

Spring의 lumen size와 helical coil 형성 위치 변화가 교정력에 미치는 영향

이 규 선, 이 선 경*, 김 복 동**

동남보건대학교 치기공과, 경희대학교 치과대학 예방사회치과학교실 및 구강생물연구소*, 진성기업(주) 특수선사업부**

Impact of Lumen Size and Helical Coil Place Change in Spring on Orthodontic Force

Gyu-Sun Lee, Sun-Kyoung Lee*, Bok-Dong Kim**

Department of Dental Technology, Dongnam Health College
Department of Preventive and Social Dentistry & Institute of Oral Biology,
College of Dentistry, Kyung Hee University*, Jin Sung IND. CO., LTD**

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study was to impact of force system change in finger spring that add helical coil one round on orthodontic force.

Methods: The following conclusions were drawn from the experiment conducted after bending 90 samples with a CNC wire forming machine while changing the height and lumen size to 1 mm - 3 mm - 5 mm and 2 mm - 3 mm - 4 mm respectively in the coil of the force system in finger spring added with one wheel of helical coil of 18-8 stainless steel round wire ($\varnothing 0.5$ mm, spring hard) from Jinsung Co. in domestic market under the following conditions: Laboratory name = Instron 5942; Temperature(deg $^{\circ}$ C) = 18.00; Humidity(%) = 50.00; Rate 1 = 10.00000 mm/min; Compressive extension = 5.0mm.

Results: When Coil height is 1, 3, 5 mm and lumen size is 2, 3, 4 mm reduce finger spring as mean value of compressive extension occasion maximum load(mN) increases as coil height rises, and lumen size grows to 5.0mm. And was expose that compressive load(mN) increases as coil position of finger spring rises and increase as lumen size is decrescent.

Conclusion: As the adherence height of coil was raised from 1mm through 3 mm to 5 mm, compressive load increased. As the lumen size increased from 2 mm through 3 mm to 4 mm, compressive load decreased. Therefore, these results suggest that it is desirable to lower the coil height and enlarge the lumen size to enhance the biomechanical efficiency of finger spring when manufacturing the finger spring for removable orthodontic devices.

○Key words : finger spring, force system, lumen size, orthodontic force

* 본 논문은 2010년 동남보건대학교 연구비 지원으로 수행되었음.

교신저자	성명	이 규 선	전화	011-287-3620	E-mail	gslee@dongnam.ac.kr	
	주소	경기도 수원시 장안구 정자동 937번지 동남보건대학교 치기공과					
접수일	2011. 10. 31		수정일	2011. 12. 22		확정일	2011. 12. 28

I. 서론

부정교합의 치료를 위하여 구강 내에 장착된 가철식 교정장치의 energy sources는 spring, screw, elastic 등이 있다. 그리고 spring, screw, elastic 등의 energy sources를 activation 시켜 교정력을 얻으며 치아나 악골을 원하는 위치로 수정하게 된다(강창은, 1998).

일반적으로 finger spring이나 cantilever spring 등을 제작하는 경우 구강내의 제한적인 상황 때문에 spring 크기의 변화 없이 유연성과 작용범위를 증가시켜 지속적인 교정력으로 생리적이고 효율적인 치아 이동 목적 달성을 위하여 helical coil을 추가한다(최강철 등, 1999).

이렇게 작은 양으로 spring arm을 activation 할 수밖에 없는 경우 치과교정장치를 정확하게 조절하기 힘들고 빈번하게 조작해야 하는 번거로움이 있다.

그러므로 orthodontic force system 간의 상관성에 따른 최적 교정력의 예측이 필요하다.

치과 교정치료 시 사용되는 spring 중 orthodontic force system에 대한 상관관계가 알려진 것은 많이 있다.

그러나 치과교정장치를 제작하는 대부분의 술자들이 경험에 의한 통법에 의존하고 있으므로 spring의 force system이 최적의 교정력을 발휘할 수 있는 조건인지는 의문이 아닐 수 없다. 또한 강창은(1998), Boshart(1989), Chaconas(1984) 등의 선행 연구에서는 spring의 alloy type, wire diameter, lumen size, shape, spring 길이 등에 대한 상관관계를 다루었으나 spring 위치 변화가 orthodontic force에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 찾기가 힘들다.

따라서 교정력의 크기를 낮추기 위한 방법으로 orthodontic wire의 재질이나 굵기, spring의 형태를 변화시켜야 한다.

이처럼 유연성과 작용범위를 증가시켜 지속적인 교정력을 얻기 위하여 spring에 helical coil을 추가하는 경우 orthodontic wire의 재질이나 굵기, spring의 형태 변화(helical coil의 lumen size, coil의 횟수, spring의 길이 등 force system의 변화)에 따라 orthodontic force가 영향을 받는다고 하였다.

따라서 이 연구의 목적은 18-8 stainless-steel round

wire로 orthodontic spring을 제작하는 경우 force system 중 lumen size 및 위치의 변화가 orthodontic force에 어떤 영향을 미치는지 알아보고 생역학적으로 효율성을 높일 수 있는 가철식 치과교정장치를 제작하도록 도움을 주고자 함이다.

II. 연구 방법

1. 연구 재료

1) 시편 재질: 국내에서 시판되며 임상에서 치과 교정기 공용 장치 제작에 많이 사용되는 wire 중 진성기업의 18-8 stainless steel round wire(Ø0.5mm, spring hard)이다.

2) 시편 제작: 다음의 조건(Table 1, Fig. 1)에 맞추어 CNC wire forming machine으로 90개의 시편을 bending 하였다.

Table 1. Fabrication conditions for samples

length of finger spring(mm)	height of coil(mm)	lumen size(Ø)	
30	1	2	
		3	
		4	
	3	3	2
			3
			4
			2
	5	5	3
			4
			4

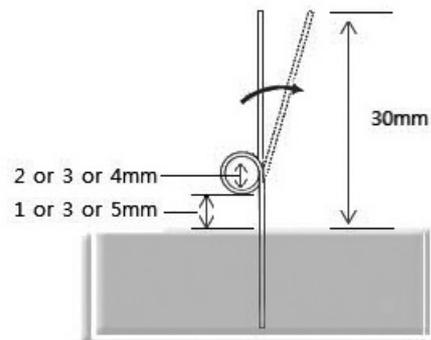


Fig. 1. Fabrication conditions for samples

2. 연구 방법

Helical coil을 한 바퀴 첨가한 finger spring의 force system 중 acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이와 lumen size의 변화가 finger spring의 stiffness 와 action range에 어떤 영향을 미치는지 살펴보고자 습도가 50.00%이며 18°C를 유지하는 실험실에서 Instron 5942를 이용하여 10.00000mm/min의 속도로 5.0mm를 compressive extension 하였다.

III. 결 과

Acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이가 1mm인 finger spring의 arm을 5.0mm까지 compressive extension 한 경우 maximum load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 160.79, 3mm일 때 144.32, 4mm일 때 119.10 이었다.

그리고 compressive load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 158.63, 3mm일 때 141.87, 4mm일 때 116.21이었다(Table 2).

Table 2. Compressive load under compressive extension up to 5mm when the height of finger spring coil is 1mm, and the lumen size is 2, 3, 4mm, respectively

(unit: mN)

	maximum load			compressive load at preset point (compressive extension 0.5mm)			compressive load at preset point (compressive extension 1mm)			compressive load at preset point (compressive extension 3mm)			compressive load at preset point (compressive extension 5mm)		
	d2	d3	d4	d2	d3	d4	d2	d3	d4	d2	d3	d4	d2	d3	d4
1	156.48	145.59	113.27	17.78	14.25	8.53	31.32	28.31	19.24	94.92	86.41	63.66	154.43	142.01	111.57
2	164.21	145.99	122.38	16.29	16.14	10.17	36.04	33.83	20.98	99.69	86.56	68.77	159.80	142.21	118.61
3	164.98	141.31	113.67	18.66	17.10	10.19	32.88	27.66	17.26	98.76	83.13	61.81	160.30	138.90	110.01
4	164.89	140.86	118.96	16.05	14.22	10.04	30.01	27.11	18.24	96.96	81.97	66.77	164.42	135.04	116.84
5	157.72	143.86	107.00	16.86	14.86	11.19	35.55	29.86	20.02	94.70	86.72	61.50	155.23	143.77	104.29
6	169.06	145.09	124.55	17.02	12.77	8.28	36.05	30.65	21.93	105.12	87.05	68.65	166.63	142.44	120.86
7	152.17	137.89	129.29	14.01	2.33	15.41	28.65	16.90	25.28	91.30	73.52	74.64	149.96	136.77	125.81
8	155.42	147.76	119.10	17.91	15.87	8.17	32.37	31.44	18.19	94.69	88.13	65.00	153.83	146.27	118.84
9	163.86	143.48	120.16	17.75	19.55	9.21	33.67	29.02	21.20	103.29	83.02	67.24	162.75	142.93	117.24
10	159.06	151.40	122.60	15.27	17.14	11.49	32.28	30.49	21.13	97.06	90.11	66.23	158.96	148.32	118.09
mean	160.79	144.32	119.10	16.76	14.42	10.27	32.88	28.53	20.35	97.65	84.66	66.43	158.63	141.87	116.21
standard deviation	5.36	3.80	6.39	1.39	4.65	2.14	2.51	4.53	2.32	4.20	4.65	3.85	5.23	4.05	6.08

Acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이가 3mm인 finger spring의 arm을 5.0mm까지 compressive extension 한 경우 maximum load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 165.96, 3mm일 때 153.06, 4mm일 때 130.22이었다.

그리고 compressive load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 163.24 3mm일 때 150.63, 4mm일 때 127.70이었다(Table 3).

Acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이가 5mm인 finger spring의 arm을 5.0mm까지 compressive extension 한 경우 maximum load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 168.41, 3mm일 때 153.01, 4mm일 때 139.37이었다.

그리고 compressive load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 165.99, 3mm일 때 150.97, 4mm일 때 137.59이었다(Table 4).

Table 3. Compressive load under compressive extension up to 5mm when the height of finger spring coil is 3mm, and the lumen size is 2, 3, 4mm, respectively

(unit: mN)

	maximum load			compressive load at preset point (compressive extension 0.5mm)			compressive load at preset point (compressive extension 1mm)			compressive load at preset point (compressive extension 3mm)			compressive load at preset point (compressive extension 5mm)		
	d2	d3	d4	d2	d3	d4	d2	d3	d4	d2	d3	d4	d2	d3	d4
1	163.30	161.19	125.25	11.56	15.19	8.30	29.47	28.56	17.24	94.876	91.98	67.74	163.11	157.60	124.52
2	163.47	154.41	136.38	16.43	16.66	12.88	32.44	33.31	29.41	101.65	94.26	78.97	163.17	150.02	133.92
3	159.39	162.78	135.05	13.87	17.07	13.27	28.71	36.60	26.12	95.682	99.38	77.93	154.68	158.70	133.64
4	175.84	140.15	125.41	16.66	10.32	9.23	38.37	22.48	20.58	115.78	79.91	67.88	172.14	137.77	122.84
5	175.91	153.52	128.56	19.24	15.41	11.35	36.00	33.70	20.59	111.55	91.48	72.62	173.17	152.28	124.60
6	163.27	153.82	126.19	17.38	16.62	10.16	35.86	32.49	19.07	99.590	92.09	70.18	158.43	149.44	126.06
7	164.62	155.95	131.42	15.53	14.68	10.82	31.07	30.60	21.55	99.984	94.57	76.78	158.76	155.45	131.39
8	166.97	151.72	128.31	17.19	19.96	8.05	33.38	33.28	18.33	104.89	87.95	69.39	164.07	151.37	121.98
9	160.63	146.97	127.01	19.28	13.11	9.20	33.39	27.90	21.59	97.801	85.46	73.47	160.60	145.12	123.04
10	166.24	150.06	138.61	17.94	14.01	8.98	33.39	28.78	24.31	102.40	91.33	75.82	164.23	148.53	134.98
Mean	165.96	153.06	130.22	16.51	15.30	10.22	33.21	30.77	21.88	102.42	90.84	73.08	163.24	150.63	127.70
Standard Deviation	5.69	6.55	4.87	2.37	2.58	1.82	2.99	4.00	3.74	6.71	5.360	4.18	5.80	6.16	5.17

Table 4. Compressive load under compressive extension up to 5mm when the height of finger spring coil is 5mm, and the lumen size is 2, 3, 4mm, respectively

(unit: mN)

	maximum load			compressive load at preset point (compressive extension 0.5mm)			compressive load at preset point (compressive extension 1mm)			compressive load at preset point (compressive extension 3mm)			compressive load at preset point (compressive extension 5mm)		
	d2	d3	d4	d2	d3	d4	d2	d3	d4	d2	d3	d4	d2	d3	d4
1	178.05	143.78	138.77	18.59	11.76	12.37	33.37	25.00	21.33	106.02	81.851	76.451	172.13	140.49	138.71
2	159.87	144.00	126.48	12.48	12.28	6.03	27.53	25.23	23.65	95.137	85.310	70.624	159.43	143.89	126.38
3	169.46	155.14	140.52	16.59	16.10	9.46	31.83	29.81	24.65	104.20	89.026	78.722	167.22	150.84	135.89
4	167.72	153.15	143.88	14.43	15.07	13.11	29.59	27.33	21.69	97.903	95.122	79.638	161.73	150.41	143.73
5	171.45	153.05	143.00	16.90	12.75	12.39	34.47	30.89	23.57	104.45	91.355	84.838	170.61	149.74	138.53
6	174.30	163.71	145.90	16.58	19.14	14.09	32.85	35.87	24.42	107.54	107.09	83.787	174.17	161.83	145.67
7	168.06	165.61	132.65	14.98	14.51	9.85	29.76	33.18	18.90	99.738	101.36	71.771	165.60	164.85	131.81
8	165.46	156.06	140.72	11.76	14.98	8.52	31.17	33.71	24.20	99.171	98.358	78.547	162.78	154.06	138.96
9	166.63	149.91	146.06	17.26	16.54	11.99	35.71	28.20	25.13	104.93	92.565	82.751	163.69	148.55	144.98
10	163.13	145.73	135.75	12.58	17.27	10.87	28.23	29.46	20.84	96.962	93.394	72.769	162.52	144.98	131.26
Mean	168.41	153.01	139.37	15.22	15.04	10.87	31.45	29.87	22.84	101.60	93.544	77.990	165.99	150.97	137.59
Standard Deviation	5.28	7.57	6.23	2.3383	2.3350	2.4300	2.6913	3.6099	2.0342	4.3105	7.4625	5.0473	4.9051	7.6266	6.3548

Acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이가 1, 3, 5mm이며, lumen size가 2, 3, 4mm일 때 finger spring의 arm을 5.0mm까지 compressive extension 한 경우 maximum load(mN)의 평균값은 helical coil 높이가 높아질수록 증가하고, lumen size가 커질수록 감소하였다. Compressive load(mN)의 평균값 역시 helical coil 높이가 높아질수록 증가하고, lumen size가 커질수록 감소하였다(Table 5).

Table 5. Means of compressive load according to the changes in finger spring height and lumen size

height of coil(mm)	lumen size(Ø)	maximum load(mN)	compressive load(mN)
1	2	160.79	158.63
	3	144.32	141.87
	4	119.10	116.21
3	2	165.96	163.24
	3	153.06	150.63
	4	130.22	127.70
5	2	168.41	165.99
	3	153.01	150.97
	4	139.37	137.59

IV. 고 찰

일반적으로 치과 교정 치료 시 최적 교정력의 범위는 2-1,000g/cm² 정도이며 각 치아의 최적 교정력은 50-360g/cm², 그리고 치아 이동형태에 따른 최적 교정력은 10-120g/cm² 정도로 알려져 있다.

치과 교정 치료 시 사용되는 helical coil spring은 open coil spring과 closed coil spring으로 나뉘며, orthodontic wire의 재질이나 직경, spring의 형태 변화(helical coil의 lumen size, coil의 횡수, spring의 길이 등 force system의 변화)에 따라 역학적 성질이 달라진다.

이러한 이유로 교정력을 발휘하는 spring의 alloy type, wire diameter, lumen size, shape, spring 길이 등의 상관성에 따라 치아 이동에 필요한 최적 교정력을 얻고자 많은 연구를 진행해 왔다(Born, 1955; Webb et

al, 1978).

본 연구와 관련하여 구체적인 선행 연구 사례를 살펴보면 다음과 같다.

지속적인 교정력으로 생리적인 치아이동 목적을 달성하기 위하여 spring을 만드는 orthodontic wire의 stiffness가 낮아야 하고 action range는 넓어야 한다.

orthodontic wire의 재질에 따른 L/D rate에 대하여 Boshart(1989)는 열처리를 하면 Co-Cr-Ni coil spring은 stainless-steel coil spring 보다 stiffness가 13% 증가한다고 보고하였다.

Chaconas 등(1984)은 open coil spring의 하중변형 조사에서 stiffness는 wire 직경이 증가하면 따라서 증가하고, 내경이 증가하는 경우는 감소한다고 하였다.

또한 Boshart(1989)는 wire의 성분이나 직경, 내경, spring의 길이 등 force system을 변화시킨 경우 wire의 직경 변화가 spring 내경 변화보다 spring rate에 더 많은 영향을 미친다고 하였다.

또한 Chaconas 등(1984)는 Co-Cr-Ni 및 stainless-steel open coil spring의 직경과 내경 변화에 따른 stiffness는 wire 직경이 증가하고 내경이 일정하면 따라서 증가하고, wire 직경이 일정하고 내경이 증가하는 경우는 감소한다고 하였다.

강창은(1998)은 stainless-steel spring의 wire 직경이 일정하고 내경이 감소하는 경우 stiffness는 증가한다고 하였다. 그러나 Boshart(1989)는 spring의 내경이 spring rate에 그다지 영향을 미치지 않는다고 하였다.

Chaconas 등(1984)는 spring의 내경 감소와 wire의 직경 증가 시 spring 활성화에 의한 교정력도 증가한다고 하였다.

Webb 등(1978)는 wire diameter의 감소와 lumen size의 증가는 낮은 deflection rate를 유지하는데 좋다고 하였다.

이처럼 선행 연구에서는 spring의 alloy type, wire diameter, lumen size, shape, spring 길이 등에 대한 상관관계를 많이 다루었으나 spring 위치 변화가 orthodontic force에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구 흔적은 찾기가 힘들다.

그러나 최광철 등(1999)에 따르면 6mm 높이 loop

spring의 force system 중 helical coil을 한 바퀴 첨가한 후 coil의 높이 변화 따른 연구에서 helical coil이 2 mm 위치에 있을 때는 L/D rate의 감소효과가 없고 그보다 위나 아래쪽에 helical coil이 위치해야 L/D rate가 감소한다고 하였다. 그리고 M/F ratio는 선형적으로 증가하는데 2 mm 이하에서는 helical coil이 없을 때 보다 오히려 감소한다고 하였다.

본 실험에서는 acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이가 1mm인 finger spring의 arm을 5.0mm까지 compressive extension 한 경우 maximum load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 160.79, 3mm일 때 144.32, 4mm일 때 119.10이었다. 그리고 compressive load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 160.79, 3mm일 때 144.32, 4mm일 때 119.10이었다.

또한 acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이가 3mm인 finger spring의 arm을 5.0mm까지 compressive extension 한 경우 maximum load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 165.96, 3mm일 때 153.06, 4mm일 때 130.22이었다. 그리고 compressive load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 165.96, 3mm일 때 153.06, 4mm일 때 130.22이었다.

마지막으로 acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이가 5mm인 finger spring의 arm을 5.0mm까지 compressive extension 한 경우 maximum load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 168.41, 3mm일 때 153.01, 4mm일 때 139.37이었다. 그리고 compressive load(mN)의 평균값은 lumen size가 2mm일 때 168.41, 3mm일 때 153.01, 4mm일 때 139.37이었다.

즉 acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이가 1, 3, 5mm이며, lumen size가 2, 3, 4mm일 때의 finger spring의 arm을 5.0mm까지 compressive extension 한 경우 maximum load(mN)의 평균값은 helical coil 높이가 높아질수록 증가하고, lumen size가 커질수록 감소한다. 그리고 compressive load(mN)는 finger spring의 helical coil 위치가 높아질수록 증가하고 lumen size는 작아질수록 증가하는 것으로 나타났다.

따라서 orthodontic wire로 가철식 치과교정장치에 필요한 finger spring을 제작하는 경우 force system 중

lumen size 및 helical coil의 위치 변화가 orthodontic force에 영향을 미치게 되므로 생역학적 효율성을 높이기 위하여 acrylic resin에 가깝게 helical coil 위치는 낮추고 lumen size는 크게 하는 것이 바람직하다고 사료된다.

V. 결 론

Helical coil을 한 바퀴 첨가한 finger spring의 force system 변화가 orthodontic force에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 국내에서 시판되는 진성기업 18-8 stainless steel round wire($\varnothing 0.5\text{mm}$, spring hard)로 acrylic resin으로부터 helical coil이 형성된 높이(1mm - 3mm - 5mm)와 lumen size(2mm - 3mm - 4mm)의 변화를 주어 CNC wire forming machine 으로 90개의 finger spring을 bending한 후, 습도가 50.00 % 이며 18°C를 유지하는 실험실에서 Instron 5942를 이용하여 10,000mm/min의 속도로 spring arm을 5.0mm까지 compressive extension 하는 방법으로 실험한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. Acrylic resin으로부터 coil이 형성된 높이가 1mm - 3mm - 5mm로 높아질수록 compressive load는 증가하였다.
2. Helical coil의 lumen size가 2mm - 3mm - 4mm로 증가할수록 compressive load는 감소하였다.
3. 따라서 가철식 치과교정장치의 finger spring 제작 시 생역학적 효율성을 높이기 위하여 helical coil의 위치는 낮추고 lumen size는 크게 하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 강창은. 교정용 closed coil spring의 기계적 성질에 관한 비교 연구. 원광대학교 대학원, 1998.
- 최광철, 김경호, 박영철. 교정용 loop 스프링의 force system에 영향을 주는 요소. 대한치과교정학회지,

29(5), 511-519, 1999.

Born HS. some facts concerning the open coil spring. Am J Orthod, 41, 917-925, 1955.

Boshart BF. Load-deflection rate measurements of activated open and closed coil spring. Angle Orthod, 60, 27-32, 1989.

Chanconas SJ, Caputo AA, Harvey K. Orthodontic force characteristics of open coil spring. Am J Orthod, 85, 494-497, 1984.

Webb RI, Caputo AA, Chaconas SJ. Orthodontic force production by closed coil spring. Am J Orthod, 74, 405-409, 1978.