

척추 변형에 있어서 폐기능치의 변화

Pulmonary Function in Spine Deformity

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

이 한 구

서 론

증 례

척추의 변형은 선천적 또는 후천적인 원인에 의해서 생길 수 있으며 척추 측만증과 후만증을 대표로 들 수 있겠다.

척추 후만증은 우리나라에 많은 척추결핵에서 흔히 보며, 측만증도 근자에 증가하고 있는 추세이다.

이러한 척추의 변형이 경미하거나 초기에는 심폐기에 별 지장을 미치지 않으나 변형이 고정되고 진행함에 따라서 장애를 일으키게 된다.

이미 히포크라테스 시대에 척추 측만증과 같은 척추의 변형이 호흡기 질환을 자주 유발시키며, 심한 경우에 조기 사망의 원인이 된다고 알려져 왔다.

Schneevoigt(Chapman, 1939)는 1854년 척추의 변형이 폐활량(vital capacity)을 감소 시킨다고 하였으며, Flagstad와 Kollman(Flagstaed, 1928)은 측만증이 흉추에 있는 경우 제일 심하다고 하였다.

Chapman은 폐활량은 감소하나 심장기능은 비교적 늦게까지 유지된다고 하였다.

1968년 Nilsson과 Lundgren은 척추 변형을 가진 환자는 정상인 보다 2배 이상의 사망율을 가진다고 하였으며, 이는 심폐기능의 장애가 원인이라 하였다.

따라서 척추의 변형을 치료함에 있어서는 심폐기능을 고려하여야 하겠다.

척추 측만증 또는 후만증의 치료는 반복 진행의 속도 및 정도를 감소 또는 정지 시키는데 있으며, 심폐기능을 더 악화되지 않도록 유지 보전함에 있다.

저자들은 1975년 1월부터 1978년 2월까지 서울대학병원 정형외과에 입원하여 치료받은 척추 측만증 35예, 후만증 60예에 대해서 술전 폐기능 검사 및 동맥혈 산소 분압을 측정하여 척추만곡도와와의 관계를 비교 관찰하여 임상 결과를 보고하고자 한다.

가. 척추 변형의 분포

척추 측만증 35예 중에서 특발성 17예, 마비성 8예, 선천성 4예, Marfan씨 증후군에 동반한 2예, neurofibromatosis에 동반된 4예이었다.

특발성 척추 측만증 17예중 남자 5예, 여자 12예로 여자가 2.4배 많았다.

Neurofibromatosis 4예는 모두 여자이었다. 선천성 척추측만증은 남자 3예, 여자 1예로 남자에 더 많았다.

남녀비는 남자 14예, 여자 21예로 여자가 1.5배가 많았다.

척추 후만증 60예중 흉추 38예, 요추 22예이었고 모두 척추 결핵에 의한 것이었다.

남녀비는 남자 26예, 여자 34예로 여자가 약간 많았다(Table 1).

Table 1. Distribution of Spine Deformity

Deformity	Number		
	Male	Female	Total
Scoliosis			35
Idiopathic	5	12	17
Paralytic	5	3	8
Congenital	3	1	4
Neurofibromatosis	0	4	4
Marfan Syndrome	1	1	2
	14	21	35
Kyphosis.....			60
Dorsal	19	19	38
Lumber	7	15	22
	26	34	60

나. 연령 및 성별분포

척추 측만증은 최연소 10세, 최고령 29세 이었고 평균 연령은 16세 이었다.

10세에서 20세까지의 10대가 35예중 30예로 대부분을 차지하고 있다(Table 2).

Table 2. Age and Sex Distribution in Scoliosis

Age(yr.)	Male	Female	Total
1~10	0	1	1
11~15	5	9	14
16~20	6	9	15
21~25	2	2	4
26~30	1	0	1
Total	14	21	35

척추 후만증 60예중 흉추 38예, 요추 22예이며 최연소 6세, 최고령 65세 이었고 평균연령은 29세 이었다.

21세에서 30세까지가 22예이었고 11세에서 50세까지가 55예로 대부분이었다(Table 3).

Table 3. Age and Lesion Distribution in Kyphosis

Age(yr.)	D-Spine	L-Spine	Total
6~10	1	0	1
11~20	5	5	10
21~30	14	8	22
31~40	8	5	13
41~50	6	4	10
51~65	4	0	4
Total	38	22	60

다. 관찰 방법

척추 측만증의 정도는 X-선상에 의한 Cobb's method를 사용하였으며, 후만증의 경우 X선 측면상에서 이환되지 않은 최상하 추체면에 수직인 선이 교차해서 이루는 각도로 정하였다.

폐기능 검사는 타 전신적 질환이 없고 중등도 이상의 결핵이 없으며 폐유착이 없는 환자의 성적을 택하였다.

Collins spirometer로 좌우에서 측정하였다.

동맥혈 산소 분압, 이산화탄소 분압, pH등은 술전 술후 즉시 술후 2주에 측정함을 원칙으로 하였다.

라. 관찰 성적

Table 4. Pulmonary Function in Scoliosis (35 Cases)

Case (No.)	Type	Curvature (degree)	V.C. (% pre-dicted)	M.B.C. (% pre-dicted)	F.E.V. 1 (% pre-dicted)
1	M.	50	68	48	83
2	C.	54	78	81.5	91
3	I.	59	68	76	92
4	I.	60	95	106	83
5	C.	60	46	47	90
6	I.	64	76	91	88
7	I.	64	60	71	97
8	I.	65	27	35	87.5
9	I.	65	76	77	74
10	I.	74	71	95	96
11	N.	75	70	83	93
12	I.	76	87	76	81.5
13	I.	79	48	68	76
14	I.	84	45	87.5	80
15	I.	85	86	84	97.5
16	I.	85	47	48	92
17	I.	87	54	72	97
18	N.	89	65	81	94
19	P.	82	47	48	92
20	I.	94	60	109	80
21	M.	94	56	64	89
22	I.	97	58	84	93
23	P.	98	34	69	100
24	I.	103	60	58	84
25	P.	107	31	35	91
26	C.	109	41	37	94
27	P.	115	60	77	86
28	P.	117	90	94	97
29	I.	119	56	41	90
30	P.	123	54	62	93
31	C.	125	46	44	75
32	N.	125	61	48	90
33	P.	126	66	62	96
34	N.	133	25	54	100
35	P.	139	41	47	87
Average		89	60	72	91

Note:

V.C. = Vital Capacity

M.B.C. = Maximum Breathing Capacity

F.E.V. 1 = Forced Expiratory Volume (1 Second)

M. = Marfan Syndrome

I. = Idiopathic

P. = Paralytic

C. = Congenital

N. = Neurofibromatosis

척추 측만증 35예에서 Cobb's angle은 최저 50°, 최고 139°이었으며 평균 89°이었다. 2개 이상의 curve인 경우는 각도가 큰쪽을 택하였다.

폐활량(vital capacity)은 최저 27%, 최고 95%이었으며 평균 60%이었다.

최대 환기량(maximum breathing capacity)은 최저 35%, 최고 106%이었으며 평균 72%이었다.

시간 폐활량은(forced expiratory volume) 1초를 기준으로 하였으며 최저 74%, 최고 100%이었고 평균 91%이었다(Table 4).

척추 후만증은 30° 이상을 선택하였으며, 흉추 38예의 경우 최저 43°, 최고 140°, 평균 93.5°이었다.

폐활량은 최저 22%, 최고 119%이었고 평균 58%이었다. 최대 환기량은 최저 29%, 최고 135%이며, 평균 73%이었다. 시간 폐활량은 최저 56%, 최고 100%이었고 평균 84%이었다(Table 5).

Table 5. Pulmonary Function in 38 Cases of Dorsal Kyphosis

Case (No.)	Curvature (degree)	V.C. (% predicted)	M.B.C. (% predicted)	F.E.V. 1 (% predicted)
1	43	63	94	81
2	52	88	61	90
3	57	78	88	98
4	58	67	79	84
5	58	68	58	76
6	62	71	67	86
7	62	88	61	90
8	62	119	135	87
9	65	58	87	83
10	66	65	75	83
11	73	75	96	77
12	74	109	99	79
13	77	44	51	83
14	78	58	63	80
15	82	54	87	92
16	84	58	66	80

17	85	36	66	100
18	88	71	69	82
19	92	57	96	85
20	95	83	94	82
21	97	57	96	85
22	97	40	73	90
23	98	68	77	88
24	101	22	29	80
25	103	47	81	91
26	104	57	38	56
27	104	78	64	81
28	106	34	51	88
29	109	64	78	84
30	112	48	54	84
31	112	52	87	96
32	114	65	75	83
33	122	52	87	96
34	123	55	68	70
35	124	49	57	88
36	132	30	53	88
37	132	55	73	78
38	140	34	53	86
Average	93.5	58	73	84

요추 22예에서 후만도는 최저 37°, 최고 125°이었으며 평균 79°이었다.

폐활량은 최저 29%, 최고 92%, 평균 77%이었다.

최대 환기량은 최저 43%, 최고 138%, 평균 84%이었다. 시간 폐활량은 1초를 기준으로 하였고, 최저 56%, 최고 100%, 평균 87%이었다(Table 6).

Table 6. Pulmonary Function in 22 Cases of Lumbar Kyphosis

Case (No.)	Curvature (degree)	V.C. (% predicted)	M.B.C. (% predicted)	F.E.V. 1 (% predicted)
1	37	75	79	83
2	42	84	84	95
3	42	78	83	78
4	47	81	97	89
5	54	29	52	80
6	54	75	100	82
7	56	95	98	71

8	59	75	84	100
9	73	70	67	78
10	76	77	80	71
<hr/>				
11	77	87	82	92
12	81	91	90	77
13	83	66	69	89
14	85	40	43	99
15	87	85	79	87
16	87	68	93	89
17	89	87	86	56
18	95	92	94	83
19	101	74	84	94
20	105	68	93	87
<hr/>				
21	106	58	138	97
22	125	91	91	88
<hr/>				
Average	79	77	84	87

동맥혈 산소분압, 이산화탄소 분압 pH를 10예에서 측정하였으며 산소분압은 전10예에서 감소되어 있었고 최저 53mmHg, 최고 88mmHg, 평균 71.3mmHg이었다.

이산화탄소 분압은 10예중 4예에서 40mmHg이상 있었고 6예는 40mmHg 미만이었다. 최저 28mmHg, 최고 45mmHg, 평균38.6mmHg이었다.

pH는 2예에서 7.4이하이었고 최저 7.367 최고 7.474이었으며 평균 7.435이었다(Table 7).

Table 7. Blood Gas Studies in Kyphosis and Scoliosis

Case (No.)	Curvature (degree)	pH	PO ₂ (mmHg)	PCO ₂ (mmHg)
1	47(K)	7.474	88	38
2	48(K)	7.420	82	38
3	58(K)	7.425	78	45
4	60(S)	7.441	82	39
5	65(S)	7.391	68	42
6	65(K)	7.430	53	38
7	82(S)	7.410	67	40
8	85(K)	7.367	60	33
9	109(S)	7.428	75	28
10	125(S)	7.451	65	43
<hr/>				
Average	67.4	7.435	71.3	38.6

Note: K=Kyphosis S=Scoliosis

폐활량은 척추 측만도 및 후만도의 증가에 따라서 현저한 음의 상관관계를 보여주고 있다(Fig. 1).

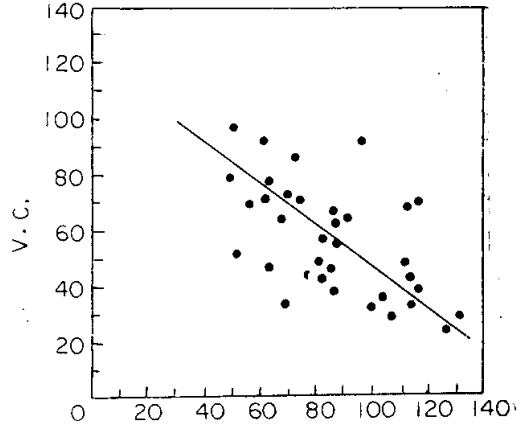


Fig. 1. Curvature versus vital capacity shows a negative correlation.

최대 환기량도 폐활량의 경우와 같이 측만도 및 후만도의 증가에 비례해서 현저한 음의 상관관계를 보여준다(Fig. 2).

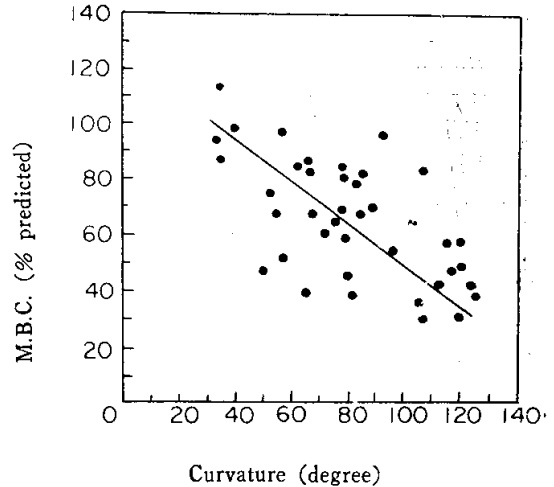


Fig. 2. Curvature versus maximum breathing capacity shows a negative correlation.

척추의 측만 및 후만에 따른 폐활량과 최대 환기량의 감소는 현저한 양의 상관관계를 나타내고 있다(Fig. 3).

척추 측만도 및 후만도의 증가에 비례해서 동맥혈 산소분압 PaO₂은 완만한 음의 상관관계를 나타내고 있다(Fig. 4).

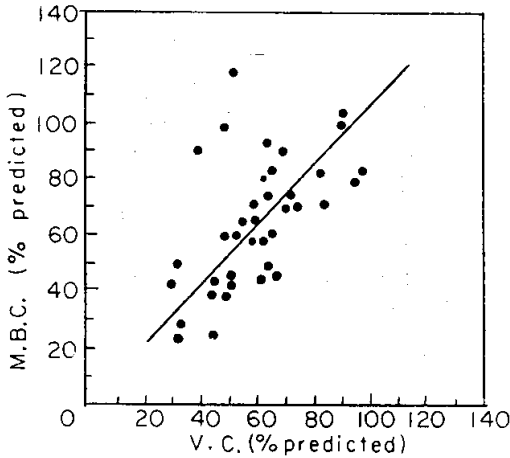


Fig. 3. Vital capacity versus maximum breathing capacity shows a positive correlation.

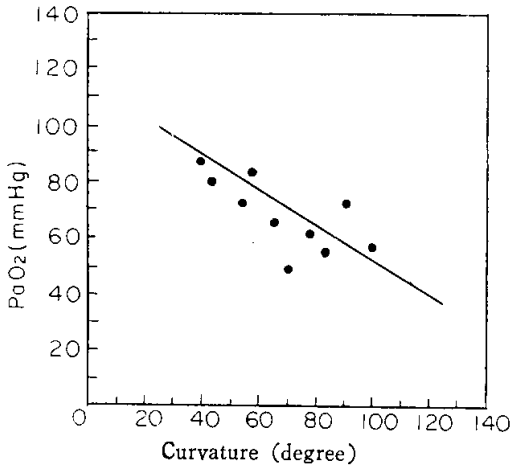


Fig. 4. relation between curvature and PO_2

고 안

척추결핵으로 인한 척추 후만증과 측만증은 척추의 변형 외에도 심폐기능의 장애를 초래할 수 있다.

5세기 후반에 Hippocrates는 척추 측만도는 후만이 호흡기 질환을 유발시키며 조기 사망의 원인이 된다고 하였다.

Boas¹¹⁾ (1923)는 척추변형으로 사망한 276예의 부검 결과 56%에서 좌심실의 비대 및, 확장 36%에서는 양심실의 확대를 발견하였다고 하며, 이러한 심장의 변화는 척추변형으로 인한 폐활관의 폐쇄에 기인한다고 하였다.

Nilsson과 Lundgren¹²⁾ (1968)은 척추변형이 심폐기능에 장애를 초래하여 정상인 보다 2배의 사망율을 보인다고 하였다.

Schneevoigt³⁾ (1854)는 척추 변형이 폐활량을 감소시킨다고 하였고 Flagstad와 Kollman (1928)은 척추 변형이 흉추에 있는 경우, 폐활량의 감소가 제일 심하다고 하였다. 반면에 Caro와 Dubois (1961)는 척추 변형을 일으킨 부위와 폐활량과의 관계는 없다고 하였다.

Bergofsky¹⁾ (1959)는 27예의 심한 척추 측만증 환자에서 척추 변형의 정도와 폐활량의 저하는 직접적인 상관관계가 있다고 하였다.

Dayman과 Hyatt^{5,7)} (1960)는 정상인에서 gas flow는 肺의 inflation 정도에 정비례 하며 흉추의 측만증에서는 inflation capacity가 줄어들기 때문에 flow rate의 감소가 온다고 하였다.

Shannon과 Riseborough¹³⁾ (1970)는 65° 이상의 후 측만증 환자에서는 전폐기량(total lung capacity)의 감소가 있었으며 기립시가 양와위 때보다 concave side의 호흡분포가 더욱 비정상적으로 된다고 하였다. 이는 기립시의 증가된 척추 변형으로 concave side의 compression이 심해져서 aerating volume이 저하되기 때문이라 하였다.

전폐기량(TLC)의 감소는 몇가지 요인에 의해서 좌우된다. 첫째 poliomyelitis의 경우와 같이 근육기능이 저하된 경우(poor muscle function), 둘째 chest deformity 자체가 肺조직을 압박하여 肺용적의 감소를 가져오게 된다.

셋째 thoracic cage의 distensibility에 의해서도 영향을 받는다.

Caro²⁾ (1961)는 정상인에서 chest strapping만으로도 폐활량 및 최대 환기량에 상당한 감소가 있다고 하였다.

Shannon¹³⁾ (1970)은 측만도가 65° 미만인 경우 폐활량의 감소는 현저하지 않다고 하였다.

척추변형 후의 폐기능의 변화는 여러 저자에 의해서 논의되어 왔다.

Garrett⁸⁾ (1960)는 collapsing spine의 경우 척추 변형의 교정을 동반하지 않는 척추융합술 시행후 폐활량의 큰 변화는 없다고 하였다.

Westgate와 Moe¹⁴⁾ (1969)는 특발성 측만증에서 폐활량 최대환기량 및 동맥혈의 산소포화도는 변형 각도와 음의 상관관계가 있다고 하였으며, 특히 폐활량의 감소가 현저하고, 측만도가 90° 이상인 경우 전폐기량(TLC)보다 폐활량이 더욱 감소된다고 하였다. 또 이

들은 척추 변형의 교정술로서 폐활량과 최대환기량에 도움을 주지 않는다고 하였다.

Gazioglu와 Goldstein (1968)은 척추변형의 교정술 후 폐기능의 증가는 없으나 더이상 진행되는 척추변형의 예방에 의의가 있다고 하였다.

Westgate와 Moe (1969)는 수술적후 전폐기량, flow rate, lung volume은 10~30% 감소하는데 이는 동통과 blood transfusion에 의한 metabolic alteration 이 원인이라 하였다.

Makley (1968)는 술전 Risser localizer cast후에 폐활량은 평균 500cc 감소되며, 최대환기량은 10~20% 정도 감소한다고 하였다.

Bergofsky (1959)는 borderline pulmonary function 인 경우 IPPB (intermittent positive pressure breathing), blowing bottle exercise, coughing, respiratory physiotherapy가 술전에 필요하다고 하였고, Westgate (1969)는 폐활량과 최대환기량에서 40%의 감소는 술 후 respiratory complication rate를 높인다고 하였다.

Westgate respiratory failure의 laboratory evidence로서 PaO₂ 50mmHg이하, PaCO₂ 65mmHg 이상, pH 7.250이하 라고 하였다.

Makley(1968), Shannon and Riseborough¹³⁾(1970)은 halofemoral traction으로서 폐기능의 향상이 있었다고 하였으며, right haert failure 또는 respiratory failure가 있는 경우 inoperability로 규정하였다.

측만도 123° 후만도 90°의 43세 여자 paralytic scoliosis에서 임원시, halofemoral traction 2주일후, 술 후 2주일, 술후 6개월에서 각각 폐활량 최대환기량 동맥혈 산소분압을 측정하여, 폐활량은 halofemoral traction후 33%에서 49%로 증가하였으며 술후 2주일에는 45%, 술후 6개월에 61%로 증가 하였다고 하였다.

최대환기량의 경우도 36%, 51%, 50%, 59%로서 traction후 15% 증가하였으며 술후 2주일에는 1%감소하고 술후 6개월에는 59%까지 증가하였다고 하였다.

PaO₂는 술전 40mmHg에서 traction후 58mmHg로 18 mmHg의 증가가 있었으며 술후 2주일에는 55mmHg, 술후 6개월에 60mmHg 이었다고 한다.

저자들의 경우 술후 2주일 성적은 폐활량 최대환기량 PaO₂에서 술전과 현저한 변화가 없었으며 술후 2년에서 향상된 폐기능을 나타내었다.

폐기능 검사는 척추 측만증 또는 후만증에서 만곡도가 심한 경우 술전 및 술후의 합병증을 예방하고 줄이기 위해서 필요하다.

폐기능은 靜的値(static value), 動的値(dynamic value) 機能적 有効値(functional efficiency value) 및 방사성 동위원소 Xenon값(radioactive Xenon value)을 측정함에 있다¹³⁾.

첫째 靜的値로서 중요한 것은 폐의 용적 및 폐활량이다. 폐활량은 Collins spirometer에 의해서 간단히 측정할 수 있다. 척추 변형이 없는 사람의 정상치를 定하는데 기립시의 신장과 연령이 기준이 된다.

척추 변형이 있는 경우, 폐활량의 정상치(predicted vital capacity)를 측정기 곤란한 경우, 키의 측정은 Johnson과 Westgate¹⁰⁾ (1970)에 의하면 정상인에서 arm span/height의 비율은 1.03 (S.D.=±0.02) 이므로 arm span을 1.03으로 나누면 된다고 하였다.

예기 폐활량(predicted vital capacity)에서 측정치 자체의 오차가 ±12%이므로 20%의 폐활량 감소는 정상 범위로 간주한다. 즉 60~80%를 경미한 제한, 40~60%를 중등도의 제한, 40% 이하를 심한 제한으로 정하였다.

둘째 動的値는 제한시간 내의 폐기능을 말한다. 중요한 것으로 1초내의 timed vital capacity이며 정상치는 80%이다.

최대 환기량도 동적치를 나타낸다.

셋째 기능적 유효치는 폐용적(total lung volume)에 대한 dead space의 비율과 폐포동맥간 산소분압(alveolar-arterial oxygen gradient)으로 표시된다. 사망(dead space)의 정상치는 35%이다.

폐포내 산소분압(PaO₂)과 동맥혈내의 산소분압(PaO₂)의 차이는 10mmHg가 정상이며 PaO₂/PaO₂가 증가되면 혈류는 폐에서 酸化되지 않은채로 단락(shunt)이 이루어 있음을 의미한다.

따라서 폐기능검사와 더불어 동맥혈내의 산소분압(PaO₂), 이산화탄소 분압(PaCO₂), pH등을 측정하여 respiratory assist를 함으로써 술중 또는 술후의 위험을 경감 내지 예방하는데 도움이 된다.

결 론

저자들은 1975년 1월부터 1978년 2월까지 3년 2개월간 서울대학병원 정형외과에 임원하여 수술받은 척추 측만증 35예 및 척추 후만증 60예에 대해서 술전 및 술 후 폐기능검사와 동맥혈 산소분압 pH등을 측정하고 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 척추 측만도는 35예에서 평균 89°이며 폐활량은 60%, 최대환기량은 72%로 감소되어 있었다.

2. 척추 후만도는 흉추 38예에서 평균 93.5°이었고, 폐활량은 58%, 최대환기량은 73%로 감소되어 있었다.

요추 22예에서 후만도는 평균 79°이었고 폐활량은 77% 최대환기량은 84%로 감소되어 있었다.

3. 척추의 후만도 및 측만도는 폐활량과 최대환기량에 대해서 음의 상관관계를 보였다.

4. 척추변형에 따른 폐활량과 최대환기량은 현저한 양의 상관관계를 보였다.

5. 동맥혈의 산소분압은 척추 후만도 또는 측만도와 완만한 음의 상관관계를 보였다.

1. Average degree of scoliosis of 35 cases was 89°, vital capacity 60% of normal, and maximum breathing capacity 72%. Average degree of kyphosis of 38 cases of dorsal spine was 93.5°, vital capacity 38%, and maximum breathing capacity 73%. Average degree of kyphosis of 22 cases of lumbar spine was 79°, vital capacity 77%, and maximum breathing capacity 84%.

2. Static value for pulmonary function such as vital capacity and dynamic value such as maximum breathing capacity had a significant negative correlation with the severity of scoliosis and kyphosis.

3. Scoliosis and kyphosis decreased vital capacity correlating positively with maximum breathing capacity.

4. Arterial oxygen saturation had a significant negative correlation with the severity of scoliosis and kyphosis.

—ABSTRACT—

Pulmonary Function in Spine Deformity

Han Koo Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Seoul National University.

The deformed and rigid spine presenting moderate to severe kyphosis and scoliosis results in a restriction of function of the lung best characterized spiropographically by a reduction in vital capacity. When the lesion involves thoracic spine, restriction is more marked. Spine deformity such as kyphosis and scoliosis develops from various causes. Tuberculous spondylitis is a main cause of kyphosis and scoliosis is increasingly found in Korea.

Cardiorespiratory dysfunction caused by spine deformity poses another problem besides spine deformity per se.

To perform therapeutic measure such a Harrington instrumentation, with or without preoperative localizer cast and halofemoral traction as well as anterior interbody fusion, evaluation of pulmonary function and arterial gas analysis preoperatively is helpful to prevent and reduce the postoperative cardiorespiratory failure or complications. The author has reviewed results of arterial gas analyses and pulmonary function tests on 35 cases of scoliosis and 60 cases of kyphosis done at the Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University Hospital from January 1975 to February 1978.

The results were as follows:

REFERENCES

- Bergofsky, E.H., Turino, G.M., and Fishman, A.P.: *Cardiorespiratory Failure in Kyphoscoliosis. Medicine* 38:263, 1959.
- Caro, C.G., and DuBois, A.B.: *Pulmonary Function in Kyphoscoliosis. Thorax*, 16:282, 1961.
- Chapman, E.M., Dill, D.B.: *The Decrease in Functional Capacity of the Lungs and Heart Resulting from Deformities of the Chest. Medicine* 18:167, 1939.
- Collis, D.K., and Ponseti, I.V.: *Long-term Follow up of Patients with Idiopathic Scoliosis not Treated Surgically. J. Bone and Joint Surg.*, 51-A: 425-445, Apr. 1969.
- Dayman, H.: *The Expiratory Spirogram. Am. Rev. Resp. Dis.*, 83: 842. 1961.
- Flagstaed, A.E., and Kollman, S.: *Vital Capacity and Muscle Study in One Hundred Cases of Scoliosis. J. Bone and Joint Surg.*, 10:724, 1928.
- Fry, D.L., and Hyatt, R.E.: *Pulmonary Mechanics. Am. J. Med.* 29:672, 1960.
- Garrett, A.L.: *Stabilization of the Collapsing Spine. J. Bone and Joint Surg.*, 42-A:883, 1960.
- Gazioglu, K., and Goldstein, L.A.: *Pulmonary*

- Function in Idiopathic Scoliosis. J. Bone and Joint Surg.*, 50-A:1391, Oct. 1968.
- Jhonson, B.E., and Westgate, H.D.: *Methods of Predicting Vital Capacity in Patients with Thoracic Scoliosis. J. Bone and Joint Surg.*, 52-A:1433, Oct. 1970.
- Makley, J.T., and Inkley, S.: *Pulmonary Function in Paralytic and Non-paralytic Scoliosis before and after Treatment. J. Bone and Joint Surg.*, 50-A: 1379, Oct. 1968.
- Nilsonne, V., and Lundgeren, K.D.: *Long-term Prognosis in Idiopathic Scoliosis. Acta. Orthop. Scand.* 39:456-465, 1968.
- Shannon, D.C., and Riseborough, E.J.: *The Distribution of Abnormal Lung Function in Kyphoscoliosis. J. Bone and Joint Surg.*, 52-A: 131, 1970.
- Westagte, H.D., and Moe, J.H.: *Pulmonary Function in Kyphoscoliosis before and after Correction by the Harrington Instrumentation Method. J. Bone and Joint Surg.*, 51-A:935-946, Jul. 1969.