

从生物力学观点初步探讨颈椎病的发病机制

中医研究院骨伤科研究所

张长江 李宜谋 丁 龙 李金学

中国科学院力学研究所

钱民全 陶祖莱 盛家宁

摘 要

本文从分析 2000 例颈椎病的 X 线照片, 又从尸体解剖观察了与颈部活动有关的肌肉群分布, 以后又把头—颈部看成是联结在胸部锁骨上的一个变截面的悬臂梁, 在这种简化模型的基础上作了颈部的受力分析, 初步探讨了某些颈椎病的发病的力学机制。

一、引言

为了探讨颈椎病的发病机制及阐明临床上为什么颈椎骨质增生, 椎间盘蜕变在颈₅₋₆。发生最多; 为什么有的病人颈椎 X 线片骨质增生很明显而无临床症状, 有的无骨质增生而临床症状很重, 也就是说骨质增生与颈椎病的关系是什么; 颈椎病经手法或手术治疗后, 为什么颈曲恢复正常或恢复代偿性颈曲则疗效较佳, 而颈曲没有恢复则疗效差或无效? 我们分析了 2000 例颈椎病的 X 线表现照片, 又从尸体解剖观察了与颈部活动有关的肌肉群分布, 以后又把头—颈部看成是一个联接在胸部锁骨上的变截面的悬臂梁, 在这种简化的模型基础上作颈部受力分析, 从而为探讨颈椎病发病的机制提供了一定的依据。

二、颈椎病 2000 例 X 线照片的分析结果

我们对 2000 例颈椎病患者的 X 线片作了分析, 其中男性 1113 例, 女性 887 例。颈椎 X 线所见: 椎间隙变窄者 1113 例 (55.65%), 其中颈₅₋₆。变窄者 723 处, 颈₆₋₇ 变窄者 264 处, 两者占 88.6%; 钩椎关节增生者 317 例 (15.85%), 椎体增生者 561 例 (28.05%), 其中颈₅₋₆。增生者 644 例 (73.3%); 颈曲改变者 1918 例 (95.9%), 其中颈曲变直 400 例 (20%), 反张 262 例 (13.66%), 中断、成角和滑移者 1256 例, 其中以颈₄为中的颈₃₋₄和颈₄₋₅。有 1067 例 (84.9%), 详见表 1。

三、尸体解剖观察与颈部活动有关的肌群分布

为了了解与颈部活动有关的肌群分布, 我们作了尸体解剖观察。在颈椎外围为使颈部运动, 有长短不一, 大小不同的肌肉 40 余条, 从运动解剖学的角度来看, 以头屈、头后仰和与颈部有关的使上肢肩胛运动的肌群进行重点观察, 见图 1。

从颈部使头屈 (前俯) 的肌群包括: 头长肌、颈长肌、头前直肌、头侧直肌, 尤其颈长肌在颈₁₋₂。之间分别止于椎体和横突, 如一侧肌肉收缩时, 在同样拉力下, 因为臂不等而易使颈₁与颈₂之间分别受力不均而产生旋转移位。使头后仰的肌群包括: 斜方肌, 胸锁乳突

表 1

2000 例颈椎病变 X 线片分析

情 况		病 变		颈 变		曲 改 变		椎 间 隙 变 窄		骨 质 增 生																																																																		
性 别	例 数	男	女	总 数	反 变 直	张	中 断、成 角、滑 移		颈 3—4	颈 4—5	颈 5—6	颈 6—7	合 计	钩 椎 节	椎 体	合 计																																																												
							3—4	4—5									5—6	6—7																																																										
	1113	887	2000	400	262	258	809	184	5	1918	38	88	723	264	1113	317	561	878																																																										
占 2000 人 中 的 (%)	55.65	44.35	100	20	13.1	12.9	40.45	9.2	0.25	95.90	1.9	4.4	36.15	13.2	55.65	15.86	28.05	43.9																																																										
备 注		<p>颈曲改变 1918 人中，中断、成角、成角滑移共 1256 人。占 1918 人中的 65.48%，1256 人中相应颈椎病变占的百分比如下：</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>颈 3—4</td> <td>$\frac{258}{1256} \left(\frac{809}{1256} \right) \left(\frac{184}{1256} \right) \left(\frac{5}{1256} \right)$</td> <td>20.5%</td> <td>64.4%</td> <td>14.6%</td> <td>0.3%</td> </tr> <tr> <td>颈 4—5</td> <td>$\frac{38}{1256} \left(\frac{88}{1256} \right) \left(\frac{723}{1256} \right) \left(\frac{264}{1256} \right)$</td> <td>3.44%</td> <td>7.91%</td> <td>64.96%</td> <td>23.71%</td> </tr> <tr> <td>颈 5—6</td> <td>$\frac{88}{1256} \left(\frac{723}{1256} \right) \left(\frac{264}{1256} \right) \left(\frac{1113}{1256} \right)$</td> <td>7.91%</td> <td>64.96%</td> <td>23.71%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>颈 6—7</td> <td>$\frac{5}{1256} \left(\frac{264}{1256} \right) \left(\frac{1113}{1256} \right) \left(\frac{1113}{1256} \right)$</td> <td>0.3%</td> <td>23.71%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>合 计</td> <td>$\frac{1256}{1256} \left(\frac{1256}{1256} \right) \left(\frac{1256}{1256} \right) \left(\frac{1256}{1256} \right)$</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> </table> <p>椎间隙变窄 1113 人中相应颈椎病变占的百分比如下：</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>颈 3—4</td> <td>$\frac{38}{1113} \left(\frac{88}{1113} \right) \left(\frac{723}{1113} \right) \left(\frac{264}{1113} \right)$</td> <td>3.44%</td> <td>7.91%</td> <td>64.96%</td> <td>23.71%</td> </tr> <tr> <td>颈 4—5</td> <td>$\frac{88}{1113} \left(\frac{723}{1113} \right) \left(\frac{264}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$</td> <td>7.91%</td> <td>64.96%</td> <td>23.71%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>颈 5—6</td> <td>$\frac{723}{1113} \left(\frac{264}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$</td> <td>64.96%</td> <td>23.71%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>颈 6—7</td> <td>$\frac{264}{1113} \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$</td> <td>23.71%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>合 计</td> <td>$\frac{1113}{1113} \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> </table> <p>骨质增生的 878 人中，有 644 人是颈 5—6，骨质增生所占百分比为：$\frac{644}{878} = 73.3\%$</p>															颈 3—4	$\frac{258}{1256} \left(\frac{809}{1256} \right) \left(\frac{184}{1256} \right) \left(\frac{5}{1256} \right)$	20.5%	64.4%	14.6%	0.3%	颈 4—5	$\frac{38}{1256} \left(\frac{88}{1256} \right) \left(\frac{723}{1256} \right) \left(\frac{264}{1256} \right)$	3.44%	7.91%	64.96%	23.71%	颈 5—6	$\frac{88}{1256} \left(\frac{723}{1256} \right) \left(\frac{264}{1256} \right) \left(\frac{1113}{1256} \right)$	7.91%	64.96%	23.71%	100%	颈 6—7	$\frac{5}{1256} \left(\frac{264}{1256} \right) \left(\frac{1113}{1256} \right) \left(\frac{1113}{1256} \right)$	0.3%	23.71%	100%	100%	合 计	$\frac{1256}{1256} \left(\frac{1256}{1256} \right) \left(\frac{1256}{1256} \right) \left(\frac{1256}{1256} \right)$	100%	100%	100%	100%	颈 3—4	$\frac{38}{1113} \left(\frac{88}{1113} \right) \left(\frac{723}{1113} \right) \left(\frac{264}{1113} \right)$	3.44%	7.91%	64.96%	23.71%	颈 4—5	$\frac{88}{1113} \left(\frac{723}{1113} \right) \left(\frac{264}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$	7.91%	64.96%	23.71%	100%	颈 5—6	$\frac{723}{1113} \left(\frac{264}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$	64.96%	23.71%	100%	100%	颈 6—7	$\frac{264}{1113} \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$	23.71%	100%	100%	100%	合 计	$\frac{1113}{1113} \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$	100%	100%	100%	100%
颈 3—4	$\frac{258}{1256} \left(\frac{809}{1256} \right) \left(\frac{184}{1256} \right) \left(\frac{5}{1256} \right)$	20.5%	64.4%	14.6%	0.3%																																																																							
颈 4—5	$\frac{38}{1256} \left(\frac{88}{1256} \right) \left(\frac{723}{1256} \right) \left(\frac{264}{1256} \right)$	3.44%	7.91%	64.96%	23.71%																																																																							
颈 5—6	$\frac{88}{1256} \left(\frac{723}{1256} \right) \left(\frac{264}{1256} \right) \left(\frac{1113}{1256} \right)$	7.91%	64.96%	23.71%	100%																																																																							
颈 6—7	$\frac{5}{1256} \left(\frac{264}{1256} \right) \left(\frac{1113}{1256} \right) \left(\frac{1113}{1256} \right)$	0.3%	23.71%	100%	100%																																																																							
合 计	$\frac{1256}{1256} \left(\frac{1256}{1256} \right) \left(\frac{1256}{1256} \right) \left(\frac{1256}{1256} \right)$	100%	100%	100%	100%																																																																							
颈 3—4	$\frac{38}{1113} \left(\frac{88}{1113} \right) \left(\frac{723}{1113} \right) \left(\frac{264}{1113} \right)$	3.44%	7.91%	64.96%	23.71%																																																																							
颈 4—5	$\frac{88}{1113} \left(\frac{723}{1113} \right) \left(\frac{264}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$	7.91%	64.96%	23.71%	100%																																																																							
颈 5—6	$\frac{723}{1113} \left(\frac{264}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$	64.96%	23.71%	100%	100%																																																																							
颈 6—7	$\frac{264}{1113} \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$	23.71%	100%	100%	100%																																																																							
合 计	$\frac{1113}{1113} \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right) \left(\frac{1113}{1113} \right)$	100%	100%	100%	100%																																																																							

肌、头夹肌、头最长肌、头后大直肌、头后小直肌和头上斜肌，从各肌肉起止点来看，头后大直肌、头后小直肌、头上斜肌肌束较小，头夹肌、斜方肌在整个颈椎均匀分布，胸锁乳突肌在颈椎上无附着点，然而颈夹肌起于胸₃₋₆止于颈₂₋₃横突。头长肌起于颈₆₋₇止于乳突，因此相比之下颈₄椎体比较薄弱。

与颈部有关使肩胛骨运动的肌群中方肌起点分布于整个项韧带，受力均匀，而菱形肌、从颈₆₋₇、胸₁₋₄止于肩胛骨脊柱缘，可使肩胛骨内收、上提、下回旋。肩胛提肌从颈₁₋₄横突，止于肩胛骨内侧面角，近端收缩使肩胛骨上提及下回旋，远端收缩使头同侧屈，二侧收缩使颈伸直，在活动中颈₆相对来说比较薄弱。

从以上肌肉动力学观察可知，第4、5节颈椎稳定性最差，因此在外伤和软组织疲劳损伤，肌肉痉挛所导致的内外平衡失调时，甚易造成以颈₄。为主的颈曲线的改变。

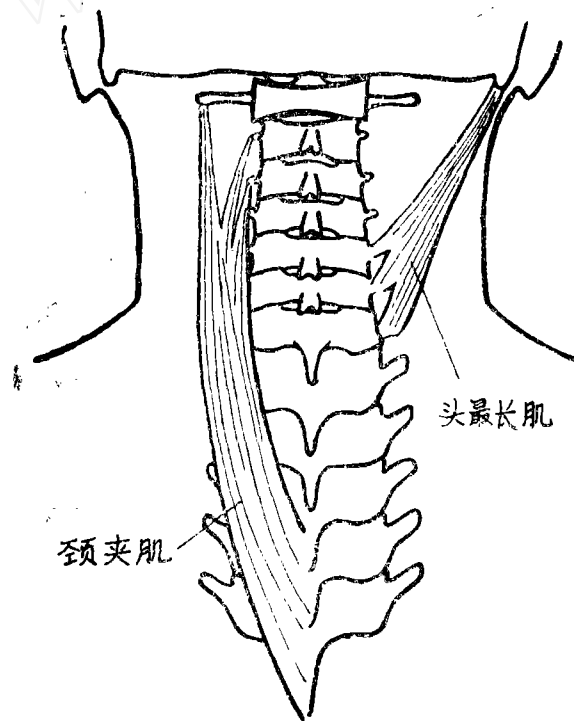
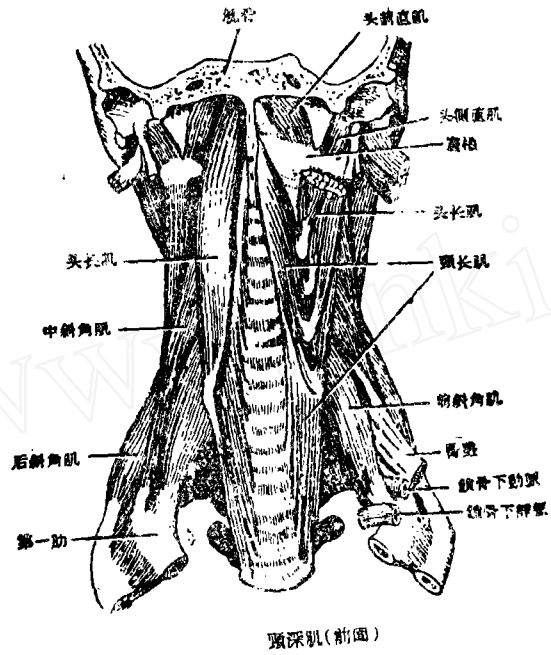


图 1a 颈部肌群分布

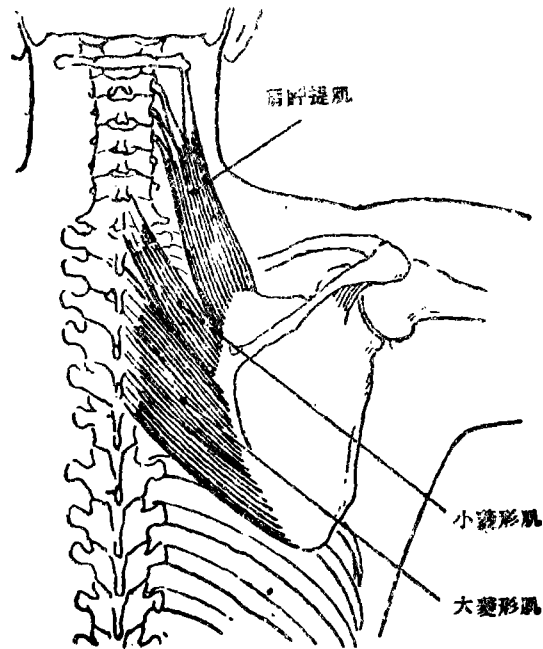
四、颈部的简化模型受力分析

为了适应颈部的多种活动功能，颈部结构是相当复杂的，要仔细地作颈部受力分析当然是非常困难的。我们为了了解颈部受力的最主要的特征，在我们观察了人的头部、颈部和胸部的外形、解剖和它们受力情况以后，提出了一个简化模型：把人的头—颈部看成是联结在胸部锁骨上的一个变截面的悬臂梁（见图2）。



颈深肌(前面)

图 1 b



肩带后面深层肌(右侧)

图 1 c

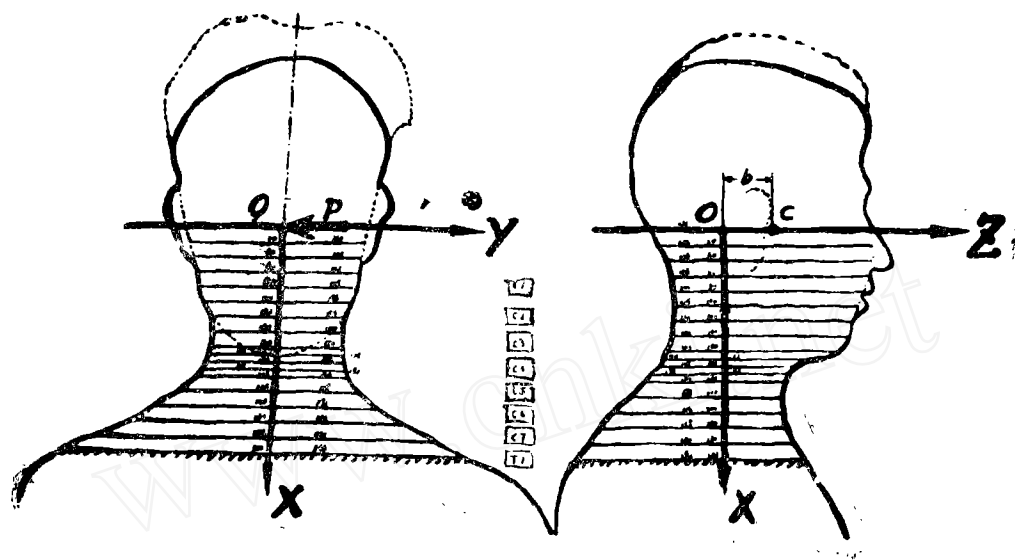


图2 人的头一颈部简化模型上的坐标与相对尺寸

在这种简化模型基础上, 让我们来考察一下颈椎错位的过程, 人的头部在一定的力(可以是集中力、冲击力, 或者是由于加速度引起的惯性力等等)作用下, 在人的头一颈部变截面悬臂梁上, 由作用力引起的弯矩 M 作用下引起的正应力 σ 就有可能使颈椎受到拉伸 Δl ; 在剪力 τ 作用下, 可能使颈椎偏移 Δs , 在扭矩作用下, 可能使颈椎扭转 $\Delta\theta$ 。如果颈椎不能自动恢复到正常位置的话, 那么颈椎就有可能产生错位。如果颈部在强制拉伸后, 只有强制的剪切力作用, 则颈椎只发生偏移错位, 而无扭转错位; 而只有强制的扭矩作用时, 则颈椎只发生扭转错位, 而无偏移错位了。如果强制的剪切力和强制的扭矩兼而有之, 则颈椎就可能既有偏移错位, 又有扭转错位了。

我们的颈椎错位手法复位的临床实践^{1,2}, 也可以用上面颈椎错位时的力学原理作类似的说明。颈椎错位手法复位时, 医生也是先对颈部进行牵引, 施加弯矩于头颈部, 使颈椎受到拉伸, 视患者是偏移错位还是扭转错位, 或者两者兼有, 医生施加反向的强制剪切力或/和强制扭矩, 使其恢复到正常位置。

在医生施行颈椎错位手法复位时, 为了得到复位力的大致数量级。我们曾在医生复位手指上安置压电晶体片装置测量力的大小。由于患者男女年龄不一, 病情各不相同等生理原因, 以及仪器精度的影响, 我们测得的复位力数值在1—9公斤范围内, 一般为2—4公斤²。

为了说明头一颈部变截面悬臂梁受力的情况, 我们以侧向集中力 P 作用在头一颈部在侧面重心的 C 点。坐标如图2所示, 坐标原点 O 与重心 C 相距 $OC = b$, 在 P 力的作用下, 在 OX 轴上的长度为 L 的梁上点 X 受到的弯矩为:

$$M(x) = Px \quad (1)$$

根据变截面悬臂梁上在 X 截面上受到的正应力公式³:

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad (2)$$

其中 S 为截面模量, 对于圆形截面梁

$$S = \frac{\pi d^3}{32} \quad (3)$$

其中 d 为圆柱梁圆截面的直径, 我们这里的头—颈部变截面梁, 可以取平均直径

$$d_c = \frac{1}{2} (d_1 + d_2) \quad (4)$$

或者取等效直径

$$d_e = \sqrt{d_1 \cdot d_2} \quad (5)$$

来近似。其中 d_1 和 d_2 为正面 (OZ 轴向) 和侧面 (OY 轴向) 在 OX 坐标上 X 处的直径,

(5) 式的几何意义是把人的头—颈部看成是近似椭圆截面, 由圆截面等效 $\frac{1}{4} \pi d_1 d_2 = \frac{1}{4} \pi d_e^2$ 而来。这样由 (2) 式:

$$\sigma(x) = \frac{M(x)}{S(x)} = \frac{PX}{\frac{\pi d^3}{32}} \quad (6)$$

如果由平均直径计算:

$$\sigma(x) = \frac{PX}{\frac{\pi [\frac{1}{2} (d_1 + d_2)]^3}{32}} = \frac{32P}{\pi} \frac{X}{[\frac{1}{2} (d_1 + d_2)]^3} \quad (7)$$

或者如果由等效直径计算:

$$\sigma(x) = \frac{PX}{\frac{\pi (d_1 d_2)^{\frac{3}{2}}}{32}} = \frac{32P}{\pi} \frac{X}{(d_1 d_2)^{\frac{3}{2}}} \quad (8)$$

我们对人的头—颈部投影按比例测量计算的数据如表 2 所示。因为 (7) 和 (8) 式中 $\frac{32P}{\pi}$ 是确定的值, 应力分布 $\sigma(x)$ 主要决定于 $\frac{X}{[\frac{1}{2} (d_1 + d_2)]^3}$ 和 $\frac{X}{(d_1 \cdot d_2)^{\frac{3}{2}}}$, 所以计算时只列此数, 就能看出人的头—颈部 OX 轴上应力的相对大小了。

通过计算表明, 在集中力的作用下, 弯矩引起的正应力估计在颈, 左右最大。因此在一定的强制剪切力和扭矩的作用下, 就有可能引起颈椎的偏移和扭转。这和上面讲过的通过大量 X 线照片的分析和尸体解剖观察与颈部活动有关的肌群分布相一致, 颈椎病一般容易在颈, 上下引起。

表 2 与应力 $\sigma(x)$ 有关的 $\frac{X}{[\frac{1}{2}(d_1+d_2)]^3}$ 和 $\frac{X}{d_1 \cdot d_2}^{\frac{3}{2}}$ 值

X	d_1	d_2	平均直径法 $\frac{X}{[\frac{1}{2}(d_1+d_2)]^3}$ ($\times 10^{-6}$)	等效直径法 $\frac{X}{(d_1 d_2)^{\frac{3}{2}}}$ ($\times 10^{-6}$)
0	286	240	0	0
20	274	230	1.25	1.26
40	266	220	2.78	2.83
60	256	212	4.68	4.75
80	246	208	6.01	6.91
100	236	196	9.92	10.1
120	232	174	14.3	14.8
140	232	174	16.7	17.3
160	222	174	20.6	21.1
170	210	178	23.3	23.5
180	178	184	30.4	30.4
190	180	192	29.5	29.6
200	182	203	27.8	28.2
220	198	238	21.2	21.5
240	216	292	14.6	15.2
260	238	256	17.3	17.3
280	266	440	6.37	6.99
300	292	46	4.08	4.71

至于除颈₄以外的其他各节颈椎也可以引起颈椎病，这就与受力的位置有关了。不过从受力分析来看，颈₄以下颈_{5,6,7}比颈_{3,2,1}更容易发生颈椎病，临床实践也证明了这一点。

以上我们分析的是集中力对头—颈部变截面悬臂梁的作用，其实，我们上面说过冲击力或者由于加速度（例如汽车的突然开动或停车）引起的惯性力等也可以作类似的分析。至于力的作用方向可以是左右（y）方向，前后（z）方向作用的，也可以是垂直（z）方向作用的。比如跳高、跳远，或从高处跌下也可以引起颈椎病，这也有大量的临床实践证明的。

另外，我们认为还有由于同一力的持续作用，比如头部长时期固定在同一姿势工作或学习等，尽管作用力不是很大，但是久而久之、长期的疲劳损伤也可以引起颈椎发生病变。这是因为颈椎椎体不是刚性不可变的东西，我们可以把它看作粘弹性复合材料，长期力的作用，可能发生塑性蠕变，这种作用，也可以以上面的近似分析加以说明。

我们以上的分析是初步的，但是尽管如此，我们的结果可以初步探讨颈椎病发病的机制。以后我们要作考虑到与颈椎活动有关的肌肉群的作用的力学分析，当然更有效的计算就必须考虑颈部是具有粘弹性的生物复合材料了。

另外我们注意到有人报告了⁴：采用压力传感器在尸体上模拟测量，当颈椎于前倾或后

仰15°时, 颈₄椎体前缘和颈₅钩椎关节压应变最大, 在0.5kg冲击荷重下, 冲击能量比较明显集中在第4颈椎。这个结果是和我们分析相一致的。

五、颈椎病发病机制的探讨

从颈部生物力学及对尸体解剖分析中, 颈₄是内外平衡最容易失稳的部位。当急性外伤或疲劳损伤时, 易造成椎体的前倾、后仰、旋转、错位, 使颈曲线发生改变, 激惹或压迫周围组织, 产生颈椎病症状。对于椎体移位较小者, 有的经过自我活动, 一部分患者也可以自行复位, 但对于未能复位或损伤移位较大者, 可直接激惹或压迫周围神经、血管和脊髓等, 造成颈椎综合症⁵。从2000例颈椎病X线片分析可以看出, 以颈₄为中心的颈曲线中断、成角改变占84.9%。颈部正常的生理曲线国内不少人按Bohen氏法统计, 正常值为 $12 \pm 5\text{mm}$ (从颈₂齿状突后上缘到颈₇椎体后下缘的连线与椎体后缘垂直线的最大深度)。由于颈曲改变或代偿性颈曲改变, 继而使下位椎体、椎间盘单位面积受力不均而增加了它们的磨损, 以及椎体前后缘韧带附着点边缘局部应力增加, 易产生撕裂, 导致椎间盘退变, 间隙变窄、椎体骨增生。在2000例颈椎病X线片中颈₅₋₆增生者占73.3%, 颈₆₋₇、颈₇间隙变窄者占88.7%。骨质增生有的将造成对周围神经、血管、脊髓及其他软组织牵张和压迫, 从而出现颈椎病感觉症状, 而有的骨质增生没有压迫周围血管、神经, 则不出现颈椎病感觉症状, 这也是许多颈椎X线显示骨质增生明显而无颈椎病感觉症状的原因。在2000例颈椎病X线片中, 骨质增生仅占43.9%, 而大多数患者无骨质增生, 可以说明骨质增生不是引起颈椎病的主要原因。我们将2000例颈椎病患者中不同年龄组椎体骨质增生人数的百分比与100例无颈椎病症状的对照组进行了比较, 发现颈椎病患者的骨质增生出现的年龄比对照组要早, 大约较正常人提前六、七年(见图3)。

椎体骨质增生、间隙变窄使之趋向稳定, 因而颈部活动则更依赖于上位椎体代偿性活动度加大, 引起生理性颈曲或代偿性颈曲的改变加大, 产生颈椎病症状。从临床上可看到颈椎病患者通过手法或手术治疗后, 凡颈曲恢复正常或恢复代偿性颈曲的则疗效好, 凡治疗后颈曲仍不正常的则疗效差或无效(见图解)。

六、小结

1. 本文通过分析2000例颈椎病X线表现照片, 又从尸体解剖观察了与颈部有关的肌肉群分布, 以及把人的头—颈部看成一个变截面的悬臂梁的受力分析, 发现颈_{4,5}周围结构较薄弱, 应力较大, 稳定性最差。

2. 我们认为颈椎骨质增生不是诊断颈椎病的主要依据, 而要重视颈曲的变化。尤其对颈椎病的早期诊断治疗更为重要。

3. 当以颈₄为主的可在不同轴位上发生位移时, 可导致颈曲改变或相邻椎体代偿性颈曲改变, 继而对下位椎体或椎间盘因单位面积上受压不均而增加了它的磨损, 加速椎间盘退变及骨质增生形成, 使之趋向稳定。反过来又使上位椎体代偿性活动度增大, 引起生理颈曲的改变。以上变化当影响到周围血管、神经或脊髓等组织时, 即产生不同类型颈椎病症状。

参 考 文 献

1. “中西医结合治疗颈椎综合症” 张长江等 《陕西新医学》(1)11 1979.
2. “颈椎定点旋转复位法的力学测定” 中国科学院力学所: 吴宝根、郭淳仪、钱民全、中医研究院骨伤科研究所; 张长江、陆文琴、李金学 《骨伤科研究》1981年 第二期

23—29页

3. “材料力学” pp.180—181 科学出版社 S·铁摩辛柯、J·盖尔著，胡人礼译 1978.
4. “人体颈椎和 Luscha 关节的力学实验研究（简介）”。《第一届全国生物力学学术会议文集》 洪水棕，吴振坤，祝曙铭
5. “中西医结合治疗软组织损伤” 冯天有编 人民卫生出版社 1977年 22—46 页

颈椎病发病机制的探讨（图解）

