

상완부의 지혈대 직하부 조직압력의 측정

중앙대학교 의과대학 정형외과학교실

이은우 · 안병우 · 정무형

= Abstract =

The Measurement of the Soft Tissue Pressure beneath a Tourniquet in the Arm

Eun Woo Lee, M.D., Byung Woo Ahn, M.D. and Moo Hyung, Chung, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Chung-Ang University
Seoul, Korea

The use of a pneumatic tourniquet is potentially associated with injury to underlying muscles, vessels, and nerves if excessive pressure occurs beneath the tourniquet.

In order to minimize the risk of soft tissue injury, the lowest tourniquet pressure that maintains a bloodless operative field should be used.

A clinical study was undertaken to evaluate the pneumatic tourniquet setting required for adequate hemostasis in upper extremity surgery.

From March to September in 1984, the subcutaneous soft tissue pressure of the 20 upper extremities beneath a pneumatic tourniquet in the arm were measured directly and the following results were obtained.

1. The underlying subcutaneous soft tissue pressure was not affected by adult, age, arm circumference, and blood pressure of normal range.
2. The underlying subcutaneous soft tissue pressure showed direct correlation with the tourniquet pressure respectively.
3. A tourniquet pressure of more than 250 mmHg was not rarely required in a normotensive individual.

Key words : Tourniquets, Tissue pressure, effects, upper extremity.

I. 서론

지혈대는 정형외과 영역에서의 수술시 무혈성 수술시야를 위하여 광범위하게 사용되고 있으나 이것의 사용으로 인한 합병증이 가끔 보고되고 있다.

지혈대 사용으로 인한 합병증으로는 지혈대 착용 원위부의 허혈로 야기되는 합병증과 근육, 혈관 및 신경등의 특정 연부조직을 손상시키는 국소적인 합병증이 있다^{1,7,8,10}. 이들중 국소적 합병증은 대부분의 저자들이 임상적 연구나 실험적 결과를 통해 연부조직에 대한 직접적인 압력에 의해 발생된다고 하였다^{5,9,12,13}.

그러나 상지에서 필요한 지혈대 압력에 대한 연구는 별로 없는 상태로 통상 250~300 mmHg의 압력이 사용되어 왔으며 최근까지도 종종 이로 인한 합병증이 보고되고 있다.

본 연구는 불필요하게 높은 지혈대 압력을 사용하여 발생될 수 있는 합병증을 줄이기 위해 slit catheter 방법을 이용하여 상지에서 수술시 지혈에 필요한 최소한의 압력을 측정하였고 성인에서 연령, 혈압 및 상지둘레의 크기와의 연관성을 조사하였다.

II. 연구대상

본 연구는 1984년 3월부터 9월까지 중앙대학교 의과대학 부속병원에 입원한 18세부터 47세까지의 수축기 혈압이 120 mmHg 이하인 남자 10명에 대하여 각각 좌우 상지 20예를 대상으로 하였다(Ta-ble 1).

III. 연구방법

1. 본 연구에 사용한 slit catheter는 18 gauge pol-

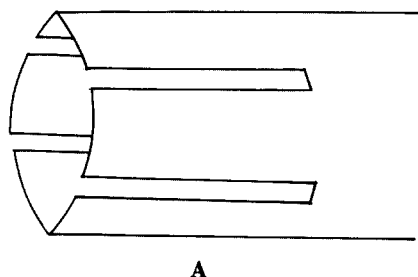


Fig. 1. A ; A tip of slit catheter. B ; Slit catheter, connector, and slit catheter introducing external needle.

yethylene catheter 의 한쪽 끝에 3 mm 길이의 slit 4 개를 만들어 사용하였다 (Fig. 1).

2. 실험에 앞서 압력계 (Datascope ; monitor 870 recoder 721-A) 를 15분 이상 가동시켜 오차를 줄이도록 하였다 (Fig. 2).

3. 압력계, 변환기 (Pressure transducer) (Fig. 3), 3 way stopcock, extension tube 및 slit catheter 순으로 연결하고 그 내부를 생리식염수로 채웠다. 이때 실험기재 내부에 공기가 들어가지 않도록 주의하였다.

4. 변환기를 실험 대상자의 상완부 높이에 일치시킨 후 영점 교정을 시행하였다.

5. 실험 대상자를 앙와위로 누이고 주두 상단 10 cm 상방에 폭 10 cm 의 지혈대를 감고 지혈대 원위부를 무균적으로 처치한 후 2 % lidocaine 으로 국소마취 하였다.

6. Slit catheter 가 들어있는 외관바늘끝이 지혈대 폭의 중간부위에 위치하도록 피하조직내로 5 cm 삽입하였다.

7. Slit catheter 를 피하조직내에 고정시킨 상태로 외관바늘을 완전히 피부 밖까지 후퇴시킨 후 3 way stopcock 를 통하여 생리식염수를 주사하여 slit catheter 의 개방성을 확인하였다.

8. 먼저 안정시의 조직압력을 측정한다 다음 지혈

Fig. 2. Pressure monitor and recorder.

Fig. 3. Pressure transducer.

Table 1. Age distribution

Age(yrs)	No. of Cases	No. of Extremities
10 - 19	2	4
20 - 29	5	10
30 - 39	2	4
40 - 49	1	2
Total	10	20

대의 압력을 50 mmHg 부터 50 mmHg 씩 250 mm Hg 까지 올리면서 각 압력에서의 조직압력을 측정하였고 이때 매 측정시 slit catheter 의 개방성 여부를 확인하였다.

9. 실험 대상자의 상완부 둘레는 주관절을 신전시킨 상태에서 주두상단으로부터 15 cm 상방에서 측정하였다.

IV. 실험성적

상완부의 안정시 피하조직압력은 4.4 ± 1.6 mm Hg 이었다.

지혈대 압력이 50 mmHg 때의 피하조직압력은 최

Table 2. The soft tissue pressure beneath a tourniquet in the arm

Case	Age	Systolic BP (mmHg)	Side	Arm circumference(cm)	Tourniquet pressure(mmHg)					
					0	50	100	150	200	250
1	30	110	Rt	25	4	42	77	116	148	182
			Lt	25	7	46	78	117	152	185
2	18	110		26	3	45	82	112	137	173
				27	2	48	83	112	150	181
3	22	120		26	5	45	77	113	153	185
				26	4	42	83	111	150	180
4	25	120		27	6	44	80	116	144	185
				26	4	48	81	112	151	190
5	36	120		31	5	41	75	108	137	169
				30	3	40	73	110	140	170
6	19	120		29	4	44	76	110	149	178
				28	4	47	78	116	147	182
7	27	110		32	6	41	70	103	130	169
				31	5	42	73	107	128	172
8	47	120		28	8	46	80	113	148	178
				27	6	48	82	112	150	177
9	25	120		26	3	45	81	111	139	181
				26	2	48	79	116	150	177
10	23	110		24	4	49	86	119	159	188
				26	3	46	77	113	145	184
Mean				27.3	4.4	44.9	78.7	112.9	145.3	179.1
± S.D.				±2.2	±1.6	±2.8	±3.3	±3.8	±8.6	±6.1

저 40 mmHg 부터 최고 49 mmHg 까지이었으며 평균 44.9 ± 2.8 mmHg 이었다. 지혈대 압력이 100 mmHg 때의 피하조직압력은 최저 70 mmHg 부터 최고 86 mmHg 까지이었으며 평균 78.6 ± 3.3 mmHg 이었다. 지혈대 압력이 150 mmHg 때의 피하조직압력은 최저 103 mmHg 부터 최고 119 mmHg 까지이었으며 평균 112.9 ± 3.8 mmHg 이었다. 지혈대 압력이 200 mmHg 때의 피하조직압력은 최저 128 mmHg 부터 최고 153 mmHg 까지이었으며 평균 145.3 ± 8.6 mmHg 이었다. 지혈대 압력이 250 mmHg 때의 피하조직압력은 최저 169 mmHg 부터 최고 190 mmHg 까지이었으며 평균 179.1 ± 6.1 mmHg 이었다(Table 2, 3).

제한된 인원을 대상으로 하여 소아 및 노인층의 연령군은 측정치 못하였으므로 연령에 따른 조직압력에는 통계학적으로 유의한 차가 없었으며 (Table 4), 대체로 상완둘레가 클수록 조직압력은 감소하나 이에 따른 유의한 차이는 없었다(Table 5). 또한 정상혈압내에서 혈압차에 따른 피하조직압력에도 유의한 차가 없었다(Table 6).

V. 고 찰

상지에서의 지혈대 압력은 통상 300 mmHg의 압력을 사용하여 왔고⁴⁾ 1983년 Hubert⁹⁾ 등은 200 mmHg 이하에서도 무혈성 수술시야를 얻을 수 있다고 하였으나 저자마다 많은 차이를 보이고 있다.

사용되는 지혈대로는 pneumatic tourniquet, Es-march tourniquet 및 Martin sheet tourniquet 등이 있다¹⁾. 이들중 pneumatic tourniquet 은 1904년 Cushing 이 사용하고 기술한 이래 1981년 McGraw 등의 새로운 pneumatic tourniquet 에 이르기까지 가장 흔히 또한 가장 안전하게 사용되고 있으나 이것의 사용에 있어서도 합병증이 보고되고 있다⁸⁾.

지혈대 사용시에는 환자의 연령, 혈압 및 상지둘레등을 고려하여야 하며^{3,10)} 중요한 합병증의 원인으로서는 장시간 지혈대를 사용한 경우로 특히 1시간 이상 지혈대 사용시 합병증 발생율이 높고 과도한 압력 사용 및 충분치 못한 압력의 사용으로 인한 울혈때문이며 이는 Volkmann 세 허혈성 마비를 일으킬 수 있는 요인이 된다. 또한 해부학적 구조

Table 3. A graph showing the mean soft tissue pressure at different tourniquet pressure

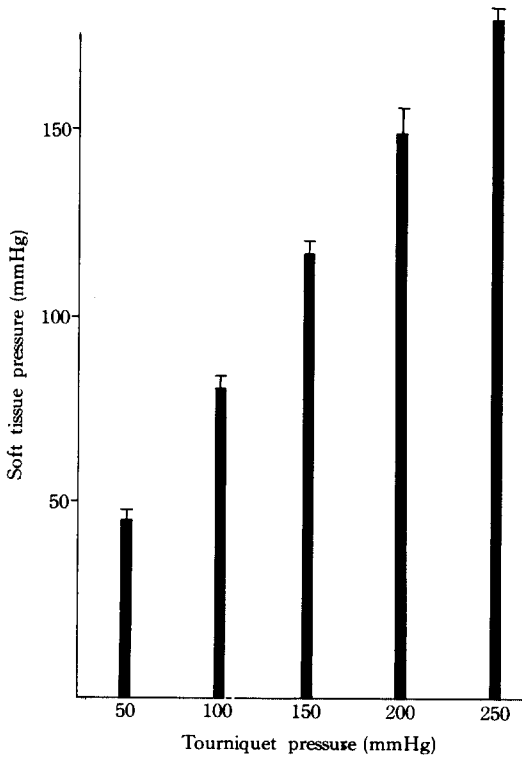


Table 4. The soft tissue pressure at each decade of individuals (mmHg)

Decade	No.	50	100	150	200	250
2 nd	4	46.0±1.8	79.8±3.3	112.5±2.5	145.8±6.0	178.5±4.0
3 rd	10	45.0±2.8	78.7±4.7	112.1±4.6	144.9±10.0	181.1±6.8
4 th	4	42.3±2.6	75.8±2.2	112.8±4.4	144.3±7.0	176.5±8.2
5 th	2	47.0±1.4	81.0±1.4	112.5±0.7	149.0±1.4	177.5±0.7

Mean ± Standard deviation

Table 5. The soft tissue pressure at the different arm circumference (mmHg)

Circumference(cm)	No.	50	100	150	200	250
24-26	10	45.6±2.4	80.1±3.0	114.0±2.8	148.4±6.6	182.5±5.1
27-29	6	46.2±1.8	79.8±2.6	113.2±2.4	148.0±2.3	180.2±3.1
30-32	4	41.0±0.8	72.8±2.1	107.0±2.9	134.8±5.9	170.0±1.4

Mean ± Standard deviation

Table 6. The soft tissue pressure at the different systolic blood pressure (mmHg)

Systolic blood pressure (mmHg)	No.	50	100	150	200	250
110	8	44.9±2.9	78.3±5.3	112.4±5.3	143.6±11.0	179.3±7.0
120	12	44.8±2.8	78.8±3.0	112.3±2.6	146.5±5.3	179.3±6.0

Mean ± Standard deviation

를 생각하지 않고 지혈대를 사용하였을 때 발생될 수 있다⁹⁾.

지혈대 마비는 최근까지 보고되고 있는바¹⁰⁾ Fowler¹¹⁾ 등 대부분의 저자에 의하면 허혈등의 원인보다는 신경, 근육 및 혈관손상등의 직접적인 물리적 손상때문이며 이들 연부조직의 손상은 불필요하게 높은 지혈대 압력으로 인해 발생된다고 하였다. 그러므로 무혈성 수술시야를 유지할 수 있는 최소한의 압력을 사용하는 것이 가장 바람직하다.

조직압력을 측정하는 방법으로는 1975년 Whitesides¹⁰⁾ 등의 needle injection technique, 1976년 Mubarak¹¹⁾ 등의 wick catheter technique 및 1980년 Rorabeck¹⁰⁾ 등의 slit catheter technique이 있다. 이들 중 slit catheter 방법은 polyethylene catheter 끝에 3 mm 길이의 slit 5 개를 만들어 사용하였다. 이는 끝이 개방된(open ended)관이기 때문에 기포가 발생될 수 있으나 관내에 생리식염수를 채울때 충분한 압력을 가함으로 기포발생을 줄일 수 있고 조직압력 변화에 민감하여 계속적인 관찰이 가능하다.

1982년 Shaw 및 Murray¹⁵⁾ 등은 사체에서 지혈대 직하부의 조직압력을 측정한 결과 대퇴골주위의 압력과 피하조직압력의 차가 10~20 mmHg 라고 하였고 지혈대 직하부 대퇴동맥 내부의 압력은 대퇴동

맥 주위 압력과 동일하며 이는 대퇴골 주위압력 보다는 높고 피하조직압력보다는 낮다고 하였다. 그러므로 지혈대 직하부의 조직압력을 측정함으로써 어느 정도의 지혈대 압력에서 동맥의 순환이 차단되는 가를 알 수 있다.

상완부는 대퇴부와 비교하여 해부학적 구성은 동일하며 단지 부피 즉 두께 및 둘레의 차가 있을뿐이므로 상완부에서도 지혈대 직하부 피하조직압력이 수축기 혈압보다 20 mmHg 높게 유지되면 상지에서의 무혈성 수술시야를 얻을 수 있다고 하겠다. 즉 평상시 혈압이 120 mmHg 인 경우 140 mmHg 의 피하조직압력을 유지할 수 있는 200 mmHg 의 지혈대 압력이면 충분하다고 하겠다.

VI. 결 론

저자는 1984년 3월부터 9월까지 정상성인 10명을 대상으로 20례의 좌우측상지에서 slit catheter를 이용하여 지혈대 직하부의 조직압력을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동일한 지혈대 압력에서 연령 및 상완둘레에 따른 피하조직압력의 유의한 차는 없었다.
2. 각각의 지혈대 압력과 측정된 피하조직압력 사이에는 거의 완전한 상관관계를 보였다.
3. 정상혈압을 가진 성인의 상지에서 250 mmHg 이상의 지혈대 압력이 필요한 경우는 거의 없을 것으로 추정된다.

REFERENCES

- 1) 이은우 · 권영석 : 대퇴부에서 지혈대 직하부 조직압력의 측정. *Medical postgraduate*, 12:70-79, 1983.
- 2) Ashton, H. : The effect of increased tissue pressure on blood flow. *Clin. Orthop.*, 113:15-26, 1975.
- 3) Bruner, J.M. : Safety factors for use of the pneumatic tourniquet for hemostasis in surgery of the hand. *J. Bone and Joint Surg.*, 33-A: 221-224, 1951.
- 4) Edmonson, A.S. and Crenshaw, A.H. : Campbell's operative orthopedics, 6th ed., PP. 2-3, St. Louis. The C.V. Mosby, 1980.
- 5) Fowler, T.J., Danta, G. and Gilliatt, R.W. : Recovery of nerve conduction after a pneumatic tourniquet. *Observation of the hind-limb of the baboon. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 35 : 638-647, 1972.
- 6) Hubert, S.R. : Tourniquet hemostasis. *Clin. Orthop.*, 177:230-234, 1983.
- 7) Klenerman, L., Biswas, M. and Hulands, G.H. : Systemic and local effects of the application of a tourniquet. *J. Bone and Joint Surg.*, 62-B: 385-388, 1980.
- 8) Klenerman, L. : Tourniquet paralysis. *J. Bone and Joint Surg.*, 65-B:374-375, 1983.
- 9) Love, B.R.T. : The tourniquet and its complication. In proceedings of the Australian Orthopedic Association. *J. Bone and Joint Surg.*, 61-B:239, 1979.
- 10) Matsen, F.A., Mubarak, S.J., and Rorabeck, C. H. : A practical approach to compartment syndromes. *Instructional Course Lecture*, 32:88-113, 1983.
- 11) Mubarak, S.J., Hargens, A.R., Owen, C.A., Garrett, L.P. and Akeson, W.H. : The wick catheter technique for measurement of intramuscular pressure. *J. Bone and Joint Surg.*, 58-A : 1016-1020, 1976.
- 12) Ochoa, J., Fowler, T.J. and Gilliatt, R.W. : Anatomical changes in peripheral nerves compressed by a pneumatic tourniquet. *J. Anat.*, 113: 433-455, 1972.
- 13) Paletta, F.X., Willman, V. and Ship, A.G. : Prolonged tourniquet ischemia of extremities. An experimental study in dogs. *J. Bone and Joint Surg.*, 42-A:945-950, 1960.
- 14) Patterson, S. and Klenerman, L. : The effect of pneumatic tourniquet on the ultrastructure of skeletal muscle. *J. Bone and Joint Surg.*, 61-B: 178-183, 1979.
- 15) Shaw, J.A. and Murray, D.G. : The relationship between tourniquet pressure and underlying soft tissue pressure in the thigh. *J. Bone and Joint Surg.*, 64-A : 1148-1151, 1982.
- 16) Whitesides, T.E., Haney, T.C., Morimoto, K. and Hirada, H. : Tissue pressure measurement as a determinant for the need of fasciotomy. *Clin. Orthop.*, 113:43-51, 1975.