

# 儿童阻塞性睡眠呼吸暂停综合症 统计判别分析研究

# 报告提纲

- 研究背景
- 数据
- 研究方法与结果
- 交叉核实分析
- 比较与讨论

# 研究背景

## ● 阻塞性睡眠呼吸暂停综合症（OSAS）

阻塞性睡眠呼吸暂停综合症（**Obstructive Sleep Apnea Syndrome, OSAS**）是以睡眠时上气道阻塞为特征，通常伴有血氧饱和度下降和（或）高碳酸血症。

该症在儿童中是一种较常见的疾病，如果不及及时治疗，可能导致生长障碍、心血管疾病、注意力不集中、学习能力差、认知功能障碍等等，在儿科界已日益受到重视。

# 研究背景

## ● 原发性鼾症（PS）

**OSAS**最常见的临床表现是打鼾，但并不是所有打鼾的儿童都有**OSAS**。有些儿童虽然夜间打鼾，但其睡眠结构、肺泡的通气以及氧合并未发生异常改变，在睡眠医学中被称为原发性鼾症（PS）。

文献报道，儿童**OSAS**的发生率为2%，而鼾症的发生率为20%。因此，把**OSAS**和**PS**区分开来非常重要，因为前者应及早诊断和治疗，而后者无需处理。

# 研究背景

## ● 研究问题

多导睡眠检测仪（**PSG**）是诊断**OSAS**的标准方法（即医学“**金标准**”）。以呼吸暂停/低通气指数（**AHI**）大于**5**作为儿童**OSAS**的诊断标准，以此把所有患儿分成**OSAS**组和非**OSAS**组。但这种诊断方法费用高、需要大量的人力整夜监测和检测，等待时间长，不利于儿童及时进行治疗。

因此，利用儿童的其它非**PSG**指标来对**OSAS**进行筛查对医务工作者有吸引力和应用价值。

# 数据

---

- 数据结构

1. 临床调查**22**项

2. 体格检查**11**项

3. **AHI**值

# 数据

## ● 数据结构

- 临床病状数据：22项，取值1或0（打勾）
- 夜间睡眠情况：

打鼾病史>1年、打鼾次数>3夜/周、鼾声严重影响他人、呼吸窘迫、用力呼吸、吸气三凹征阳性、胸腹矛盾呼吸、口唇紫绀、家长目睹呼吸暂停、大汗、睡眠不安、遗尿、睡眠质量差
- 白天症状：

晨起头痛、白天困倦、行为异常、在学校成绩差、晨起难唤醒、午睡时间>1小时、睡眠姿势怪异、鼻塞、反复咽痛或口干

# 数据

## ● 数据结构

- 体格检查数据：11项，取值1或0

肥胖（**BMI**> 百分位）、遗传代谢病症特殊面容、腺样体面容、鼻中甲肥厚肿胀、中面部发育不良、小下颌畸形或下颌后缩、鼻息肉、高腭弓、张口呼吸、扁桃体肥大**>3**度、颈部侧位**X**线平片示上气道阻塞

- **AHI**数据：



# 数据及预处理

## ● 数据预处理

1. 临床检查数据**22**项，相加  $X_1$
2. 体格检查数据**11**项，相加  $X_2$
3. 医检数据， $X_3 = X_1 + X_2$
4. 是否**OSAS**， $Y$

# 预处理后数据

- 共**50**例鼾症患儿，其中，**OSAS**组**31**例，非**OSAS**组**19**例
- 如何利用协变量（得分， $X_1, X_2, X_3$ ），对响应变量（是否患病， $Y$ ）进行统计判别

# 预处理后数据

OSAS (Y)	$X_1$	$X_2$	$X_3$	OSAS (Y)	$X_1$	$X_2$	$X_3$
0	6	4	10	1	10	2	12
1	8	1	9	1	8	4	12
0	5	0	5	0	8	2	10
0	6	0	6	1	13	5	18
1	15	4	19	1	9	4	13
1	8	2	10	1	8	2	10
0	9	2	11	1	8	4	12
1	17	5	22	0	2	3	5
0	8	1	9	1	13	4	17
1	6	2	8	1	8	5	13
1	9	3	12	1	7	2	9
0	8	1	9	1	15	4	19
0	7	1	8	1	4	2	6
1	11	4	15	1	2	3	5
1	14	3	17	1	13	2	15
1	9	1	10	0	3	3	6
1	13	3	16	1	10	2	12
0	16	3	19	1	8	0	8
1	7	5	12	0	7	1	8
0	12	0	12	0	4	1	5
1	8	3	11	0	3	2	5
0	14	2	16	0	3	2	5
1	13	4	17	1	12	4	16
0	11	1	12	1	7	5	12
0	4	2	6	1	5	2	7

# 已有研究成果

方法：T检验和Fisher精确检验

结果：6项指标有显著差异

临床资料总记分有显著差异

ROC曲线显示，若总记分大于8，  
则患病可能性增加

# 已有研究成果

临床资料	OSAS	非OSAS	合 计
阳性	26	9	35
阴性	6	10	16
合计	32	19	51

误判率:  $29.41\% \approx (6+9) / 51$

灵敏度:  $81.25\% \approx 26 / 32$

特异度:  $52.63\% \approx 10 / 19$

# 研究方法

---

- Fisher线性判别
- Logistic回归判别
- 树形方法
- 支持向量机 (SVM)

# Fisher线性判别

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \cdots + a_mX_m$$

判别准则：  $Y$  大于0.5时，判定患病；  
反之，判定正常。

$$Y = 0.04100 + 0.02294X_1 + 0.14957X_2$$

# Fisher线性判别结果

临床资料	OSAS	非OSAS	合 计
阳性	25	7	32
阴性	6	12	18
合计	31	19	50

误判率:  $26\% = (7+6) / 50 (\%)$

灵敏度:  $80.65\% = 25 / 31 (\%)$

特异度:  $63.16\% = 12 / 19 (\%)$



# Logistic回归判别

$$P\{\text{事件} | X\} = \frac{\exp(Z)}{1 + \exp(Z)},$$

其中:  $X=(X_1, X_2, \dots, X_m)$ ,  $Z=b_0+b_1X_1+b_2X_2+\dots+b_mX_m$

**判别准则:** 概率大于0.5时, 判定患病;  
反之, 判定正常。

$$Z = -2.6446 + 0.1436X_1 + 0.8491X_2$$

# Logistic回归判别结果

临床资料	OSAS	非OSAS	合 计
阳性	25	7	32
阴性	6	12	18
合计	31	19	50

误判率: 26%

灵敏度: 80.65%

特异度: 63.16%

# 树形方法

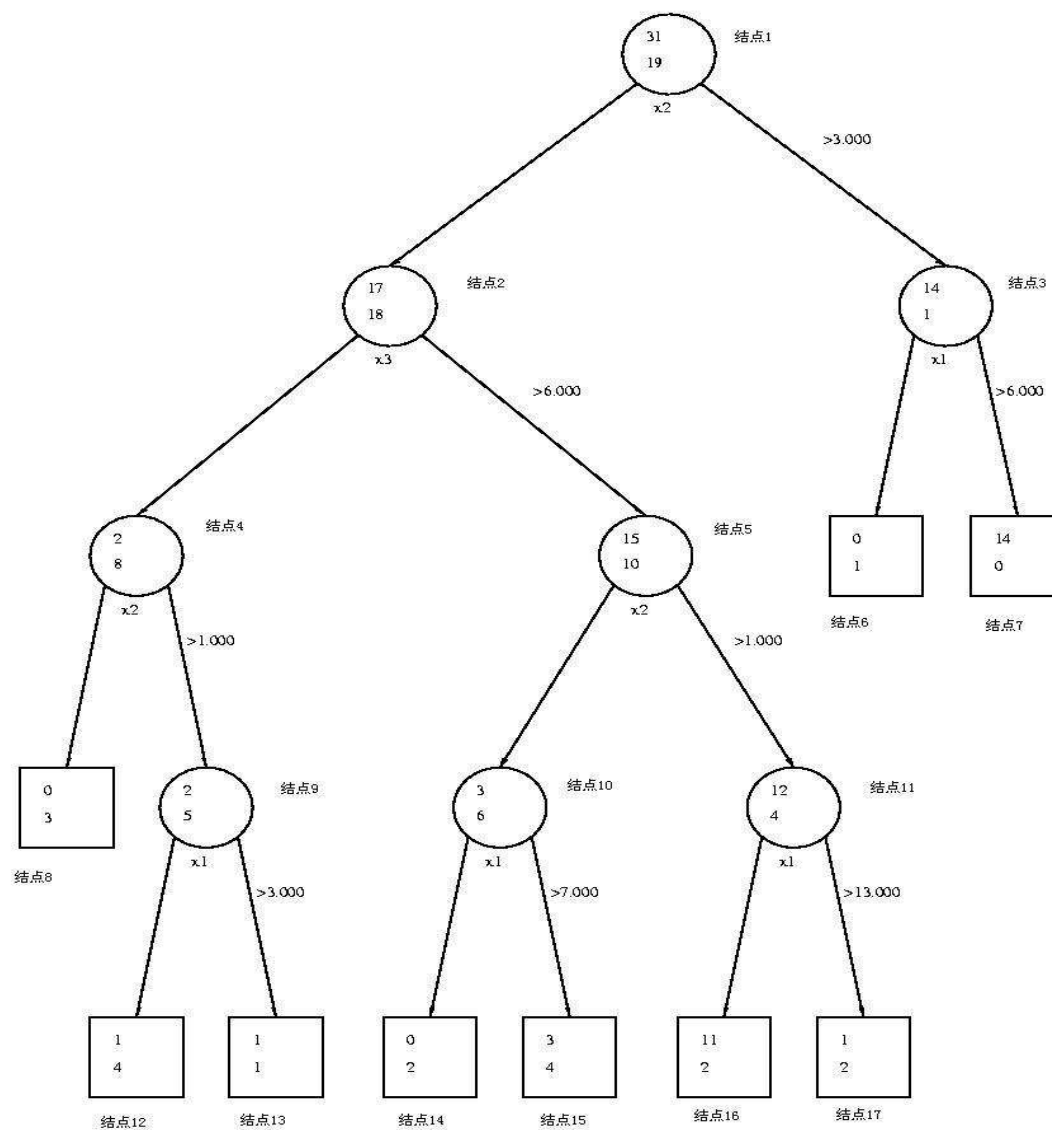
- 基本知识
- 结点纯度

$$i = -p \log(p) - (1 - p) \log(1 - p)$$

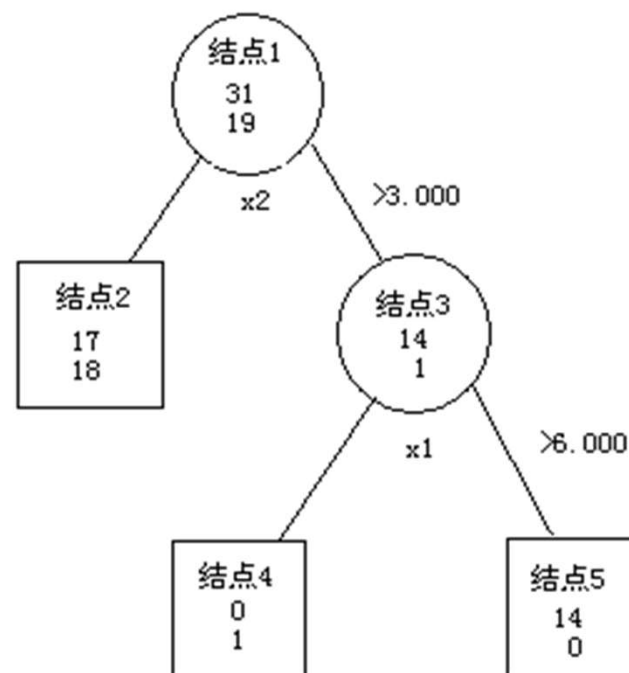
- 划分的质量

$$I = i_c - P_a i_a - (1 - P_a) i_b$$

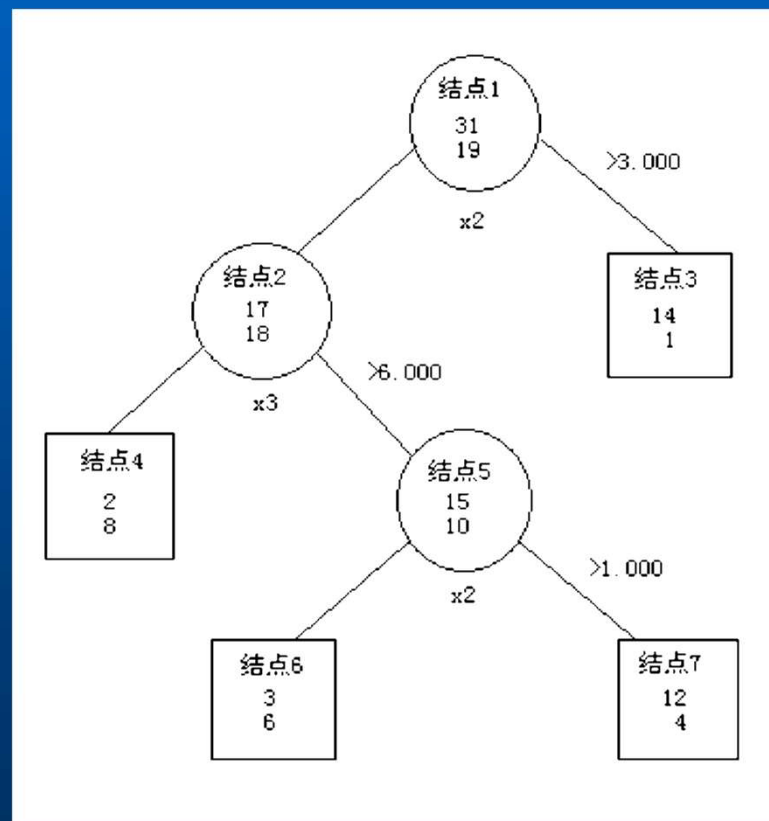
# 实际操作



# 实际操作



# 判别准则



# 树形方法的判别结果

临床资料	OSAS	非OSAS	合 计
阳性	26	5	31
阴性	5	14	19
合计	31	19	50

误判率: 20%

灵敏度: 83.87%

特异度: 73.68%

# 支持向量机

- 基本思想：

支持向量机（**support vector machine, SVM**）是一种基于使用边缘裕量（**margin**）来训练的线性机。它依赖于对数据的预处理，即在更高维的空间表达模式，并且通常要比原来的特征空间的维数高很多。



# 支持向量机

## ● 思路:

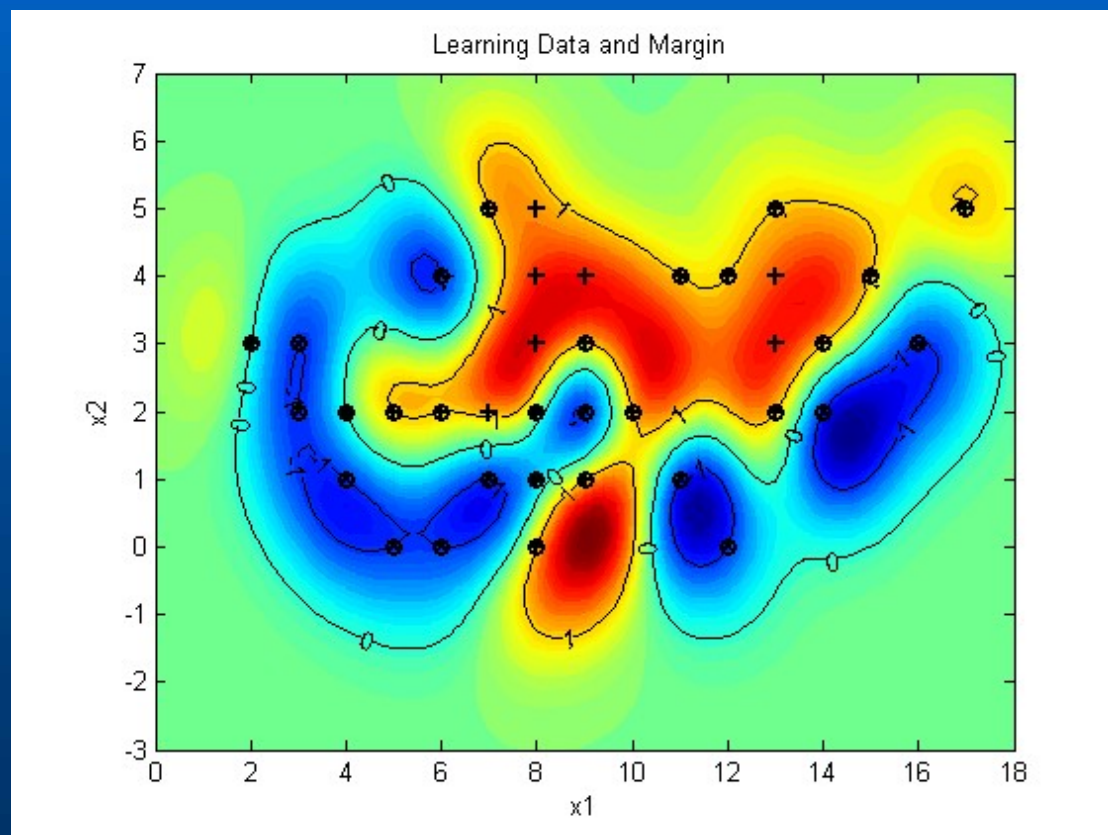
选取一个适当的且足够高维的非线性映射 $\varphi$ ，将每个样本 $X$ 作变换，得到新的样本 $Y = \varphi(X)$ ，然后对新的样本来寻找一个超平面分割两类总体。

$\varphi$  也被称为基函数（可以等价地转换为核函数）。

判别函数:  $g(Y) = \text{sgn}(a^T Y + b)$

求解:  $(a, b)$

# 支持向量机



基于高斯核（径向基）

# 支持向量机的判别结果

临床资料	OSAS	非OSAS	合 计
阳性	28	1	29
阴性	3	18	21
合计	31	19	50

误判率: 8%

灵敏度: 90.32%

特异度: 94.74%

# 交叉核实分析

---

- 分组（随机分成**5**组，样本量尽可能均衡）
- 重新训练（**4**组训练）
- 计算判别水平（**1**组测试）

# Fisher线性判别的交叉核实

- 第一次  
误判率: **32%**  
灵敏度: **77.42%**, 特异度: **52.63%**
- 第二次  
误判率: **32%**  
灵敏度: **80.65%**, 特异度: **47.37%**

# Logistic回归判别的交叉核实

- 第一次  
误判率: **30%**  
灵敏度: **80.65%**, 特异度: **52.63%**
- 第二次  
误判率: **30%**  
灵敏度: **83.87%**, 特异度: **47.37%**

# 树形方法的交叉核实

- 第一次  
误判率: **22%**  
灵敏度: **90.32%**, 特异度: **57.89%**
- 第二次  
误判率: **24%**  
灵敏度: **87.10%**, 特异度: **57.89%**

# 支持向量机的交叉核实

- 第一次  
误判率: **38%**  
灵敏度: **70.96%**, 特异度: **47.36%**
- 第二次  
误判率: **36%**  
灵敏度: **80.65%**, 特异度: **36.84%**



# 比较和讨论

## 全样本训练

	误判率	灵敏度	特异度
T检验和Fisher精确检验	30%	81.25%	52.63%
Fisher线性判别	26%	80.65%	63.16%
Logistic回归判别	26%	80.65%	63.16%
树形法	20%	83.87%	73.68%
支持向量机	8%	90.32%	94.74%

# 比较和讨论

## 交叉核实

	误判率	灵敏度	特异度
Fisher线性判别	32%	79.04%	50.00%
Logistic回归	30%	82.26%	50.00%
树形方法	23%	88.71%	57.89%
支持向量机	37%	75.81%	42.11%

# 比较和讨论

## **Fisher**线性判别和**Logistic**回归判别:

两者训练结果相同，比已有研究结果有所提高，但改进不大，特别是特异度都只有**60%**多，与临床应用的要求尚有差距。

# 比较和讨论

## 树形方法:

1. 训练结果有提高，特别是在特异度上分别有高达近**40%**和**16%**的增幅；
2. 交叉核实结果与训练结果差别不大，表明训练结果基本可以反映真实的判别水平，表现稳定；
3. **83.87%**的灵敏度和**73.68%**的特异度可以满足临床应用的要求，而且易于理解和操作。

# 比较和讨论

## 支持向量机方法:

1. 训练结果最好，但交叉核实结果与训练结果差别很大，表明其推广能力有限，即实际预测水平可能不会太好。
2. 判别准则难于被实际工作者理解和使用，操作性差。