

# 2006–2012年澳大利亚麻疹疫苗效果评价

Alexis Pillsbury<sup>ab</sup>和Helen Quinn<sup>ac</sup>

通讯作者: Alexis Pillsbury (邮箱地址: alexis.pillsbury@health.nsw.gov.au).

**目的:** 疫苗效果分析对免疫规划项目和疫苗接种率是一种非常重要的评价, 而且对于保持公众对疫苗的信心也非常重要。本研究利用澳大利亚2006–2012年国家法定报告数据从人群水平上对麻疹疫苗效果进行评价。

**方法:** 法定报告数据来源于国家法定报告疾病监测系统。疫苗接种情况分为0剂次、接种1剂次或接种2剂次含麻疹成分疫苗。排除1岁以下及免疫史不详的病例。病例组为1996年以后出生、而且在2006年1月1日至2012年12月31日期间发病的所有儿童, 对照组来自澳大利亚儿童预防接种登记系统, 为每一例病例按照相同的出生日期和居住地选择对照。采用条件logistic回归方法计算疫苗保护效果, 并进行敏感性分析以检验数据的稳定性。

**结果:** 接种一剂次麻疹疫苗的保护效果为96.7% (95%可信区间[CI]: 94.5–98.0%), 两剂次麻疹疫苗保护效果为99.7% (95%CI: 99.2–99.9%)。大于等于一剂次麻疹疫苗的保护效果为98.7% (95%CI: 97.9–99.2%)。敏感性分析显示疫苗保护效果的变化无统计学意义。

**讨论:** 疫苗效果评价的结果表明, 2006–2012年期间, 麻疹疫苗在人群水平上具有保护性。然而, 免疫空白可能是导致近期麻疹暴发的主要因素, 而且也可能是澳大利亚维持麻疹消除状态的一个重要障碍。

澳大利亚国家免疫规划项目 (NIP) 从1972年起开始投资麻疹疫苗, 1975年在第一个国家接种程序中规定为所有12月龄的儿童接种麻疹疫苗<sup>[1]</sup>。1989年, 麻疹-风疹-腮腺炎 (MMR) 联合疫苗纳入免疫规划中, 规定所有12月龄的儿童接种第一剂次, 随后很快又规定10–14岁儿童接种第二剂次。1990年后期, 建议2剂次疫苗分别在12月龄和4到5岁时进行接种, 在2000年时, 将第二剂次接种时间改到4岁<sup>[1]</sup>。自2013年7月, 由于麻疹-风疹-腮腺炎-水痘四联疫苗的引入, 第二剂次又被调整到18月龄时接种<sup>[1,2]</sup>。在为麻疹消除而开展的各项活动中, 开展了不同的补充免疫活动, 以保证1970年之后出生的人群都能接种两剂次含麻疹成分疫苗。而1966年以后出生的人群也被推荐进行两剂次接种<sup>[1]</sup>。

20世纪90年代中期以来, 为消除麻疹而开展的各项活动使澳大利亚的麻疹病例数大幅度下降, 但是麻疹疫苗的接种率却始终低于95%, 而95%是防止人群发生麻疹暴发所需达到的群体免疫率<sup>[3]</sup>。因此输入性病例持续地引发麻疹暴发, 例如, 2012年在新南威尔士发生的一次麻疹暴发中, 共有168例病例<sup>[4]</sup>。

在20世纪90年代后期开展麻疹控制项目之后, 澳大利亚很少发表麻疹疫苗效果方面的文章, 仅在2006年新南威尔士麻疹暴发之后开展了一项麻疹疫苗效果的评估<sup>[5]</sup>。

本研究评估了澳大利亚2006–2012年期间人群水平上的麻疹疫苗效果, 并结合麻疹消除阶段的流行病学特征对研究结果进行探讨。

## 方法

### 病例定义

澳大利亚法律规定, 所有州和各地区对符合国家法定疾病病例定义的麻疹可能病例和确诊病例都必须上报到公共卫生机构<sup>[6]</sup>。确诊病例要求提供实验室确证证据或临床和流行病学的联合证据。可能病例要求有实验室提示性证据和临床证据。

### 病例选择

病例组为报告到国家法定疾病监测系统 (NNDSS) 的所有麻疹病例, 而且要求必须是1996年以后出生、且发病时间在2006年1月1日–2012年12月31日之间, 选择该时段的病例是因为澳大利亚各州和各地区NNDSS系统的数据从2006年以来更加完整。1岁以下的病例因未达到麻疹接种年龄而未纳入研究。

对照组从澳大利亚儿童免疫登记系统 (ACIR) 数据库中选取。ACIR数据库是基于全人群的登记系统, 包括了参加国家公共卫生保健系统的所有儿童和常驻

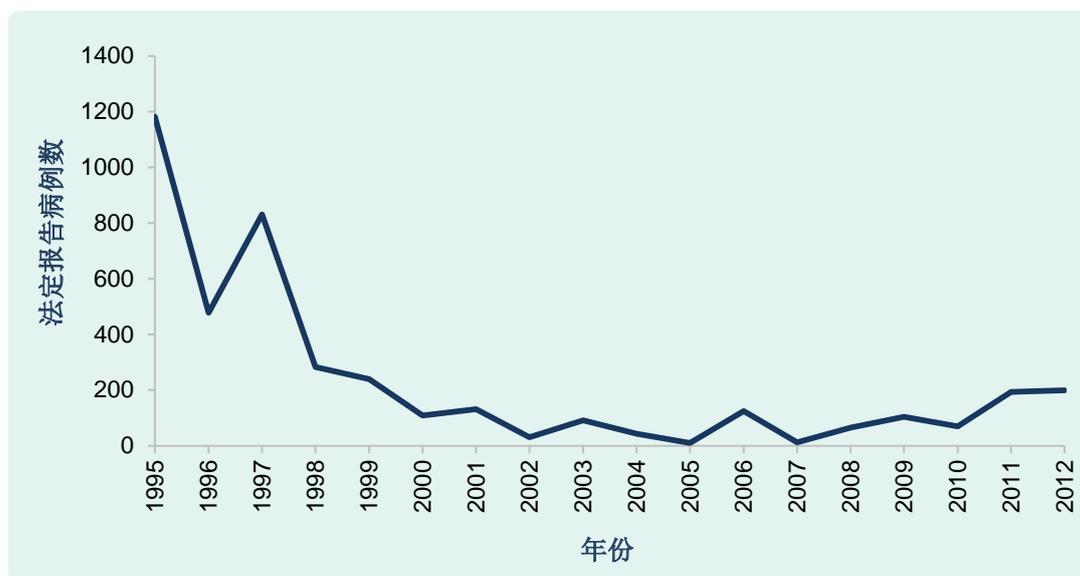
<sup>a</sup> 国家免疫研究和疫苗可预防疾病监测中心, 韦斯特米德儿童医院和悉尼大学, 新南威尔士州, 澳大利亚。

<sup>b</sup> 国家流行病学和人口健康中心, 澳大利亚国立大学, 堪培拉, 澳大利亚。

<sup>c</sup> 儿科和儿童健康部, 悉尼大学, 韦斯特米德儿童医院, 新南威尔士州, 澳大利亚。

投稿日期: 2015年5月22日; 发表日期: 2015年7月9日

doi: 10.5365/wpsar.2015.6.2.007

图1. 澳大利亚1995–2012年麻疹发病报告病例数<sup>[1,10]</sup>

居民，无论他们是否接种疫苗都在该系统中<sup>[7]</sup>。为每名病例从ACIR数据库中随机选择对照，选择对照的时候按照与病例相同的出生日期（±1天）和相同的居住地进行匹配。根据以前研究中采用的方法，为每名病例匹配20个对照，以使研究的精度最高<sup>[8]</sup>。因为ACIR数据库建立于1996年，因此研究中仅纳入17岁以下的病例。

病例的免疫史信息来自于NNDSS系统，分为0剂次、1剂次、2剂次和不详。在NNDSS系统中，虽然病例仅被分为部分接种和全程接种两类，但研究者按照病例的年龄和发病时当地的接种程序对病例的接种状态进行分类。“全程接种”是指发病年龄小于4岁并接种过1剂次麻疹疫苗，或者发病时4岁及以上并接种过2剂次麻疹疫苗。“部分接种”是指4岁及以上但仅接种过1剂次麻疹疫苗。病例发病前两周内接种的疫苗不纳入分析。对照组的免疫史、性别、土著地位等情况从ACIR数据库中获得。对照组在其匹配的病例发病前两周内如果接种过的疫苗被认为是无效剂次，但该对照仍属于研究对象。

## 统计方法

根据NNDSS系统的数据，简要描述1995–2012年期间的麻疹法定报告病例的趋势。

使用皮尔森卡方检验比较病例组和对照组特征的比较， $P < 0.05$ 表示有统计学意义。对年龄和居住地进行控制，进行条件logistic回归，估计接种1剂次、2剂次和至少接种1剂次麻疹疫苗的OR值。另外，通过分层分析，计算不同年龄组（0–5岁；6–10岁；

11–15岁）的疫苗保护效果。疫苗效果（VE）通过公式<sup>[9]</sup>  $VE = (1 - OR) * 100$ 计算。使用Stata 12.0版软件（Stata Corporation, College Station, TX, USA）进行统计分析。

因为NNDSS系统和ACIR数据库中的信息为去标识化的数据，而且澳大利亚联邦卫生部要求这些数据定期提供给NCIRS作为疾病监测信息，因此本研究不需要进行伦理审查。

## 敏感性分析

由于很多研究对象的免疫史不详，因此本研究开展了敏感性分析。首先将免疫史不详的所有研究对象均按照接种过疫苗进行分析，接种剂次按照相应年龄组接种的剂次计算；然后再将免疫史不详的所有研究对象均按照未接种疫苗进行分析；最后按照上文描述的方法计算疫苗效果。

## 结果

### 麻疹报告病例数的长期趋势

1995–2012年期间，共有4111例麻疹病例报告到NNDSS系统。1992年澳大利亚免疫规划项目中增加了麻疹第二剂次的接种，此后，由于开展了实现和维持麻疹消除的工作，使澳大利亚报告的麻疹病例数从20世纪90年代中后期以来持续保持下降。1995年报告的麻疹病例数为1182例，整个90年代除1997年外一直都呈现下降趋势。2000–2012年间，每年报告的病例数范围为10–199例（图1）。

从2000年开始，20-59岁年龄组的病例所占比例较多（平均占52.4%）。2011年和2012年报告病例中也显示了10-19岁年龄段组病例的比例有所增加（2011年为31.5%，2012年为25.6%）。2012年报告的大部分麻疹病例来源于新南威尔士州的暴发疫情，在那次暴发中，1岁以下婴幼儿病例的数量有所增加（占21.4%），而1岁以下的儿童还未到接种年龄。

### 研究人群

按照纳入标准，最初有769例病例符合条件，剔除2006年以前发病的病例以及1997年以前出生的病例或者发病时小于1岁的病例，还剩下207名。其中大多数病例为1-4岁组占40.1%，5-9岁组占30.4%，10-15岁组占29.5%。

18例病例由于免疫史不详未被纳入分析，其中一半以上病例为10-15岁组（占55.5%， $n=10$ ）。有7例纳入分析的病例因为在暴露后立即接种一剂次疫苗，他们被视为0剂次接种。最终，共有189例病例纳入疫苗效果分析（图2）。

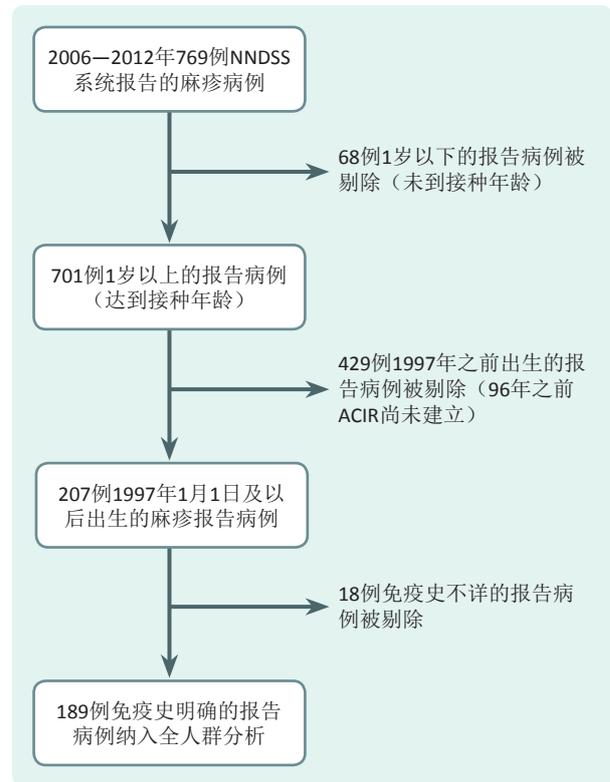
每例病例匹配20名对照，共有3780名对照。病例组和对照组在性别、社会地位等方面均无统计学差异（ $P=0.52$ ）。

### 疫苗效果评价

接种一剂次MMR疫苗的保护效果为96.7%（95%CI: 94.5-98.0%）。接种至少一剂次疫苗的效果为98.7%（95%CI: 97.9-99.2%），接种两剂次疫苗的效果为99.7%（95%CI: 99.2-99.9%）（表1）。

按照年龄分层分析结果显示，接种一剂次MMR疫苗时，对0-5岁组儿童的保护效果为97.9%（95%CI: 95.8-98.9%），对6-10岁组的保护效果为98.6%（95%CI: 91.8-99.8%），对11-15岁组的保护效果为82.7%（95%CI: 58.9-92.7%）。其中，对11-15岁组人群的保护率明显低于对0-5岁组的保护率。接种两剂次MMR疫苗时，对各年龄组的保护

图2. 澳大利亚2006—2012年疫苗效果分析的病例选择流程图



ACIR, 澳大利亚儿童免疫登记系统; NNDSS, 国家法定报告疾病监测系统。

效果从99.3%到99.8%不等，各组间差异无统计学意义（表2）。

### 敏感性分析

当把所有免疫史不详的病例划定为接种过疫苗者时，16例病例被认为接种两剂次，2例被认为接种一剂次。接种1剂次疫苗的保护效果为96.9%（95%CI: 94.9-98.1%），接种2剂次疫苗保护效果为99.1%（95%CI: 98.3-99.5%）。

当把免疫史不详的病例划定为未接种过疫苗者时，接种1剂次疫苗的保护效果为97.5%（95%

表1. 澳大利亚2006-2012年麻疹报告病例和匹配对照的免疫史和疫苗效果

剂次	病例数(%) $n = 189$	对照数(%) $n = 3780$	VE % (95% CI)
0	160 (84.7)	437 (11.6)	-
1	22 (11.6)	1403 (37.1)	96.7 (94.5-98.0)
至少1次	29 (15.3)	3343 (88.4)	98.7 (97.9-99.2)
2	7 (3.7)	1940 (51.3)	99.7 (99.2-99.9)

CI, 可信区间; VE, 疫苗效果。

表2. 澳大利亚2006–2012年麻疹报告病例和匹配对照按年龄分层的免疫史和疫苗效果

年龄 (岁)	剂次	病例数(%) n = 189	对照数(%) n = 3780	VE % (95% CI)
0–5	0	75 (39.7)	334 (8.8)	–
	1	11 (5.8)	1206 (31.9)	97.9 (95.8–98.9)
	2	1 (0.5)	200 (5.3)	99.7 (95.5–100.0)
6–10	0	53 (28.0)	55 (1.5)	–
	1	2 (1.1)	104 (2.8)	98.6 (91.8–99.8)
	2	3 (1.6)	1001 (26.5)	99.8 (99.0–100.0)
11–15	0	32 (16.9)	48 (1.3)	–
	1	9 (4.8)	93 (2.5)	82.7 (58.9–92.7)
	2	3 (1.6)	739 (19.6)	99.3 (97.5–99.8)

CI, 可信区间, VE, 疫苗有效性。

CI: 95.7–98.6%), 接种2剂次疫苗的保护效果为99.8% (95% CI: 99.5–99.9%) (表3)。

无论是将免疫史不详者按照接种处理, 还是按照未接种处理, 两种情况下得到的疫苗保护效果与初始计算的疫苗保护效果相比均无统计学差异。

## 讨论

疫苗效果评估对于评价免疫程序以及调整免疫程序都是非常重要的。尽管澳大利亚2006–2012年期间的麻疹传播不太可能是由于疫苗保护效果差导致的, 但定期开展疫苗效果评价以确认不是由于疫苗免疫失败造成麻疹传播是十分必要的。由于澳大利亚正在致力于维持麻疹消除状态 (广义的定义是指无本土麻疹病例的传播<sup>[11]</sup>), 因此了解麻疹传播持续发生的原因和过程非常重要, 同时展示所有能解释目前麻疹流行病学特征的证据也非常重要。本研究为提供这方面的证据作出重要贡献。

研究结果显示澳大利亚的麻疹疫苗是有效的 (总体来说, 接种至少1剂次疫苗的保护性可达98.7%)。本研究估计的疫苗保护效果与2006年新南威尔士州麻疹暴发后估计的疫苗保护率96%比较接近<sup>[5]</sup>, 与其它发达国家近期开展的相关研究结果也类似<sup>[12–14]</sup>, 但文献显示有一项研究比较特别, 是乌克兰2008年开展的一项研究, 是在全人群发生暴发的情况下开展的, 研究结果显示接种2剂次疫苗的保护效果为93.1%<sup>[15]</sup>。

选择偏倚和错误分类是影响疫苗效果评估的已知因素。尤其是病例定义、病例确认以及免疫史确认等问题都可能对评估结果产生影响<sup>[16]</sup>。本研究中, 通过使用标准化的法定报告程序以及使用敏感的病例定义来减少病例的丢失, 从而减少偏倚的产生。病例明显的临床症状、疾病的高传染性以及必须具有的实验室证据 (无论是可能病例还是确诊病例均要求) 可减少病例的错误分类<sup>[17]</sup>。疑似病例未被报告到NNDSS系统<sup>[18]</sup>。在使用去标识化的ACIR数据库选择对照时, 由于无明确的识别信息, 因此有可能导致病例被选中作

表3. 澳大利亚2006–2012年麻疹报告病例和匹配对照的免疫史和疫苗效果的敏感性分析

剂次	初始VE % (95% CI)			敏感性分析					
	病例数 (%) n = 189	对照数 (%) n = 3780	VE(95% CI)	VE % (95% CI) 将免疫史不详者*划定为未接种者			VE % (95% CI) 将免疫史不详者*划定为已接种者		
				病例数(%) n = 207	对照数(%) n = 4140	VE(95% CI)	病例数(%) n = 207	对照数(%) n = 4140	VE(95% CI)
0	160 (84.7)	437 (11.6)	–	160 (77.3)	476 (11.5)	–	178 (86.0)	476 (11.5)	–
1	22 (11.6)	1403 (37.1)	96.7 (94.5–98.0)	24 (11.6)	1478 (35.7)	96.9 (94.9–98.1)	22 (10.6)	1478 (35.7%)	97.5 (95.7–98.6)
2	7 (3.7)	1940 (51.3)	99.7 (99.2–99.9)	23 (11.1)	2186 (52.8)	99.1 (98.3–99.5)	7 (3.4)	2186 (52.8)	99.8 (99.5–99.9)

\* 18例免疫史不详者在最初分析时未被纳入。接种剂次按照相应年龄组应接种的剂次计算。

CI, 可信区间; VE, 疫苗效果。

为自己的对照。但是，由于数据库中符合匹配条件的对照有很多，而我们仅从中随机选择20名对照，因此发生这种情况的可能性还是非常低的。

免疫史是从每个州和地区报给NNDSS系统的信息中获得。尽管有时候免疫史也从医疗记录、ACIR数据库、或者自我报告的信息中获得，但是这些方法可能会带来回忆偏倚。有研究显示，家长回忆的免疫史会高估疫苗接种率，而要求提供填写的接种证明则可能会导致低估接种率<sup>[19,20]</sup>。新威尔士州2012年麻疹暴发疫情中病例记录提示，有时自我报告可以作为接种证明。本研究中，免疫史由NNDSS系统的登记信息决定。

本研究中，免疫史不详的病例数较高（占8.7%， $n=18/207$ ），这种情况可能主要是由于NNDSS数据的不完整所致。有研究表明ACIR的数据可能会低估第一剂及第二剂含麻疹成分疫苗的接种率，大约5%左右<sup>[21]</sup>。尽管敏感性分析结果与去除18例免疫史不详者的初始结果相比并无统计学差异，但仍提示免疫史记录的完整性应进一步提高。

最后，混杂因素也可能会影响本研究结果。本研究中的数据库无社会学等信息，因此无法对这些变量进行调整。但是，病例和对照是按照出生日期和居住地进行匹配的，而且病例组和对照组在性别或社会地位等因素方面无统计学差异。

如果澳大利亚近期的麻疹传播和暴发不是由于疫苗效果差所致，那么维持麻疹消除状态的主要问题可能就是疫苗接种率了。2010年，澳大利亚的24月龄儿童MMR接种率为93.9%，60月龄儿童接种率为89.1%；新南威尔士州24月龄儿童的接种率为93.8%，60月龄儿童接种率为89.3%<sup>[3]</sup>。但是这些总体接种率可能掩盖了某些接种率较低的地区。新南威尔士州北岸和悉尼东部按照医疗保险区域记录的24月龄儿童的最低接种率为89%，而悉尼东部记录的60月龄儿童的最低接种率则为84%<sup>[22]</sup>。这些地区的接种率均未达到WHO规定的维持麻疹消除所需的95%<sup>[18]</sup>。

2012年新威尔士的麻疹暴发揭示了仍存在免疫空白人群，病例主要是10–19岁人群（29.2%， $n=40/168$ ）和太平洋岛屿后代人群（21.4%， $n=36/168$ ）<sup>[4]</sup>。证据表明悉尼西南部有太平洋岛民背景的高中生在抵澳前后可能错过了儿童常规免疫程序<sup>[4]</sup>。虽然不同太平洋岛国的接种率不尽相同<sup>[23]</sup>，但

WHO和联合国儿童基金会对萨摩亚人2003–2011年期间的接种率开展调查，接种率在45%–67%范围内，仅在2012年超过了85%<sup>[23]</sup>。澳大利亚1998年开展的麻疹控制运动成功地接种了96%的目标学龄儿童，而且在澳大利亚出生的10–19岁组人群也都接种了两剂次含麻疹成分疫苗<sup>[24]</sup>。建议开展更多研究，以更好地了解该人群以及太平洋岛国后代人群的免疫空白情况，制定有针对性的免疫策略，提高免疫接种水平。

除了免疫空白人群，免疫力衰减可能也是近期麻疹暴发的一个原因。研究结果显示，11–15岁组人群接种1剂次麻疹疫苗的保护率为82.7%，低于0–5岁组儿童的保护率（99.7%）和6–10岁组儿童的保护率（98.6%）。这提示疫苗介导的免疫力在大龄组儿童中可能会衰减，尤其是当他们仅接种一剂次疫苗时<sup>[25,26]</sup>。

母传抗体介导的免疫力也可能会提前衰减。虽然本研究中未包括婴幼儿数据，但婴幼儿是麻疹感染和传播的高危人群。因此婴幼儿人群是我们全面了解麻疹流行病学特征的重要组成部分。2012年南威尔士发生的麻疹暴发中，1岁以下婴幼儿占21.4%（ $n=36$ 例）<sup>[4]</sup>。如果这确实表明了母传抗体的过早衰减，那么由于现在越来越多的母亲免疫力来源于麻疹疫苗而非自然感染，这可能是一个问题<sup>[27–30]</sup>。

尽管最近的血清学调查结果显示麻疹传播再生系数（ $R$ ）小于1，意味着由典型病例导致二代病例的平均数量低于传播域值，而且本土传播已经消除<sup>[31]</sup>，但2013年的一份报告显示，血清阳性率自1999年开始降低， $R$ 值可能会接近于1<sup>[32]</sup>，这对于澳大利亚维持麻疹消除来说可能是一个较大的退步。

## 结论

本研究不仅说明了免疫失败不是导致澳大利亚2006–2012年麻疹传播的原因，而且也对麻疹免疫规划项目进行了评价。本研究描述了麻疹消除阶段的流行病学特征，强调了免疫空白对麻疹流行的影响，并要求针对免疫空白人群进一步开展工作。此外，疫苗效果评价对维持公众和实施接种者的信心发挥了重要作用，这对于澳大利亚维持麻疹消除状态以及促进全球消除目标都是至关重要的。

## 利益冲突

无。

## 经费来源

无。

## 致谢

我们感谢澳大利亚联邦卫生部健康保护办公室卫生应急管理处疫苗可预防疾病监测组提供的国家法定疾病监测系统的数据，感谢澳大利亚医疗保险人口服务部提供的ACIR数据。

## 引用本文地址：

Pillbury A, Quinn H. An assessment of measles vaccine effectiveness, Australia, 2006–2012. *Western Pacific Surveillance and Response Journal*, 2015, 6(3): 43–50. doi:10.5365/wpsar.2015.6.2.007

## 参考文献

- National Centre for Immunisation Research and Surveillance (NCIRS). *Significant events in measles, mumps and rubella vaccination practice in Australia*. New South Wales, The University of Sydney, 2013 (<http://www.ncirs.edu.au/immunisation/history/Measles-mumps-rubella-history-December-2013.pdf>, accessed 15 June 2015).
- Australian Technical Advisory Group on Immunisation (ATAGI). *The Australian Immunisation Handbook, 10th edition*. Canberra, Australian Government Department of Health and Ageing, 2013 (<http://www.immunise.health.gov.au/internet/immunise/publishing.nsf/Content/Handbook10-home>, accessed 15 June 2015).
- Hull B et al. Annual immunisation coverage report, 2010. *Communicable Diseases Intelligence Quarterly Report*, 2013, 37:E21–39. PMID:23692156
- Najjar Z et al. Sustained outbreak of measles in New South Wales, 2012: risks for measles elimination in Australia. *Western Pacific Surveillance and Response Journal*, 2014, 5(1):14–20. doi:10.5365/wpsar.2013.4.4.001 PMID:25635228
- Sheppard V et al. Vaccine failures and vaccine effectiveness in children during measles outbreaks in New South Wales, March–May 2006. *Communicable Diseases Intelligence Quarterly Report*, 2009, 33:21–26. PMID:19618764
- Australian national notifiable diseases case definitions: measles case definition*. Canberra, Australian Government Department of Health and Ageing, 2004 ([http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/cda-surveil-nndss-casedefs-cd\\_measl.htm](http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/cda-surveil-nndss-casedefs-cd_measl.htm), accessed 15 June 2015).
- Hull BP, Deeks SL, McIntyre PB. The Australian Childhood Immunisation Register-A model for universal immunisation registers? *Vaccine*, 2009, 27:5054–5060. doi:10.1016/j.vaccine.2009.06.056 PMID:19576945
- Quinn HE et al. Duration of protection after first dose of acellular pertussis vaccine in infants. *Pediatrics*, 2014, 133:e513–519. doi:10.1542/peds.2013-3181 PMID:24515514
- Orenstein WA et al. Field evaluation of vaccine efficacy. *Bulletin of the World Health Organization*, 1985, 63:1055–1068. PMID:3879673
- Number of notifications of measles, received from state and territory health authorities in the period of 1991 to 2012 and year-to-date notifications for 2013*. Canberra, National Notifiable Diseases Surveillance System (NNDSS), 2013.
- Field guidelines for measles elimination*. Manila, World Health Organization Regional Office for the Western Pacific, 2004 ([http://www.wpro.who.int/publications/docs/FieldGuidelines\\_for\\_MeaslesElimination\\_OF24.pdf](http://www.wpro.who.int/publications/docs/FieldGuidelines_for_MeaslesElimination_OF24.pdf), accessed 15 June 2015).
- Arenz S et al. Effectiveness of measles vaccination after household exposure during a measles outbreak: a household contact study in Coburg, Bavaria. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 2005, 24:697–699. doi:10.1097/01.inf.0000172900.70430.c2 PMID:16094223
- Wichmann O et al. Large measles outbreak at a German public school, 2006. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 2007, 26:782–786. doi:10.1097/INF.0b013e318060aca1 PMID:17721371
- Yeung LF et al. A limited measles outbreak in a highly vaccinated US boarding school. *Pediatrics*, 2005, 116:1287–1291. doi:10.1542/peds.2004-2718 PMID:16322148
- Velicko I et al. Nationwide measles epidemic in Ukraine: the effect of low vaccine effectiveness. *Vaccine*, 2008, 26:6980–6985. doi:10.1016/j.vaccine.2008.09.012 PMID:18805455
- Torvaldsen S, McIntyre PB. Observational methods in epidemiologic assessment of vaccine effectiveness. *Communicable Diseases Intelligence Quarterly Report*, 2002, 26:451–457. PMID:12416713
- Hinman AR, Orenstein WA, Papania MJ. Evolution of measles elimination strategies in the United States. *The Journal of Infectious Diseases*, 2004, 189 Suppl 1:S17–22. doi:10.1086/377694 PMID:15106084
- Heywood AE et al. Elimination of endemic measles transmission in Australia. *Bulletin of the World Health Organization*, 2009, 87:64–71. doi:10.2471/BLT.07.046375 PMID:19197406
- Lister S et al. Immunisation coverage in Australian children: a systematic review 1990–1998. *Communicable Diseases Intelligence*, 1999, 23:145–170. PMID:10432761
- Hawe P. Measles control: a best-practice challenge in public health. *Australian Journal of Public Health*, 1994, 18: 241–243. doi:10.1111/j.1753-6405.1994.tb00237.x PMID:7841249