必须谨慎对待其解释的合理性，并进行必要的转换以确保分析结果的准确性和适用性。

2.1 相对风险 (RR)

从保险的角度看，相对风险 (RR) 表示具有不同风险特征的群体中某一特定事件发生的概率之比。RR 的计算公式可通过条件概率表示为：

$$RR = P(O+|R+) / P(O+|R-). \quad (1)$$

为简单起见，假设风险特征 (R) 和结果 (O) 均为二元变量，其中 R+ 表示具有某一风险特征的群体，O+ 表示在一定时间内发生特定事件。在医学研究中，RR 是评估特定治疗或暴露与疾病风险之间关系的重要指标，尤其在随机对照试验和队列研究中。RR 的解释较为直接，例如，RR 大于 1 表示该风险特征与事件的发生呈正相关，即 R+ 群体的事件发生风险高于 R- 群体，且高出 RR 倍。相反，RR 小于 1 表示该风险特征与事件之间呈负相关。

在应用 RR 时，包括后续提到的 OR 和 HR，需注意结果中的置信区间和 P 值；当置信区间（通常设定为 95%，表示为 95% CI）包含 1 或 P 值大于 0.05 时，表示无统计学显著差异，需谨慎对待结果。

在实际保险应用中，RR 可直接用于风险评估、定价等，因为 RR 的概念符合保险实践中关注的事件发生概率与不同风险特征群体之间关系。然而，许多研究未提供 RR 值，因为 RR 的使用仅限于严谨的医学研究设计。

2.2 比值比 (OR)

在保险术语中，比值比 (OR) 的含义可类比于对保险经验数据的分析方法，或作为 RR 的一种估计方式。在健康保险领域，经验数据常以 $P(R|O)$ 形式出现，而非事件在给定风险特征下发生的概率 $P(O|R)$ 。其中一个重要原因是只有在索赔事件发生时，风险特征信息才会被记录且较为准确。OR 是一种基于 $P(R|O)$ 的方法，用于评估风险特征与事件发生的关联。

在医学研究中，OR 常用于在特定实验设计下有效地估计 RR，并在逻辑回归模型中用作控制混杂因素的手段。在某些疾病或风险因素研究中，由于临床试验设计和统计方法的特点，结果仅提供 OR。例如，在病例对照研究中，类似于健康保险经验数据，风险特征

数据往往是从事件已发生或未发生的群体中收集的（即 $P(R+|O+)$ 和 $P(R+|O-)$ ），而非事件发生的实际概率（ $P(O|R)$ ），因此无法直接计算 RR。在这种情况下，当事件发生率较低（ $<10\%$ ）时，OR 可作为 RR 的有效估计。

对于 $R+$ 群体， $Odds(R+)$ 表示该群体中事件发生的赔率：

$$Odds(R+) = P(O+|R+) / (1 - P(O+|R+)). \quad (2)$$

OR 的计算公式可通过条件概率表示为：

$$\begin{aligned} OR &= Odds(R+) / Odds(R-) \\ &= [P(O+|R+) / (1 - P(O+|R+))] / [P(O+|R-) / (1 - P(O+|R-))] \end{aligned} \quad (3)$$

同样，通过贝叶斯定理可得出：

$$OR = [P(R+|O+) / (1 - P(R+|O+))] / [P(R+|O-) / (1 - P(R+|O-))] \quad (4)$$

这意味着，即使仅提供了 $P(R+|O+)$ 和 $P(R+|O-)$ ，也可以计算出 OR 值。

此外，当采用逻辑回归模型作为统计方法时，可以分析多个风险特征（如 $R1$ 、 $R2$ 等），从而达到控制变量的目的，即在其他风险特征保持不变的情况下，分析单一风险特征对事件发生概率的影响。在包含多个风险特征的建模中，通常使用调整后的 OR 作为输出结果。值得注意的是，逻辑回归的链接函数是对数几率（Log-odds 或 logit）函数，表达式为：

$$\text{Logit}(p) = \log(p / (1 - p)) = \log(\text{odds}) = \beta_0 + \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \dots + \beta_n R_n \quad (5)$$

其中， $R1$ 、 $R2$ 等表示用于建模的不同风险特征， p 表示具有特定风险特征的个体发生事件的预测概率，而 β_1 、 β_2 等表示与相应风险特征 $R1$ 、 $R2$ 等相关的变量系数。在这种情况下，OR 以变量系数的指数形式出现，反映了在其他变量不变的条件下，风险特征对事件发生几率的影响，即 $OR(R1) = \exp(\beta_1)$ 。

在保险研究中，当需要控制其他风险因素时，通过逻辑回归方法得到的 OR 显示出其优势。研究结果通常提供特定风险特征的 OR 值，既有控制其他风险因素的情况，也有不控制的情况。

OR 的解释在关联评估方面类似于 RR。当 OR 大于 1 时，表示风险特征与事件发生呈正相关。不同的是，OR 表示在 $R+$ 组中的事件发生几率是 $R-$ 组的 OR 倍（而非事件发生

的概率)。在保险实践中,当 R 一组的事件发生率较低(如理赔事件的 $P(O+|R-) < 10\%$ 时), OR (即 $OR \approx RR$) 可作为不同风险特征组之间相对发生概率比的估计。然而,当事件发生率 $> 10\%$ 时,使用 OR 可能会导致结果的高估。在这种情况下,如果知道事件发生率,则可以通过以下公式转换为 $RR^{[4]}$:

$$RR = OR / (1 - P(O+|R-) + (P(O+|R-) * OR)) \quad (6)$$

当 R+ 和 R 一组的预估事件发生率在 20% 到 80% 之间时,可以使用一种更简单实用的方法来估计 RR ($RR \approx OR$), 且误差通常控制在 25%^[5]。

2.3 风险比 (Hazard Ratio)

在保险术语中,风险比 (HR) 表示不同风险特征组之间 force of mortality 之比,其公式可以表示为:

$$HR(R, t) = h(R+, t) / h(R-, t) \quad (7)$$

其中, $h(R+, t)$ 和 $h(R-, t)$ 分别代表 R+ 和 R 一组的风险率, $h(R+, t) = f(x, t | R+) / S(x-, t | R+)$ 。在精算学中,这一概念更常被称为 Force of mortality。从概念上来说,HR 是不同风险特征组瞬时 RR 的估计值。

HR 常用于特定医学研究中,例如生存分析和长期随访研究,尤其是当结果事件与时间相关且随访数据存在删失时。

在分析中, Cox 比例风险模型是最广泛使用的方法,其核心假设是 HR 在时间上保持恒定,即风险比与时间无关。基于此假设, Cox 比例风险模型控制变量,使用 HR 来量化不同风险特征下的风险率比较。

$$h(t) = h_0(t) * \exp(\beta_1 * R_1 + \beta_2 * R_2 + \dots + \beta_n * R_n) \quad (8)$$

其中, $h_0(t)$ 表示基线风险率(即当 R_1 、 R_2 等均为 0 时), 而 β_1 、 β_2 等表示与相应风险特征 R_1 、 R_2 等相关的变量系数。可以推导出,在控制其他变量的条件下, $HR(R_1) = \exp(\beta_1)$, 且结果与时间无关。

在保险实践中, HR 结果为评估风险特征与长期风险之间的关系提供了重要线索。

需要理解的是，HR 在展示关联性方面的解释与 RR 和 OR 类似。但 HR 明确表示 R+ 组中的时间依赖事件的风险率是 R- 组的 HR 倍（而非事件发生的概率）。在评估不同风险特征组间的发生概率时，HR 在事件发生率较低且随访时间较短的情况下可以近似 RR ($HR \approx RR(t)$)^[6]。当事件发生率较高时，需要使用合适的公式进行转换。确定风险评估的时间 t 及相应的 $P(O+,t|R-)$ 后，可使用以下公式转换：

$$RR(t) = [1 - \exp(HR * \ln(1 - P(O+,t|R-)))] / P(O+,t|R-) \tag{9}$$

当事件发生率较高且在研究终点时，可以使用一种实用方法进行 HR 转换：

$$RR(t= \text{end of follow-up}) \approx (1 - 0.5^{\sqrt{HR}}) / (1 - 0.5^{\sqrt{1/HR}}) \tag{10}$$

该方法无需估算 $P(O+,t|R-)$ ，当事件发生率在 20% 到 80% 之间时，误差通常可以控制在 16% 以内^[5]。

3. 示例场景

为了展示不同相对风险因素的计算方法，构建了以下示例场景（见表 1）。在该示例中，我们考察特定风险特征 R（例如某种生活方式、治疗方案或病史）对特定健康事件 O（如心血管疾病）在 5 年研究期间的风险影响。研究目的是通过对比具有风险特征的人群（标记为 R+）与无此特征的人群（标记为 R-），评估该风险特征对事件发生率的影响。

表 1：示例场景的研究设计概况和数据假设

数据假设	风险特征组 (R+)	无风险特征组 (R-)
纳入人数	1000	1000
5年内经历特定事件 (O+) 的人数	300	120
附注：在计算风险比 (HR) 时，假设R+和R-组的事件发生率分别为每年60和24例，且所有事件发生在每年年末。		

在 $t = 5$ 时，可以计算出以下统计指标：

$$P(O+|R+) = 300 / 1000 = 30\%$$

$$P(O+|R-) = 120 / 1000 = 12\%$$

$$\text{Odds}(R+) = P(O+|R+) / (1 - P(O+|R+)) = 30\% / (1 - 30\%) \approx 0.43$$

$$\text{Odds}(R-) = P(O+|R-) / (1 - P(O+|R-)) = 12\% / (1 - 12\%) \approx 0.14$$

3.1 Relative risk

$$RR = P(O+|R+) / P(O+|R-) = 2.5$$

这表示具有风险特征的组相比无风险特征的组，经历特定事件（如心脏病）的风险高出 2.5 倍。

3.2 Odds Ratio

$$OR = \text{Odds}(R+) / \text{Odds}(R-) \approx 3.14$$

这表示事件发生在具有风险特征组中的几率是无风险特征组的 3.14 倍。该场景下，比值比高估了相对风险约 25.7%。通过使用转换公式

$$RR = OR / (1 - P(O+|R-) + P(O+|R-) * OR) = 2.5$$

转换后的 RR 计算结果为 2.5，与直接计算结果一致。

3.3 Hazard Ratio

通常使用 Cox 比例风险模型计算 HR，可通过 R 或 Python 等数据分析软件完成。相应的 $HR \approx 2.78$ 。这表明，具有风险特征组中事件发生的风险率是无风险特征组的 2.78 倍。所计算的 HR 在随访结束时高估了 RR 约 11.2%。

3.4 RR、OR、HR 结果对比

以下表格展示了在保持 RR 固定为 2.5 的情况下，不同风险特征组的特定事件发生率变化

的效果（见表2），并说明了OR和HR可能如何高估这些组内的事件发生率。

在实际保险工作中，专业人员通常会面临是否以及如何将比值比（OR）和风险比（HR）转换为相对风险（RR）的挑战，尤其是因为与OR和HR对应的概率 $P(O+|R-)$ 有时无法直接从医学研究结果中提取。精算师和保险专业人士可以依赖于其他相关医学研究的结果、历史数据、行业基准和专家判断的结合，以构建合理的估算。

表 2：RR、OR、HR 结果对比

5年内R+事件数	5年内R-事件数	RR	OR	OR高估值比例	HR	HR高估比例
50	20	2.5	2.58	3.16%	2.54	1.53%
100	40	2.5	2.67	6.67%	2.58	3.18%
200	80	2.5	2.88	15.00%	2.67	6.87%
300	120	2.5	3.14	25.71%	2.78	11.16%
400	160	2.5	3.50	40.00%	2.91	16.27%
500	200	2.5	4.00	60.00%	3.06	22.49%
600	240	2.5	4.75	90.00%	3.26	30.30%

4. 实际应用框架

在将医学研究的风险结果应用于保险实际工作中时，通常可借鉴精算学中常用的精算控制周期方法^[7]。基于此，由于使用了医学研究数据，需特别关注保险和医学问题之间的双向转换以及医学数据的整合。

4.1 保险和医学问题的双向转换

在医学研究结果的全面应用中，将保险问题转换为医学问题再返回保险问题的过程至关重要。首先，在将保险问题转换为医学问题时，精算师及相关人员需要准确定义医学研究的范围，包括清晰理解相关疾病、治疗方案、结局事件（如死亡、失能、复发等），并选择适当的医学术语和关键词以提高检索效率。这一步的准确执行对后续数据源的识别和获取至关重要，确保检索过程的针对性和效率。

其次，在将医学研究结果转换为保险问题时，关键在于如何将这些结果与保险产品的具体需求相结合。这不仅涉及医学数据的解释和应用，还需评估这些结果在实际保险环境中的可用性和限制。人员需要在理解医学数据的基础上，将这些数据转化为保险产品设计和定价的实际决策。此过程中需重点考虑医学数据的准确性、适用性和时效性，以及如何与保险市场的实际情况（如人群匹配和结局事件）结合。

例如，医学研究通常对特定人群有严格的纳入和排除标准。在应用数据时，需要将与精算问题相关的人群与这些标准进行对比，并注意可能引入的差异和偏差。此外，医学研究可能涉及多种短期或长期结局事件，如疾病发生、患者死亡、疾病复发或患者生活质量，需选择与保险风险评估密切相关的事件结果值。根据具体的保险产品和所面临的风险类型，选择最合适的临床试验结果进行分析。

4.2 多来源医学结果的整合

对于同一医学问题，可能存在多个研究产生不同结果。若存在与特定目标相关的系统分析或元分析，则应优先考虑这些分析结果，因为它们通过整合多个研究数据提供了更全面和系统的视角。然而，需考虑这些分析的时效性，因为所包含的研究结果可能来自较早的研究，或最新的研究尚未被纳入分析。

在整合多个不同结果时，可采用不同结果的 $1/SE^2$ 作为权重进行计算，这类似于固定效应模型中常用的方法^[8]。随着医学研究的不断进展，有必要纳入并整合新的研究结果。定期更新新研究和分析结果不仅可以提高模型的准确性和可靠性，还能帮助识别此前未考虑的风险因素或新的风险预测模式。



5. 结论

本研究探讨了保险行业如何在实际工作中应用相对风险（RR）、比值比（OR）和风险比（HR）指标。文章不仅以更易为保险行业理解的语言阐释了三种指标的意义，还指出了该行业在应用这些指标时的不足，并提出了实用的解决方案。在应用过程中，本研究强调了保险和医学问题之间双向转换的重要性，以及基于精算控制周期的系统化分析和多来源临床试验数据的整合。

总体而言，本研究提供了一种实用方法，不仅帮助精算师更好地理解和利用临床试验数据，还推动了保险产品 in 风险评估、定价和健康管理策略制定方面的科学性和创新性，以更好地满足市场和客户的实际需求。

编排 / 朱爱华 前海再保险研究院

参考文献

- [1] GOYAL M, MENON B K, VAN ZWAM W H, 等 . Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials[J/OL]. The Lancet, 2016, 387(10029): 1723-1731. DOI:10.1016/S0140-6736(16)00163-X.
- [2] ADCOCK A K, SCHWAMM L H, SMITH E E, 等 . Trends in Use, Outcomes, and Disparities in Endovascular Thrombectomy in US Patients With Stroke Aged 80 Years and Older Compared With Younger Patients[J/OL]. JAMA Network Open, 2022, 5(6): e2215869. DOI:10.1001/jama-networkopen.2022.15869.
- [3] LAO C, KUPER-HOMMEL M, ELWOOD M, 等 . Metastatic relapse of stage I-III breast cancer in New Zealand[J/OL]. Cancer causes & control: CCC, 2021, 32(7): 753-761. DOI:10.1007/s10552-021-01426-0.
- [4] GRANT R L. Converting an odds ratio to a range of plausible relative risks for better communication of research findings[J/OL]. BMJ, 2014, 348: f7450. DOI:10.1136/bmj.f7450.
- [5] VANDERWEELE T J. Optimal approximate conversions of odds ratios and hazard ratios to risk ratios[J/OL]. Biometrics, 2020, 76(3): 746-752. DOI:10.1111/biom.13197.
- [6] SYMONS M J, MOORE D T. Hazard rate ratio and prospective epidemiological studies[J/OL]. Journal of Clinical Epidemiology, 2002, 55(9): 893-899. DOI:10.1016/s0895-4356(02)00443-2.
- [7] BELLIS C. Actuarial Control Cycle[M/OL]//Wiley StatsRef: Statistics Reference Online. John Wiley & Sons, Ltd, 2014[2024-01-08]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118445112.stat04333>. DOI:10.1002/9781118445112.stat04333.
- [8] DEEKS JJ, HIGGINS JPT, ALTMAN DG (EDITORS). Chapter 10: Analysing data and undertaking meta-analyses[M]//In: Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA (editors). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.4 (updated August 2023). Cochrane, 2023.

关于前海再保险

前海再保险股份有限公司于 2016 年 12 月 5 日在深圳前海成立，是国内首家国有资本控股的混合所有制再保险公司，以专业、稳健、创新为特点，以风险管理为专长，为客户提供财产与意外险再保险、人寿与健康险再保险，投资和咨询业务等产品和服务。2021 年，前海再保险依托博士后创新实践基地正式成立前海再保险研究院。

前海再保险秉承“让保险更可靠，让世界更有力”的使命，“立足前海、携手香港、聚焦中国、辐射全球”，为客户提供有竞争力的风险管理和资本管理综合解决方案，致力于成为国际化的风险管理和资本管理专家。

前海再保险获得贝氏国际评级“A-”，展望为稳定。



前海再保险股份有限公司

深圳市南山区海德一道 88 号中洲控股中心 A 座 37 层

电话: +86 0755 88980900

www.qianhaire.com