

교통사고로 인한 편타손상 후 경추 만곡의 변화 연구

정해찬 · 김한겸 · 김석, 한창*

자생한방병원 한방재활의학과
*자생한방병원 한방신경정신과

The Change of the Cervical Spine Curvature after Whiplash Injury by Traffic Accident

Jeong Hae-chan, O.M.D., · Kim Han-kyum, O.M.D., · Kim Seok, O.M.D., Han Chang, O.M.D.*

Dept. of Oriental Rehabilitation Medicine, Jaseng Oriental Hospital
*Dept. of Oriental Neuropsychiatry, Jaseng Oriental Hospital

Objectives : To investigate the change of the cervical spine curvature after whiplash injury.

Methods : Clinical study carried out in 46 patients who already had neck pain and took a cervical lateral X-Ray in Jaseng Oriental hospital. these patients had whiplash injury within one year. We followed up the cervical lateral X-Ray after that. Cervical spine curvature was measured using four measuring method. Type of cervical spine curvature was analyzed by Jochumsen method, Ishihara Index. T-test was used.

Results : By Jackson's Angle and Cobb's angle, it is tend to be more lordotic curvature after whiplash injury. In Jochumsen method, Ishihara Index the cervical spine curvature was significantly increased their lordotic angle($P < 0.05$).

Conclusion : The results suggest that after whiplash injury, patients cervical curvature change more lordotic curve.

Key word : Cervical spine curvature, Whiplash injury, change of the cervical spine curvature

I. 서 론

경향통은 경향부의 운동범위 제한이나 국소부위 압통 및 견갑부나 상지 방사통을 특징으로 하며 최근 현대인의 정신적 스트레스와 과도한 컴퓨터 사용 및 교통사고 등으로 인하여 임상에서 흔히 접하게 되는 질환 중 하나이다¹⁾. 경향통은 인구의 10~18%가 호소하며, 평생에 걸쳐 인구의 30~50%가 한번 이상

경험하는 질환이다²⁾. 이러한 경향부의 통증은 해부학적 특성과 관련되기도 하는데, 경추부는 상대적으로 관절 운동범위가 크고 관절의 안정성은 약한 편이다. 때문에 경추부는 여러 가지 외상이나 병적 상태로 인해 전만 등의 변화를 나타낼 수 있다³⁾.

척추의 만곡은 인간의 직업보행과 연관이 있으며, 생후 약 10년이 되면 성인의 만곡과 같아지는 것으로 추정된다. 이러한 만곡은 인체에 장축 방향으로 부하

■ 교신저자 : 정해찬, 서울특별시 강남구 신사동 635번지 자생한방병원
TEL : (02) 3218-2375 E-mail : seashine@naver.com

되는 압력 저항을 증가시키는 역할을 한다⁴⁾. 경추와 요추 영역에는 전만이, 흉추와 천추영역에서는 자연스러운 후만이 나타나며 인체 골격계에 강도와 탄성력을 제공한다⁵⁾. 임상적으로 시상면에서의 척추 정렬은 가장 중요한 요소이며 정상적인 시상만곡은 체중을 고르게 분포시키며 각 관절에 대한 부담을 극소화시켜 무리가 가지 않도록 조절한다⁶⁾. 경추, 흉추, 요추의 만곡은 임상적으로 중요한 가치를 가지며 하나의 만곡이 소실된다면 전체 척추의 저항력은 절반으로 떨어지게 된다⁷⁾.

이 중 경추의 정상적인 전만이 감소하는 소견은 경향통 환자에게서 많이 볼 수 있는 소견이며 보고에 따르면 경향통 환자의 33.8%에서 전만 감소를 나타내어 방사선 소견 중 가장 많은 비율을 차지한다⁸⁾. 임상적으로 경추 시상면 사진 촬영 상 경추 전만도가 직선화 되거나 비정상적인 형태를 나타낼 경우 경부 근육 및 인대의 손상, 연축, 경련 등의 병리적 상태가 있는 것으로 추정되어진다⁹⁾.

교통사고로 인한 편타손상 환자의 경우 50% 이상이 경향부 통증을 호소한다¹⁰⁾. 인체모형, 사체, 동물 등을 이용한 교통사고 시뮬레이션에 의해 사고 시 경추의 동역학적인 연구가 활발히 진행되고 있으며, 만곡감소나(straightening), 후만(kyphosis), 과다전만(hyper lordosis), S-shape등이 나타나는 것으로 여겨진다¹¹⁾. 이는 편타 손상 시 경추의 과신전으로 인해 하부경추, 특히 C6~7 레벨에서의 인대손상에 기인하는 것으로 밝혀졌다¹²⁾.

경추만곡이 경향부 통증에 영향을 주는지에 대한 확실한 정설은 없지만, 정상군에서의 경추만곡 변형의 비율이 경향통군에 비해서 적고¹³⁾, 경부 주위 근육, 인대 손상에 의해 경추 배열 패턴이 변화되어지는 점¹⁴⁾, 경향통을 비롯한 두통, 편두통 등이 비정상적인 경추배열로 인해 기인하는 점¹⁵⁾으로 미루어, 경추 만곡이 경향통과 관계가 있음을 알 수 있다.

단순 경추 만곡과 경향통에 관한 연구 몇 편^{16,17)}과

편타손상환자에서의 경추 만곡 배열에 대해 분석한 연구¹⁸⁾, 편타 손상 경향통 환자와 잠행성 경향통 환자의 경추 만곡 비교를 연구한 논문¹⁹⁾은 있지만 동일 환자를 대상으로 편타 손상 전,후 경추 만곡을 비교한 연구는 전무한 실정이다.

이에 저자는 편타손상 이전에 경추부 검사 경력이 있는 환자를 대상으로 편타손상 후의 경추 만곡도를 비교 측정하여 과전만, 정상, 직선화, 후만의 비율을 조사해보고, 편타손상이 경추 만곡에 어떠한 영향을 주는지를 연구해 보았다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

아래의 선정 기준을 만족하고 배제 기준에 포함되지 않는 46명을 대상으로 하였다.

1) Inclusion criteria

- (1) 2007년 5월부터 2010년 5월까지 자생한방병원 교통사고 클리닉에 편타손상으로 내원한 환자 중 20세 이상 60세 이하 환자
- (2) 과거 단순 경추부 통증으로 본원에 내원하여 본원 Cervical spine X-Ray lateral view가 있는 환자
- (3) TA 후 1개월 내 본원에 내원하여 Cervical spine X-Ray lateral view 검사를 한 환자
- (4) (2)~(3)의 검사 기간 간격이 12개월 이하의 환자

2) Exclusion criteria

- (1) TA 전 경추 수술 경력이 있는 환자

- (2) 신경학적 검진 상 심각한 신경학적 결손이 있는 환자 (Hoffmann's sign positive)
- (3) 상기 Inclusion criteria의 범주에 벗어나는 환자

2 방사선적 측정법

해당 환자의 C-Spine X-Ray lateral view를 촬영하여 본원 PiViewStar™ Pacs Pioneer 프로그램을 사용하였다. 측정에는 Caliper, Angle 기능 등을 이용하였다.

1) Jackson's angle (Fig. 1)

C2의 추체후면 연장선과 C7의 추체 후면의 연장선이 만나 이루는 각도²⁰⁾

*무증상군 21°~44°

*각도에 따른 만곡형태를 규정하는 수치는 없음

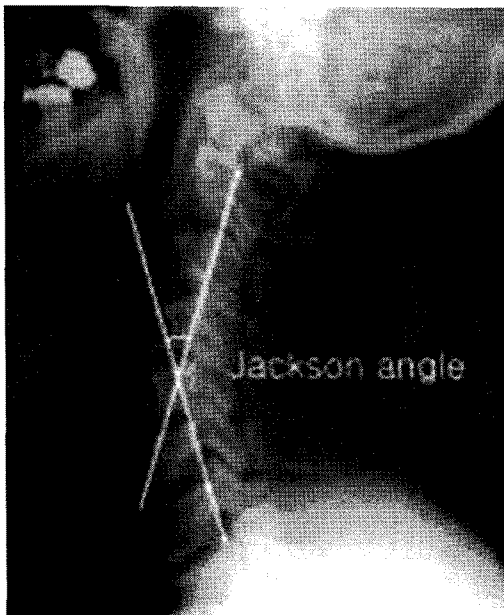


Fig. 1. Jackson's angle

2) Cobb method (C1~C7, Fig. 2)

환추의 전방 절절과 후방절절의 중간에 두점을 찍어 이은 선의 연장선과 제 7경추 추체의 하연의 연장선이 이루는 각도(Table I)²¹⁾

Table I. Classification by Cobb Method

~35°	35°~45°	45°~
과소전만	정상	과대전만

3) Cobb method (C2~C7, Fig. 2)

축추 추체 하연의 연장선과 제 7경추 추체의 하연의 연장선이 이루는 각도²¹⁾

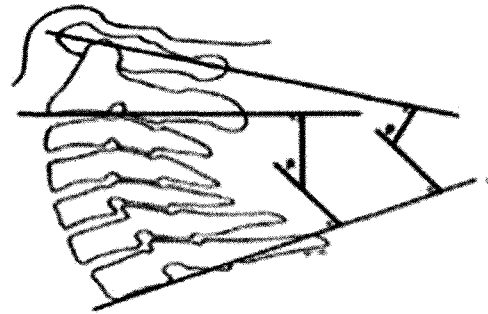


Fig. 2. Method of measurement for the cervical lordotic angle from C1 to C7 and C2 to C7(β)

4) Ishihara Index (Fig. 3)

제2경추의 후하방과 제7경추의 후하방을 연결하는 직선(A)을 긋고 이 직선과 제3에서 제6경추까지 각 추체부 후하방지점을 수직으로 연결한 직선들(a1, a2, a3, a4)의 길이의 합을 직선(A)로 나눈 백분율 (Table II)²²⁾

Table II . Classification by Ishihara Index

~0%	0%~5%	5%~24%	25%~
후만	직선화	정상	과대전만

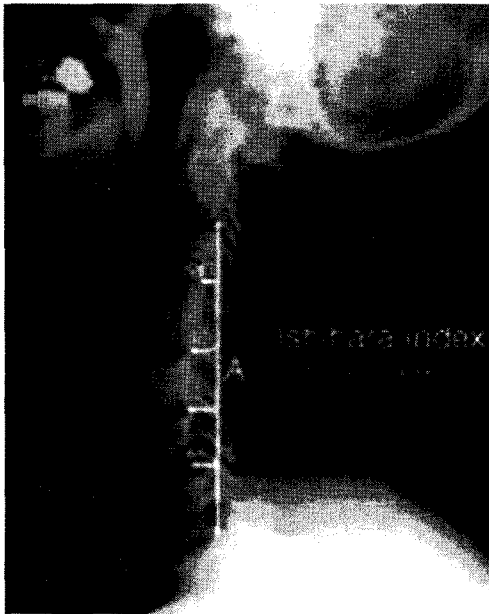


Fig. 3. Ishihara Index

5) Jochumsen method (Fig. 4)

C5의 전방체로부터 C1의 전궁과 C7추체의 전상부까지 직선을 긋고 이 직선과 C5의 전방체까지의 거리(Table III)²³⁾

Table III . Classification by Jochumsen Method

~-3mm	-3~2mm	3~8mm	9mm~
후만	직선화	정상	과대전만

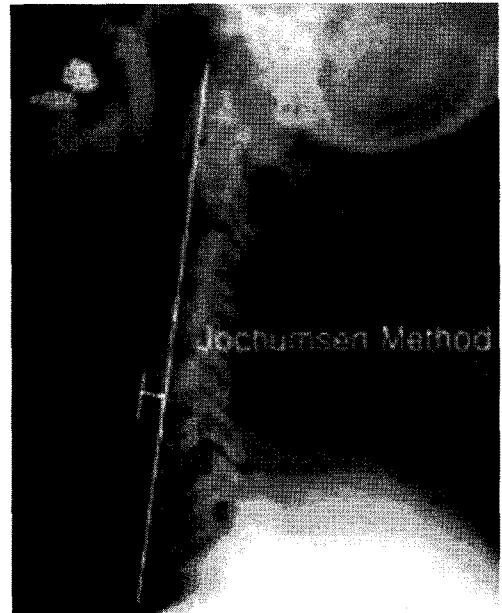


Fig. 4. Jochumsen method

3. 통계분석

만곡형태의 분류 체계가 있는 Jochumsen method와 Ishihara Index를 이용해 TA 전후 과전만(Hyperlordosis), 정상(Normal), 직선화(Straight), 후만(Kyphosis)의 비율을 구하였고, 동일집단의 TA 전-후 경추 만곡도 차이가 있는지를 비교하기 위해 Paired Samples Statistics의 평균과 표준편차를 산출하여 t-test로 검정하였다. 유의확률은 0.05이하로 하였으며 모든 통계 분석적인 SPSS @12.0 for Windows 프로그램을 이용하여 처리하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 대상환자의 성별 및 연령분포 (Table IV)

실험군의 평균연령은 36.3±8.28세 였으며 남 22명 (47.8%), 여 24명(52.2%)으로 연령대별 남녀 차이에 의한 통계학적 유의성은 없었다(p-value =0.182).

Table IV. Age and Sex Distribution

Age	Male	Female	Total(%)
20~30	6	6	12(26.0)
31~40	11	11	22(47.8)
41~50	4	5	9(19.6)
51~60	1	2	3(6.5)
Total	22	24	46(100)

2. 발병원인

TA전 단순 경향부 통증으로 본원 내원 시 발병원인과 TA로 인한 편타손상 시 발병원인은 Table V, Table VI과 같다.

Table V. Motivation of Insidious Neck Pain before Traffic Accident

Motivation	Value	Rate(%)
Unknown	31	67.4
Athletics	4	8.6
Stress	3	6.5
Overwork	3	6.5
Usual life	3	6.5
Etc	2	4.5
Total	46	100

Table VI. Motivation of Whiplash Neck Pain after Traffic Accident

Motivation	Value(%)	
Collision type	Front	8(17.4)
	Rear	31(67.4)
	Side	4(8.7)
	Direct collision	3(6.5)
Seat	Driver's seat	38(82.6)
	Passenger's seat	5(10.7)
	Backseat	3(6.7)

3. C-Spine lateral X-Ray 검사 시기

순수 TA로 인한 편타 손상 여부를 판단하기 위해 TA 후 1개월 이내에 경추 부 검사를 한 환자를 대상으로 하였다.

또한 연령의 증가 및 처치, 생활 자세에 따른 경추 만곡의 변수를 막고자 TA 전 1년 이내에 본원 C-Spine lateral X-Ray 검사 자료가 있는 환자를 대상으로 하였다. 이 둘의 검사기간 간격은 평균 5.41±4.04개월 이었다.

4. 만곡 형태의 분석

1) Jackson's Angle, Cobb's Angle을 통한 경추 전만 비교

Jackson's Angle로 TA 전, 후 경추 만곡을 비교하였을 때 무증상군에 해당하는 범위인 21°~44°²⁰⁾에 해당하는 환자수는 TA 전, 후 29명(63%)으로 서로 같았다. TA 전 검사에서는 20° 이하 10명(21.8%), 45° 이상 7명 (15.2%), TA 후 검사에서는 20° 이하 7명(15.2%), 45° 이상 10명(21.8%)으로 나타났다.

Cobb's Angle(C1~C7)로 경추 만곡을 비교하였을 때 TA 전 검사에서 straight 23명(50%), normal 13

명(39.1%), hyperlordosis 5명(10.9%) TA 후 검사에서 straight(50%), normal(28.3%), hyperlordosis(21.7%)이었다(Table VII).

Table VII. Distribution of Cervical Curvature by Jackson's Angle and Cobb's Angle

	Type of TA(%)	Before	After
		TA(%)	Angle
Jackson's Cervical	~20°	10(21.8)	7(15.2)
	21°~44°	29(63.0)	29(63.0)
	45°~	7(15.2)	10(76.1)
Cobb's Angle (C1~C7)	Straight	23(50.0)	23(50.0)
	Normal	18(39.1)	13(28.3)
	Hyper lordosis	5(10.9)	10(21.7)

2) Ishihara Index, Jochumsen Index 비교를 통한 경추 전만 변화 비교

Jochumsen method로 평가 시 TA 전 검사에서 kyphosis 14명(30.4%), straight 21명(45.7%), normal 8명(17.4%), hypelordosis 3명(6.5%), TA 후 검사에서 kyphosis 7명(15.2%), straight 22명(47.8%), normal 14명(30.5%), hyperlordosis 3명(6.5%)였다.

Ishihara method로 평가 시 TA 전 검사에서 kyphosis 10명(21.7%), straight 19명(41.3%), normal 15명(32.6%), hyperlordosis 2명(4.4%), TA 후 검사에서 kyphosis 4명(8.8%), straight 20명(43.4%), normal 20명(43.4%), hyperlordosis 2명(4.4%)이었다(Table VIII).

Jochumssen method에 의한 만곡도 평균은 TA 전 검사에서 -0.15 ± 4.33 TA 후 검사에서 1.31 ± 4.49 로 유의하게 증가되 있었다($P < 0.05$) Ishihara Index에 의한 만곡도 평균은 TA 전 검사에서 3.61 ± 10.70 ,

TA 후 검사에서 6.54 ± 10.17 로 유의하게 증가되 있었다($P < 0.05$) (Table IX).

Table VIII. Distribution of Cervical Curvature by Jochumsen Method and Ishihara Index

Curvature	Number of cases(%)			
	Jochumssen method		Ishihara Index	
	Befor TA	After TA	Befor TA	After TA
Kyphosis	14(30.4)	7(15.2)	10(21.7)	4(8.8)
Straight	21(45.7)	22(47.8)	19(41.3)	20(43.4)
Normal	8(17.4)	14(30.5)	15(32.6)	20(43.4)
Hyperlordosis	3(6.5)	3(6.5)	2(4.4)	2(4.4)
Total	46(100)	46(100)	46	46

Table IX. Average of Jochumsen Method and Ishihara Index

	Befor TA (n=46)	After TA (n=46)	P-value (t-test)
Jocumsen method	-0.15 ± 4.33	1.31 ± 4.49	0.013 (-2.26)
Ishihara Index	3.61 ± 10.70	6.54 ± 10.17	0.038 (-2.13)

Value are Mean \pm SD.

Significant P value was calculated with t-test; $P < 0.05$

IV. 고 찰

경추는 일반적으로 관절 운동 범위가 크지만 관절의 안정도가 낮고, 척추 후면을 지지하는 근육층이 흥, 요추부보다 적기 때문에 근육의 지지도가 낮다. John 등³⁾은 경추부는 여러 가지 외상이나 병적 상태로 인해 전만도의 변화가 흥, 요부부에 비해 쉽게 나타날 수 있다고 하였고, 경추 측면 방사선상 경추 만곡의 직선화나 후만은 경부의 근육 경련 또는 인대 손상 등에 의한 병적상태인 것으로 추정되어왔다.

경추의 만곡을 측정하기 위해서는 일반적으로 경추의 단순 측면 영상이 이용된다. 경추의 만곡 측정법 연구에서 피부 표지(skin marker)나 표면 영상화를 통한 목의 만곡 형태나 만곡각등의 측정은 실제 모양을 제대로 반영하지 못하는 것으로 밝혀져, 측면 방사선 영상만이 경추의 측면 배열을 판정하는데 절대적인 요소가 되고 있다²¹⁾.

본 연구에서는 경추의 만곡을 조사하기 위해 C-Spine lateral AP X-Ray를 이용하였고, 만곡도 지표로 Jackson's Angle, Cobb's Angle(C1~C7), Ishihara Index, Jochumsen Method를 사용하였다. 이 중 Jackson's angle은 무증상군에서 21°~44°의 각도를 나타낸다고 밝혔을 뿐, 각도에 따른 만곡 형태를 규정하지 않았다. Cobb's Angle의 경우 35°~45° 사이를 정상 범위로 밝히고 이보다 35°이하는 과소전만, 45°이상은 과대전만으로 분류하였다. 이 두 지표는 경추 만곡을 세분화하여 분류하기 보다는 경추부 질환인 경항통, 두통, 악관절 장애 정도를 지표로 삼는 용도로 사용되어진다²⁵⁾.

Jochumsen Method는 +9mm이상은 과대전만, +3~+8mm는 정상, -3mm~2mm까지는 직선화, -3mm이하의 후만으로 정의하였고 Ishihara Index는 25%이상은 과대전만, 5%~24%는 정상, 0~5%는 직선화, 0%이하의 후만으로 정의하였다. 이 두 지표가 경추 만곡을 구체적으로 세분화하고 있기에 본 연구에서는 TA 전후 경추 만곡 형태 분류에서 Jochumsen Method와 Ishihara Index를 사용하였다.

이러한 경추 전만의 감소는 임상에서 흔히 볼 수 있는 소견이나 실제 임상증상에 미치는 영향에 대해서는 논란이 있다. Haas 등²⁶⁾은 척추 만곡 변이는 정상적인 변이의 일부분이라고 주장하였다. 이와 반대로 Harrison 등²⁷⁾은 Hass 등²⁶⁾의 주장을 비판하면서 경추 전만의 감소는 경부 수술의 예후에 부정적인 영향을 미치며 목과 흉추 상부, 어깨의 통증, 만성적인 두통을 유발할 수 있으며 추체나 추간판의 퇴행성 변

화의 원인이 될 수 있다고 하였다.

편타손상과 잠행성 경항통 환자의 경추 만곡 변화에 대해 여러 의견이 있는데 Matsumoto 등²⁸⁾은 편타성 손상 환자와 무증상 대조군 간에 경추 만곡의 유의한 차이가 없었다고 하였다. 정 등¹⁹⁾은 잠행성 경항통 환자와 편타성 손상 경항통 환자의 경추 전만 각도를 비교해봤을 때 잠행성 경항통 환자의 전만각도가 더 줄어들었다고 하였다. 하지만 이들 연구는 발병원인에 따른 서로 다른 두 집단을 비교한 것일 뿐 동일 환자군을 대상으로 삼지 않은 한계가 있다.

이에 본 연구는 경추부 기왕력으로 본원 C-Spine lateral X-Ray검사를 한 환자 중 검사 후 1년 이내에 교통사고를 당하여 C-Spine lateral X-Ray검사를 F/U한 46명의 환자를 대상으로 하였다.

Jackson's Angle은 TA 전 보다 TA 후 전만(45° 이상) 환자수가 7명에서 10명으로 증가되었고, Cobb's Angle(C1~C7)에서는 5명에서 10명으로 증가된 수치를 보였다.

Jochumsen Method와 Ishihara Index에서는 과전만 환자 수가 각각 3명과, 2명으로 동일하였지만 후만(kyphosis) 환자수가 14명에서 7명, 10명에서 4명으로 감소된 수치를 보여주었다. 이 두지표의 평균은 Jochumsen Method의 경우 -0.15 ± 4.33 에서 1.31 ± 4.49 로 전만각도가 유의하게 증가되었고($P=0.13$), Ishihara Index에서도 평균 3.61 ± 10.70 에서 6.54 ± 10.17 로 전만 각도가 유의하게 증가되었다($P=0.038$).

본 연구 결과는 Kaneoka 등²⁹⁾이 실험용 인체 모델이나, 사체들을 이용한 연구에서 사고 초기에 C6가 상부의 추체에 대하여 뒤쪽으로 밀리고 C6가 한계까지 밀린 후에 C5가 신전되어 상부의 추체가 굴곡되는 만큼 하부추체는 신전되어 경추는 S-shaped positon의 형태를 띄게되어 Jochumsen Method나 Ishihara Index 지표를 이용할 경우 경추 전만이 증가되는 것과 같은 결과치를 보였다.

특히 본 연구는 경추부 기왕력이 있는 환자군을 대상으로 하였기에 TA 전 일자목의 비율이 정상집단에 비하여 높은 비율을 보였고(Jochumsen 45.7%, Ishihara 41.3%), TA 후 정상 만곡을 보인 환자수가 TA 전보다 높은 비율을 차지하였다(Jochumsen 17.4%→30.5%, Ishihara 32.6%→43.4%). 이는 TA 후 경추만곡이 TA 전보다 정상화 되었다고 생각하기 보다는 Manohar 등¹²⁾ 밝힌 편타손상의 기전에서 1차 충격 시 하부 경추에 큰 충격이 전해지고 이때 상부경추의 신전과 하부 경추의 굴곡으로 S-shape의 형태를 보이는데 하부 경추의 굴곡이 상부 경추의 신전보다 더 증가되어 전반적인 경추 전만은 증가됨으로 해석할 수 있겠다. 형태적인 만곡은 증가되었으나 편타 손상으로 경부 앞 근육군인 흉쇄유돌근, 사각근 등은 과신전이 일어나게 되고 경부 뒷 근육군인 다열근, 회선근의 단축이 일어나며 이들이 신경계, 혈관계를 자극하여 방사선적 검사로 진단하기 힘든 통증이 편타손상으로 유발됨을 문헌적으로 알 수 있었다.

IV. 결 론

1. Jackson's Angle로 TA 전, 후 경추 만곡을 비교하였을 때 정상범위는 TA 전, 후 각각 63%였으며 TA 전 검사에서는 과소 전만 21.8%, 과대전만 15.2%, TA 후 검사에서 과소전만 15.2%, 과대전만 21.8%으로 나타났다.
2. Cobb's Angle(C1~C7)로 경추 만곡을 비교하였을 때 TA 전 검사에서 직선화 50%, 정상 39.1%, 과대전만 10.9% TA 후 검사에서 직선화 50%, 정상28.3%, 과대전만 21.7% 이었다.
3. Jochumsen method로 평가 시 TA 전 검사에서 후만 30.4%, 직선화 45.7%, 정상 17.4%, 과

전만 6.5%, TA 후 검사에서 후만 15.2%, 직선화 47.8%, 정상 30.5%, 과전만 6.5% 였다.

4. Ishihara method로 평가 시 TA 전 검사에서 후만 21.7%, 직선화 41.3%, 정상 32.6%, 과전만 4.4%, TA 후 검사에서 후만 8.8%, 직선화 43.4%, 정상 43.4%, 과전만 4.4% 이었다.
5. Jochumssen method에 의한 만곡도 평균은 TA 전 검사에서 -0.15 ± 4.33 TA 후 검사에서 1.31 ± 4.49 로 유의하게 증가되었다. Ishihara Index에 의한 만곡도 평균도 TA 전 검사에서 3.61 ± 10.70 , TA 후 검사에서 6.54 ± 10.17 로 유의하게 증가되었다.

기존 경향통 경력이 있었던 환자가 편타손상을 당했을 경우 경추 전만이 증가되는 경향을 보였다. 비율은 측정법마다 차이가 있었으나 후만 감소, 전만 증가라는 결과는 모두 같았다. 본 연구에서는 경향통 기왕력 환자를 대상으로 하였지만 보다 정밀한 연구를 위해서는 무증상군이 편타손상을 당했을 경우 경추 만곡도 변화에 대한 추가 연구가 필요한 것으로 보인다.

참고문헌

1. 김경식. 동의임상지침. 서울 : 대성문화사. 1998 ; 167.
2. Bovim G, Schrader H, Sand T. Neck pain in the general population. Spine, 1994;19: 1307-9.
3. John HJ, Sydney MM, Gomer WR. Roentgenographic variations in normal cervical spine. Radiology. 1962;78:591-7.

4. Maigne R. 척추 통증의 진단과 치료. 서울 : 군자출판사. 2008:3-6.
5. Neumann DA. 근골격계의 기능해부 및 운동학. 서울 : 정담미디어. 2004:23-9, 324-6.
6. Hardacker JW, Robert F, Peter N, Philip W. Radiographic standing cervical segmental alignment in adult volunteers without neck symptoms. Spine. 1997; 22(13):1472-9.
7. Kapandji IA. 관절생리학 3권. 체간, 척추. 서울 : 영문출판사 2001:14-5.
8. 이병렬, 이현, 박태균. 경항통 환자 50례에 대한 임상적 고찰. 대한 침구학회지. 1999;16(2):69-82.
9. Hohl M. Soft-tissue injuries of the neck in automobile accidents. J Bone Joint Surg. 1974;56:1675-82.
10. One K, Kanno M. Influences of the physical parameters on the risk to neck injuries in low impact speed rear-end collisions. In: International Conference on the Biomechanics of Impacts. 8-10 Sept. 1993: Eindhoven:IRCOBI.
11. Matsumoto M, Fujimura Y, Suzuki N, Toyama Y, Shiga H. Cervical curvature in acute whiplash injuries: prospective comparative study with asymptomatic subjects. Injury. 1998;29(10):775-8.
12. Manohar M, Panjabi, Jacek Cholwicki, Kimio Nibu, Jonathan N. Grauer, Lawrence B. Mechanism of whiplash injury: Clinical Biomechanics. 1998;13: 239-49.
13. Gore Dr, Sepic SB, Gardner GM. Roentgenographic findings of the cervical spine in asymptomatic people. Spine. 1986;6:521-4.
14. I.A.Kapandji. Physiologie Articulare 5 edition vol 3. 2001:194~205.
15. Braaf MM, Rosner S. Trauma of the cervical spine as a cause of chronic headace. J Trauma. 1975;15:441-6.
16. 박상욱, 장영욱, 김성식, 장기언. 경부통 환자에서 세가지 측정법에 의한 경추 전만의 변화. 대한재활의학회지. 2000;24(4):756-64.
17. 조현열, 재은정, 이경민, 이정훈, 서정철, 한상원. Kyphotic cervical curvature로 인한 항통 4예에 대한 임상적 고찰. 대한침구학회지. 2002;19(3):230-9
18. 이경윤, 박민정, 조원영, 박쾌환. 교통사고로 인한 편타손상환자의 상부경추분석을 통한 고찰. 대한침구학회지. 2003;20(6):27-35.
19. 정두영, 안치권, 윤문식, 김영신. 편타 손상 경항통 환자와 잠행성 경항통 화자의 경추 만곡 비교. 대한추나의학회지. 2004;5(1):151-61.
20. Gore DR, Sepic SB, Gardner GM. Roentgenographic findings of the cervical spine in asymptomatic people. Spine. 1986;6:521-4.
21. Chiba K. Diagnostics. J Clin Chiro. 1962;2(48):88.
22. Ishihara A. Roentgenographic studies on the normal pattern of the cervical curvature. Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi (J Jpn Orthop Assoc). 1968;42:1033-44.
23. Peterson CK, Kirk RJ, Isdahl M, Humphrey BK. Prevalence of hyperplastic articular pillars in the cervical spine and relationship with cervical lordosis. J Manipulative Physiol Ther. 1999;22(6):390-4.
24. Refshauge KM, Goodsell M, Lee M. The relationship between surface contour and

- vertebral body measures of upper spine curvature. *Spine*. 1994;19:2180-5.
25. 김동민, 하선윤, 조성연, 김용석, 남상수 경추의 전만 감소와 경향통의 상관관계 연구. *대한침구학회지*. 2008;25(5):69-76.
26. Haas M, Taylor JAM, Gillete RG. The routine use of radiographic spinal displacement analysis:1 dissent. *J Manipulative Physiol Ther*. 1999;22:254-9.
27. Harrison DE, Harrison DD, Troyanovich SJ, Harmon S. Anrmal spinal position:It's time to accept evidence. *J Manipulative Physiol Ther*. 2000;23(9):623-44.
28. Matsumoto M, Fujimura Y, Suzuki N, Toyama Y, Shiga H. Cervical curvature in acute whiplasg injuries: prospective comparative study with asymptomatic subjects. *Injury*. 1998;29(10):775-8.
29. Kaneoka K, Ono K, Inami S, Hayashi K. Motion analysis of cervical vertebrae during whiplasg loading. *Spine*. 1999;24(8):763-9.