

열처리 온도가 Poly(p-dioxanone) 모노필라멘트 봉합사의 기계적 특성에 미치는 영향

김학용, 이덕래, 이세철, 유연춘*, 최선웅**

전북대학교 섬유공학과(공업기술연구소), *삼양사 의약연구소,

**한남대학교 고분자학과

Effects of Annealing Temperature on the Mechanical Properties of Poly(p-dioxanone) Monofilament Suture

Hak Yong Kim, Douk Rae Lee, Sechul Lee, Yonchun Roo*
and Sun Woong Choi**

Department of Textile Engineering, Chonbuk National University, Chonju, Korea

*Samyang R&D Medical Center, Daejeon, Korea

**Department of Polymer Science, Hannam University, Daejeon, Korea

1. 서 론

70년대에 세계최초로 합성흡수성 고분자인 poly(glycolide)(PGA)를 이용하여 합성 흡수성 봉합사가 개발된 이래로 생체분해성 고분자는 의료분야의 적용에 있어서 그 중요성이 날로 증가하고 있다. 의료용 섬유로 국한하여 볼 때 가장 대표적인 예는 봉합사와 인공신장용 중공섬유이다. 합사(multifilament)형 봉합사는 섬유간 틈새에 박테리아 감염경로를 제공하여 조직 감염을 일으키기도 하고, 제조공정이 복잡하며 봉합할 경우 상처부위가 크다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 Ethicon 사는 p-dioxanone 혹은 p-dioxane-2-one을 원료로 하여 poly(p-dioxanone)을 제조하였다. 이 봉합사는 PGA에 비해 매우 유연하여 사용이 용이하고, 분해 저항성이 우수하다.

락톤(lactone) 단량체를 단독 혹은 조합하여 합성흡수성 봉합사를 제조하는데, 예를 들면 VICRYL[®], DEXON[®], POLYSORB[®], PDS[®], MAXON[®], MONOCRYL[®], BIOSYN[®] 등이 있다. VICRYL[®]은 glycolide/lactide가 90/10mol/mol로 이루어진 브레이드(braid) 형태의 봉합사이고 POLYSORB[®]는 lactide/glycolide 조합으로 이루어져 있으며 역시 브레이드 형태의 봉합사이다. DEXON[®]은 glycolide homopolymer로 브레이드 형태의 봉합사이고, PDS[®] 봉합사는 p-dioxanone homopolymer로 모노필라멘트 봉합사로 세계 최초이며, MAXON[®]은 glycolide와 trimethylene carbonate로 된 segmented block copolymer로 된 모노필라멘트 봉합사이다. MONOCRYL[®]은 가장 유연성이 우수한 봉합사로 glycolide와 ϵ -caprolactone의 segmented block copolymer이다. 최근에 BIOSYN[®]은 p-dioxanone, trimethylene carbonate, glycolide로 이루어진

terpolymer이다.

이와 같이 p-dioxanone는 단독이나 혹은 공중합 형태로 의료용구분야나 제약분야에서 낮은 독성과 유연성, *in-vivo*의 분해거동 등의 특징으로 매우 중요한 관심의 대상이다. Poly(p-dioxanone)은 낮은 탄성률로 glycolide나 lactide 등에 비해서 높은 유연성이 있어 브레이드 형태가 아닌 모노필라멘트 형태로 사용이 가능하다. Poly(p-dioxanone)은 본질적으로 유연하기는 하지만 소독공정에서 공정 개선을 통하여 취급성이 우수한 봉합사 PDSII[®]를 Ethicon사는 개발하기도 하였다. Poly(p-dioxanone)을 이용하여 봉합사 이외에 필라멘트 형태가 아닌 클립(clip) 형태인 ABSOLOK[®], PAPRA-TY[®] 등도 있다. 그러나 poly(p-dioxanone) 봉합사 제조공정에 있어서 열처리 온도가 강력 유지율 등의 기계적 특성에 미치는 영향 연구는 많지 않다. 봉합사 제조 공정에서 열처리 공정은 강력유지율 등에서 매우 중요한 역할을 한다. 본 논문의 목적은 poly(p-dioxanone) 모노필라멘트 봉합사를 제조할 경우에 열처리 온도가 *in-vitro* 침지 시간에 따른 기계적 특성 즉, 인장강력, 인장신도, 열적 특성, 열기계적 특성, 표면 특성 등에 미치는 영향을 알아보려고 하는데 있다.

2. 실험

2.1 시료

Poly(p-dioxanone) 모노필라멘트 시료는 방사온도, 190℃에서 방사속도, 7m/min으로 연신배율 5배로 3단 연신하여 제조하였으며, 그 결과 직경이 0.590mm(USP size 2, 3400데니어)인 모노필라멘트를 제조하였다. 이 시료를 사용하여 열처리 실험용으로 사용하였다.

2.2 열처리 실험

열처리 실험은 약 50g 정도의 장력이 가해진 상태에서 일정한 속도로 다수의 홀이 있는 원통형 통에 한점으로 감아서 준비하고, 이 통을 질소 분위기 하에서 각각의 열처리 온도에서 15시간 동안 열처리를 행하였다. 열처리 온도는 50~90℃까지 10℃ 간격으로 열처리 실험을 하였다.

2.2 In-Vitro 실험

In-vitro 실험은 완충용액 pH 7.4, 온도 37℃에서 침지 시간을 2주 간격으로 10주까지 실험을 하여 기계적 특성, 열적 특성 등을 측정하였다.

2.3 분석

인장 특성은 Instron 사의 Model 4465을 이용하여 시료 길이 10cm, 인장속도 10cm/min으로 측정하였다. 또한 열적 특성은 Perkin-Elmer 사의 Model DSC 7을 이용하여 질소 분위기 하에서 상온에서 150℃까지 가열속도 20℃/min으로 측정하였다. 전자현미경은 Oxford사의 Model 5526을 이용하여 *in-vitro* 침지 시간에 따른 모노필라멘트의 표면을 관찰하였다. 열기계적 특성은 Polymer Laboratories 사의 DMTA MK III을 이용하여 -100~80℃까지 2℃/min의 승온속도로 측정하였으며, Frequency는 1 Hz에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Figure 1은 열처리 온도에 따른 인장강력의 변화를 *in-vitro* 침지 시간에 따라 보여준 그림으로 미열처리 시료는 열처리 온도에 관계없이 일정한 인장강력을 보이거나 침지 시간이 2주 이상에서는 열처리 온도가 증가함에 따라 인장강력이 증가하는 현상을 보인다. 물론 침지 시간이 증가함에 따라 열처리 온도에 관계없이 인장강력은 감소된다. 침지 시간 10주에서 열처리 온도가 60℃까지는 인장강력이 완전 손실되나 열처리 온도, 70℃ 이상인 경우에는 약 990g 정도의 인장강력을 유지한다. Figure 2는 열처리 온도에 따른 인장절단신도의 변화를 *in-vitro* 침지 시간에 따라 보여준 그림으로 미열처리 시료는 열처리 온도에 따라 일정한 거동은 보이지 않으나 침지 시간이 2주 이상에서는 열처리 온도가 증가함에 따라 인장절단신도가 증가하고 있음을 보여주고 있다. 또한 인장강력에서와 마찬가지로 침지 시간 10주에서 열처리 온도 70℃ 이상에서 약 5% 정도의 인장절단신도를 보이고 있다. DSC에서 용해열은 열처리 온도가 증가함에 따라 침지 시간에 관계없이 증가하는 경향을 보이며 0주에서 특히 열처리 온도에 따른 용해열의 증가가 매우 크게 나타남을 알 수 있다. 인장탄성률은 70℃ 이하의 열처리 온도에서 침지 시간이 4주까지는 감소하는 경향을 보이며 6주 이상에서 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. DSC에서 미열처리 시료에서 3개의 흡열 피크를 보이는데 3개의 각각의 흡열피크 온도는 84℃, 93℃, 106℃이다. 열처리 온도 50℃까지는 이와 같은 3개의 흡열 피크를 보이거나 열처리 온도 60℃ 이상에서는 93℃의 피크가 사라지고 약 84℃에 해당하는 피크의 용해열이 증가하며 열처리 온도가 증가함에 따라 용해열과 흡열피크의 온도가 증가하고 있음을 알 수 있다. 침지 시간이 4주까지는 2개의 흡열피크를 보이거나 침지 시간이 6주 이상에서는 열처리 온도에 관계없이 하나의 흡열피크를 나타낸다. DSC에서 최대 흡열피크를 나타내는 온도는 열처리 온도에 관계없이 침지 시간이 증가함에 따라 증가한다.

4. 결론

Poly(p-dioxanone) 모노필라멘트 봉합사를 제조할 경우에 열처리 온도가 *in-vitro* 침지 시간에 따른 기계적 특성, 열적 특성 등에 미치는 영향을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 침지 시간이 2주 이상에서는 열처리 온도가 증가함에 따라 인장강력, 인장절단신도가 증가하며 *in-vitro* 침지 시간이 증가함에 따라 열처리 온도에 관계없이 인장강력 및 인장절단신도는 감소한다.

2) DSC에서 미열처리 시료는 3개의 흡열피크를 보이는데, 열처리 온도 50℃까지는 미열처리 시료와 마찬가지로 3개의 흡열피크를 보인다. 그러나 열처리 온도 60℃ 이상에서는 93℃의 부근의 피크가 사라져 2개의 흡열피크만을 보이고 열처리 온도가 증가함에 따라 저온(약 84℃)에 해당하는 용해열이 증가한다. *In-vitro* 침지 시간이 4주까지는 2개의 흡열피크를 보이거나 침지 시간이 6주 이상에서는 열처리 온도에 관계없이 하나의 흡열피크를 나타낸다.

5. 참고문헌

- 1) R. L. Kronenthal, "Biodegradable Polymers in Medicine and Surgery", Polymer Science Technology, New York, p. 119-137, 1975.
- 2) R. S. Bezwada, S. W. Shalaby and H. D. Newman, *U. S. Patent 4,653,497*, 1987.
- 3) R. S. Bezwada, S. W. Shalaby, H. D. Newman and A. Kafrauy, *Trans. Soc. Biomater.* **13**, p. 194(1990).
- 4) R. S. Bezwada, S. W. Shalaby and A. Hunter, *U. S. Patent 5,037,950*, 1991.
- 5) D. F. Koelmel, D. D. Jamiolkowski, S. W. Shalaby and R. S. Bezwada, *Polymer Preprints.*, **32**, 235(1991).

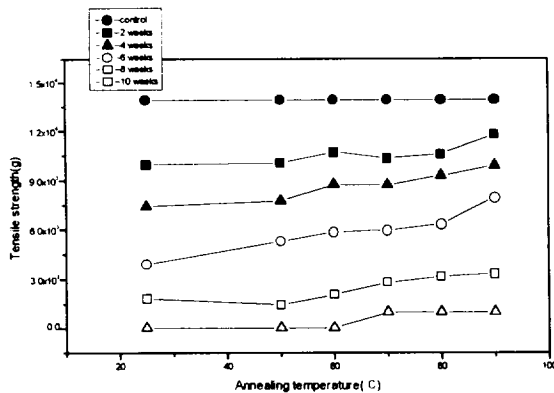


Figure 1. Tensile strength vs. annealing temperature as a function of *in-vitro* immersion time for poly(p-dioxanone) monofilament suture.

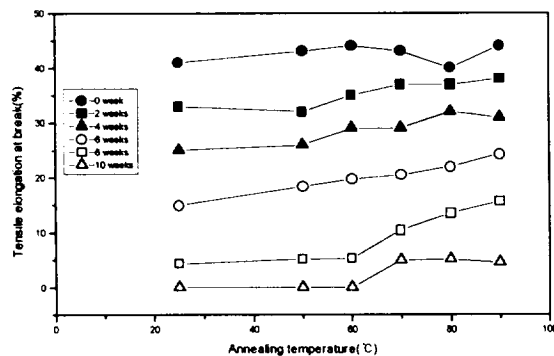


Figure 2. Tensile elongation at break vs. annealing temperature as a function of *in-vitro* immersion time for poly(p-dioxanone) monofilament suture.