

腰痛患者 再活 프로그램 評價를 위한 統計的 模型
(Use of a Statistical Model for Low Back Pain
Rehabilitation Program Evaluation)

鄭 民 根*

E. Richard Blansky**

Robert G. Addison**

abstract

Recently a new regime, called "back school" is advocated for the purpose of rapidly and economically returning a patient to full functional fitness and normal occupational activities. Assuming that this functional and vocational restoration is a goal of a rehabilitation program, it is apparent that early recovery and higher success rate are major concern. In this study, a mixture model is developed and used to evaluate the recovery process of low back pain (LBP) patients in a rehabilitation program. The model provides (1) the probability of being recovered, and (2) the rate of recovery. Patients with gradual onset, with higher education, or of young age tend to show better prognosis.

1. 序 論

腰痛(Low Back Pain Syndrom: LBP)은 現代人에게 흔한 疾病중의 하나로써 成人들의 70~80가까이에게 發病하는 것으로 알려져 있다. 歐美 대부분의 產業體에서는 작업으로 인한 허리병 때문에 많은 補償金의 지불과 作業損失을 初來하고

있다. 美 國立安全協會(National Safety Council)에서 발간하는 Accident Facts에 의하면 1977년도에 整形外科的인 傷害의 46%가 脊椎傷害인 것으로 알려져 있고, 1983년도에 불구가 된 作業 傷害의 32%가 몸통(Trunk)과 관련된 것임을 나타내고 있다[9]. 이러한 傷害는 肉體的인 重勞動을 요하는 職業에서만 발생하는 것은 아니다.

* 浦項 工科 大學 産業工學科

** The Center for Pain Studies, Rehabilitation Institute of Chicago

Magora의 研究에 의하면, 8종류의 서로 다른 職業에 從事하고 있는 3,316명으로부터 429명의 腰痛患者를 조사한 결과 83명은 郵便局職員, 79명은 버스운전기사, 그리고 84명이 重工業에 從事하는 作業者인 것으로 보고되고 있다[6]. 이와 같이 腰痛은 여러 분야에서 흔히 발생하는 것임에도 불구하고 디스크 離裂에 의한 坐骨神經痛患者 이외에는 그 발생원인이 잘 알려져 있지 않다[8].

腰痛의 精確한 發生원인에 대한 知識의 缺乏으로 인하여 수술을 행하지 않고 치료하기 위한 여러가지 방법이 시도되어 왔다. 이러한 방법중에서 널리 쓰이는 것은 牽引(traction), 觸疹(manipulation), 運動(exercise), 콜셋(corset) 등이 있다. 최근 새로운 治療法으로서 1970년도에 Sweden의 Dandery 病院 整形外科의 Marianne Zachrisson-Forsell에 의하여 시작된 'Back school'이 호주, 캐나다, 英國, 美國 등지에서 널리 쓰이고 있다. Back school은 敎育과 運動을 적절히 결합하여 실시하는 敎育訓練 機關으로서, 患者가 迅速하면서도 經濟的인 방법으로 완전히 正當적인 機能을 回復하여 作業장에 復歸할 수 있도록 하는 長點을 갖고 있다. 이러한 機能의 또한 職業的인 回復이 再活 프로그램의 目的임을 감안할 때 빠른 回復속도와 높은 成功率이 환자뿐만 아니라 全 社會的으로도 중요한 관심사가 될 것이다. 따라서 腰痛의 치료방법 또는 再活 프로그램을 평가하는데 있어서 이 두가지 要素(parameters)를 考慮하는 것이 중요하다.

Back school의 효과를 평가하기 위한 研究는 腰痛의 다른 치료방법과 함께 일부 행해져 왔다 [1, 2, 4, 5, 7, 11]. 이러한 研究의 대부분은 設問을 통한 연구이거나 斷片적인 研究로서, 治療效果를 추정하기 위한 방법으로서 단순히 치료후 일정기간이 지난후의 成功率(作業場에의 復歸, 身體機能이 顯著하게 나아진 상태, 고통을 느끼지 않는 상태)만을 제시하고 있다. 그러나 患者가 얼마나 빨리 회복이 가능했는지의 회복속도에 관한 研究

는 행해지지 않은 상태이다.

本 研究에서는 再活 프로그램에 있어서 腰痛患者의 回復 과정을 평가하기 위한 統計的 모델인 혼합모델(mixture model)을 제시하고자 한다. 이 모델을 통하여 (1) 환자가 機能的 回復狀態에 도달할 確率과 (2) 회복속도에 대한 情報를 제시하고자 하며, 이러한 정보는 서로 특성이 다른 患者集團의 比較豫測에 이용될 수 있을 것이다.

혼합모델은 患者들 중에 회복될 수 없는 集團이 존재함을 가정하고 있다. 이것은 매우 현실적인 假定으로서 과거의 연구에 의하면 어떤 집단은 조기에 回復되는 반면 상당수의 患者는 회복되지 않았음을 볼 수 있었다. 따라서 이러한 사실은 腰痛의 回復에 관한 서로 다른 두 집단이 존재하고 있음을 示唆한다.

本 研究에서는 被實驗者(subjects)로 美國 中西部에 위치한 再活 센터가 제공하는 Multidisciplinary Pain Management Program에 참가한 약 260여명의 腰痛患者를 대상으로 하였다. 研究의 焦點은 再活 프로그램을 평가하는데 있어서 혼합 모델이 얼마나 유용한지의 판단에 있으며, 標本集團은 傷害가 발생하기 직전까지 職業을 가지고 있던 사람들로 局限하였다. 本 研究에서 환자가 回復狀態에 도달하였다는 판단은 최소한 週 20시간 이상 勤務可能한 狀態로 作業場에 復歸한 경우를 기준으로 하였다.

2. 혼합모델

初期 時點($t=0$)에서 再活 프로그램에 참가한 患者의 總數를 N 이라 하고, X 를 患者의 回復與否를 판단하는 베르누이 確率變數($X=1$: 患者의 回復, $X=0$: 회복안됨)라 할 때, $r = \Pr\{X=1\}$ 은 患者가 回復될 確率로 정의된다. 다음으로 回復時間(recovery time)을 患者가 프로그램에 참가한 때부터 職場에 復歸한 때까지의 시간이라 할 때, 回復된 患者의 回復時間은 여러가지 分布로서 表現이 가능하다. 흔히 사용되는 分布로서는 지수

분포, Weibull 분포, 로그정규분포, 감마분포 등이 있으며, 본 연구에서는 실제 데이터의 적합결여 검토에 의하여 지수분포를 사용하였다.

앞의 假定으로부터 $X=0$ 인 환자는 결코 회복되지 않는 환자이므로 i 번째 환자의 回復時間, T_i 에 대한 累積確率分布(cumulative distribution function)는 다음과 같이 주어질 수 있다.

$$F(t) = P_r(T_i \leq t, X = 1) = P_r(X = 1) P_r(T_i \leq t | X = 1) = r(1 - \exp(-\phi t)), \text{ for any finite } t \text{ and } i=1 \cdots N \quad (1)$$

이때, $F(\infty) = r < 1$ 이므로 $F(t)$ 는 不完全分布('incomplete' 또는 'defective' distribution)라고 불리운다.

3. 母數(parameter)의 推定

위에서 언급한 혼합모델의 모수는 最尤推定法(maximum likelihood technique)을 이용하여 推定할 수 있다. 시간 t_i 에 回復된 i 번째 환자의 likelihood factor, L_i 는 다음으로 표현할 수 있다.

$$L_i = \Pr(X=1) f(t_i | X=1) = r \exp(-\phi t_i) \quad (2)$$

다음으로 時間 t_j 까지 回復되지 않은 j 번째 환자의 likelihood factor, L_j 는 그가 長期間동안 患者의 狀態(long-term sufferer)일 確率과 t_j 시간 후에 回復될 確率의 乘으로 표시할 수 있다.

$$L_j = [1 - \Pr(X=1)] + \Pr(X=1) \int_{t_j}^{\infty} f(u | X=1) du$$

$$= 1 - r + r \exp(-\phi t_j) \quad (3)$$

計劃期間중에 K 명의 患者가 回復되고 나머지 $N-K$ 명의 患者가 回復되지 않았다면 likelihood 함수 $L(r, \phi)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L(r, \phi) = \prod_{i=1}^K L_i \prod_{j=K+1}^N L_j \quad (4)$$

Likelihood 함수(4)는 모수 벡터 $\theta = (r, \phi)$ 를 포함하고 있으며, 이를 이용하여 最尤推定值(maximum likelihood estimate)를 구하였다. 이때 最尤推定值의 導出은 quasy-Newton 방법을 근거로한 non-linear minimization technique을 이용하였다.

最尤推定值의 漸近的 分布 $\theta = (r, \phi)$ 는 주어진 일정한 條件에서의 평균 θ 와 variance-covariance matrix $I(\theta)$ 를 갖는 正規分布(bivariate normal)를 따르게 된다[3]. 따라서 $I(\theta)$ 의 推定值는 다음의 information matrix로서 나타낼 수 있다.

$$I(\hat{\theta}) = - \left[\frac{d \ln L(\theta)}{d \theta_i d \theta_j} \right]_{\theta = \hat{\theta}} \quad (5)$$

4. 回復과 關聯된 要素의 選定

腰痛 回復과 關聯된 要素를 再活 프로그램에 참가한 스태프들의 諮問을 통해서 9가지로 선정하였다(表1 참조). 이때 患者가 慢性인지 急性인지는 考慮하지 않았는데, 이는 再活 프로그램에 參加한 대부분의 患者가 慢性的 原因에 의한 患者이기 때문이었다.

表 1. 腰痛 回復과 關聯된 要素

要 素	내 용
Diagnosis	muscular skeletal origin without surgery muscular skeletal origin with surgery neurological origin
Frequency of back injuries	single episode repeated episodes
Type of onset	sudden or gradual
Occupation	professional supervisory and clerical labor
Education level*	up to high school above high school
Insurance status	workmens compemstion(産業災害補償保險) other insurance
Age	30-34, 35-44, 45 and above
Gender	male or female (this may be confounded with strengty)
Treatment delay**	every 6 month intervals upto 2 years every 6 month intervals > 2 years

* 美國에서는 高等學校(12年)까지가 義務校育임.

** Treatment delay : 요통 傷害 發生부터 再活프로그램 始作까지의 經過期間

5. 結 果

再活 센터로부터 243명의 患者記錄을 豫備調查한 결과 77명의 患者가 傷害 發生時 退職하였거나 혹은 作業場으로의 復歸를 願치 않았기 때문에 제외하였다. 나머지 166명의 患者를 대상으로 우편연락을 통하여 回復狀態를 確認한 결과 78명(47%)이 回復하였고, 51명(30.7%)은 回復하지 못하였으며, 37명(22.3%)은 狀態把握이 곤란하였다. 이상 37명의 경우를 除外한 후 回復狀態에 영향을 많이 미치는 要素(factors)를 결정하기 위하여 bivariate anlysis를 수행하였다. 다음의 表 2는 2xn 分割表(contingency table)를 이용하여 Chi-square Test 결과를 나타낸 것이다.

表 2로부터 回復狀態에 큰 영향을 미치는 要素

들을 推出하고 이들에 대하여 혼합모형을 적용하였으며, 그 결과인 r^2 과 ϕ 의 最尤推定值를 表 3

表 2. Bivariate Analysis에 의한 結果

要 素	자유도	χ^2	確率(p)
Diagnosis	2	0.59	0.743
Injury frequency	1	0.311	0.577
Onset type	1	2.888	0.089*
Occupation	2	1.507	0.471
Education level	1	3.753	0.053*
Insurance status	1	0.264	0.608
Age at discharge	2	8.720	0.013*
Gender	1	0.021	0.886
Treatment delay	4	1.956	0.733

* $p < 0.10$ 인 要素

에 나타내었다. 두 모델에 있어서 r 과 ϕ 의 最尤推定値에는 별 差가 없는 것으로 나타났다. 다음으로 그림 1에서 그림 3까지는 발병형태(onset type), 教育水準, 年齡層에 따라 r 과 ϕ 의 信賴領域을 표시하였다. 이상에 의하면 漸進的으로 病이 깊어진(gradual onset) 요통患者가 갑자기 發病한(sudden onset) 환자에 비하여 回復率(r)이 높고 회복속도(ϕ)가 빠른 것으로 나타났다. 또

한 教育水準이 12년 이상인 患者들이 회복속도와 회복율이 높음을 알 수 있다. 年齡層에 따라서는 45歲 以下の 患者가 45歲 以上の 患者들보다 높은 回復率을 보이고 있다. 반면에 젊은 그룹이 나이 많은 그룹에 비하여 회복속도가 낮게 나타나고 있음은 놀라운 사실이다. 그렇지만 34歲 以下の 그룹과 35~44세 그룹 사이에는 統計的으로 유의한 차가 없음을 볼 수 있다.

表 3. 혼합모델의 最尤推定値

要 素	N	\hat{r}	$\hat{\phi}$	平均回復時間(1/ $\hat{\phi}$)
전체환자	166	0.566	0.160	6.261(months)
發病形態(Onset type)				
Sudden	127	0.513	0.121	8.279
Gradual	39	0.706	0.352	2.840
教育水準(Educational level)*				
<12th grade	93	0.482	0.118	8.470
>12th grade	72	0.651	0.222	4.501
退院當時 年齡(Age at discharge)				
20~34	56	0.623	0.146	6.873
35~44	60	0.651	0.110	9.061
44 & over	50	0.421	0.438	2.285

* 한 患者의 경우에는 教育水準이 未詳임.

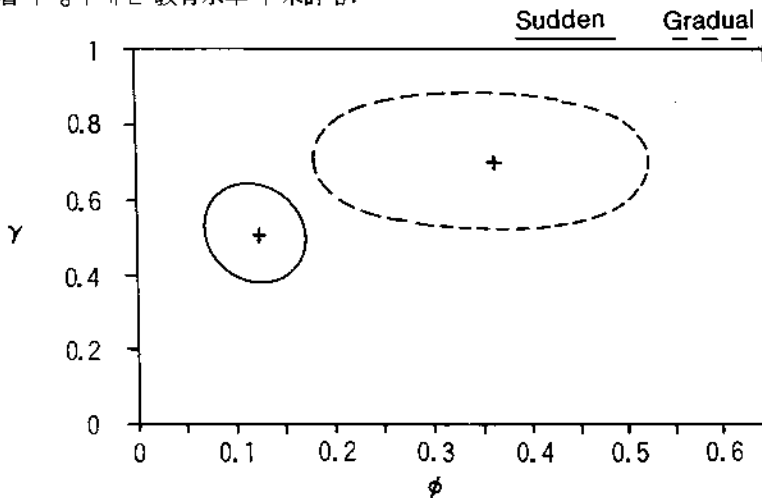


그림 1. r 과 ϕ 의 95% 信賴領域(發病형태별)

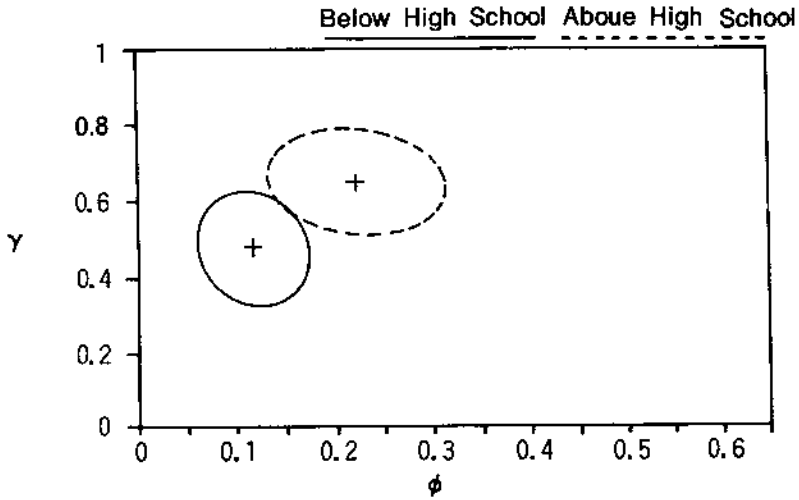


그림 2. r 와 ϕ 의 95% 신뢰영역(교육수준별)

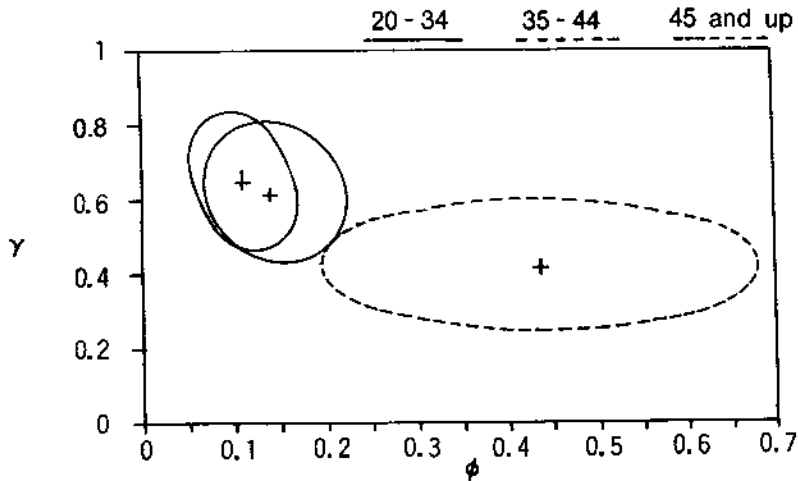


그림 3. r 와 ϕ 의 95% 신뢰영역(연령층별)

6. 結 論

앞에서와 같이腰痛환자의再活 프로그램을評價하는데 있어서回復成功率이 하나의判斷基準으로 사용되고 있다. 本 研究에서 대상으로하는患者들의回復成功率에 대한推定値는 47%~60.5%로 나타났다. 이는 37명에 대한資料를 알수 없었기 때문이며, bivariate analysis는 이資料를

除外한 후 실시하였다. 그러나 혼합 모델에서는 모든 자료를 이용하였으며, 이 모델을 통하여回復成功率과 함께 회복속도의推定値를 구할 수 있었다.

傷害의發生으로부터再活을 시작할 때까지의 시간이 길어질수록回復에 나쁜 영향을 미칠 것이다. 그런데 本 研究의對象集團에서는 이러한遲延期間이 달라짐에 따라再活 成功確率은 별

차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 이유로서는 對象集團의 대부분(60%)이 2년이상 遲延된 患者들이었고, 遲延期間이 짧은 集團의 빈도가 統計적으로 유의한 差를 보이지 않기 때문에 推測된다.

漸進적으로 深化된 患者(gradual onset)가 갑자기 傷害를 입은 경우(sudden onset)에 비하여 좋은 결과가 예측되고 있는데, 이는 職業的인 要素와 관련되어 있음을 나타낸다. 즉, 점진적으로 심화된 경우에는 作業者의 姿勢에 문제가 있는 반면 갑자기 발병한 경우에는 갑자기 身體에 무리가 가해진 事故가 대부분이기 때문이다. 이러한 狀況에 잘 대처하기 위해서는 筋力發揮에 관한 人間工學의 分析을 이용하는 것이 필요할 것이다.

患者들의 教育水準에 있어서 12년 이상의 教育水準을 가진 사람들이 높은 回復率과 빠른 회복속도를 보이는 것은 당연할 것으로 생각된다. 고등교육 이상을 받은 사람들은 자기 職業에 있어서의 成就慾이 크므로 作業場에 빨리 復歸하고자 하는 경향을 보인다. 한편 職業的인 要素도 이와

비슷한 경향을 보이리라 예상되었지만 그 要素는 患者를 豫測하는데 있어서 유의한 關聯性을 보이지 않았다.

年齡層이 45세 이하의 患者가 45세 이상의 患者보다 높은 回復率을 보인 것은 妥當한 결과이다. 반면에 회복속도는 나이많은 그룹이 나이가 적은 그룹보다 2~3배 빠르게 나타난 것은 놀라운 사실이다. 이는 Rowe(1969)의 '연령의 增加가 回復 메카니즘의 病理學的 變化를 招來한다'는 이론으로 설명이 가능할 것이다[10]. 또다른 이유로서는 나이많은 患者가 腰痛을 여러번 경험함으로써 이를 容易하게 극복하는 方法을 터득했을 것이라는 推測에도 근거를 둘 수 있다.

Bivariate analysis의 결과 유의하지 않은 것으로 關聯된 要素에 대하여도 本研究에서는 除外되었던 37명의 경우도 포함하여 再調査하는 것이 필요할 것이다. 現在 Covariate Analysis를 포함한 혼합모델에 대한 研究를 推進中이며, 이 모델을 이용하면 모든 要素들에 대한 Covariate Analysis가 可能할 것으로 기대된다.

Reference

1. Aberg, J. "Evaluation of an Advanced Back Pain Rehabilitation," SPINE 9(3) : 317-318, 1984.
2. Bergqvist-Ullman, M and Larsson, U. "Acute Back Pain in Industry," Acta Orthopaedica Scandinavica Supplementum. No. 170, 1977.
3. Cox, D.R. and Hinkley, D.V. Theoretical Statistics, Chapman and Hall, London, 1974.
4. Gottlieb, H.J., Koller, R. and Alperson, B.L. "Low Back Pain Comprehensive Rehabilitation 프로그램 : A Follow-up Study," Arch. Phys. Med. Rehab. 63 : 458-461, 1982.
5. Lindequist, S., Lundberg, B., Wikmark, R., Berstad, B., Loof, G. and Ottermark, A. "Information and Regime at Low Back Pain," Scand. J. Rehab. Med. 16 : 113-116, 1984.
6. Magora, A. "Investigation of the Relation Between Low Back Pain and Occupation," Industrial Medicine. 39(11) : 465-471, 1970.
7. Mellin, G., Jarvikoski, A. and Verkasalo, M. "Treatment of Patients With Chronic Low Back Pain," Scand. J. Rehab. Med. 16 : 77-84, 1984.

8. Nachemson, A.L. "Low Back Pain : Its Etiology and Treatment," *Clinical Medicine*. 78 : 18-24, 1971.
9. National Safety Council, *Accidents Facts*, 1981, 1984.
10. Rowe, M.L. "Low Back Pain in Industry," *Journal of Occupational Medicine*. 11(4) : 161-169, 1969.
11. Trieg, P.M. "Chronic Back Pain : A Tripartite Model of Outcome," *Arch. Phys. Med. Rehab.* 64 : 53-56, 1983.