

## A study on the utilization of CT equipments

Pyongkon Cho · Yuwhan Oh · Sungsoo Kim\* · Jonghak Choi† ·  
Youhyun Kim†

Dept. of Diagnostic Radiology, Korea University Medical Center

\*Dept. of Radiologic Technology, College of Singu

† Dept. of Radiologic Technology, College of Health Sciences, Korea University

### 전산화 단층촬영 장치의 이용 실태에 대한 조사

조평곤 · 오유환 · 김성수\* · 최종학† · 김유현†

고려대학교 안암병원 진단방사선과, \*신구대학 방사선과, † 고려대학교 병설 보건대학 방사선과

(2004년 5월 20일 접수, 2005년 1월 13일 채택)

**Abstract** - This study was conducted to investigate the patient exposure dose during a CT examination and the present position in utilization of the CT equipments. To this end questionnaire were sent out to 278 medical facilities registered at Korea Hospital Association and replies of 161 medical facilities were analyzed. The results were as follows ; 1) The distribution of CT examination was : Brain 40.7%, Abdomen 27.8%, Chest 15.7%, Spine 4.8%, Pelvis 4.1%, PNS 3.2%, Facial bone 2.5% and Extremity 1.1% respectively. 2) The statistics for dose index according to each part of examination were Brain 38.0mGy, Abdomen 12.0 mGy for adults ; Brain 13.6mGy, Abdomen 6.2mGy for infant. Our surveyed dose index appeared lower than the IAEA recommends. 3) Most medical facilities have selected the parameters for radiographic exposure in the range of 100~120 kVp, 100~250 mA and 1~2 seconds.

**key words** : patient dose, computerized tomography, dose index, utilization of CT equipments

**요약** - 전산화 단층촬영검사 시 환자가 받는 피폭선량과 장치 이용 실태를 파악하기 위한 목적으로 대한병원협회에 등록된 전국의 278개 의료기관에 설문지를 발송하여 질문에 응답한 161개 의료기관의 자료를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 1. 검사의 부위별 촬영분포는 Brain(40.7%), Abdomen(27.8%), Chest(15.7%), Spine(4.8%), Pelvis(4.1%), PNS(3.2%), Facial bone(2.5%), Extremity(1.1%)등으로 Brain검사가 가장 많았다. 2. 검사 부위별 선량지수에 대한 통계는 성인의 경우 Brain 38.0mGy, Chest 10.1mGy, Abdomen 12.0mGy, Pelvis 13.2mGy, PNS 27.5mGy, Facial bone 28.6mGy, Spine 26.0mGy, Extremity 13.5mGy이었고, 유아의 경우 Brain 13.6mGy, Abdomen 6.2mGy 이었다. 3. 검사부위별 촬영조건에 대한 통계는 관전압 100kVp~120kVp, 관전류 100mA~250mA, 조사시간은 1초~2초를 가장 많이 사용하고 있었다.

**중심어** : 환자 피폭선량, 전산화 단층촬영장치, 선량지수, 장치이용현황

### 서 론

X선을 이용한 진단 검사 시 환자에 피폭되는 방사선량의 실태와 방사선의 영향에 대한 내용이 미국의 방사선과학 위원회 등에서 보고 된 바가

있다[1-5]. 또한, 진단을 위한 방사선검사에서 지침이 되는 수치는 1996년 2월 국제원자력기구의 Safety Series No.115에서 권고 되었다[2].

이것은 X선을 이용한 진단 검사 시 환자에 피폭되는 방사선량에 표준이 되는 선량이 필요하

다는 것을 의미한다. 특히 전산화 단층촬영장치는 방사선을 이용한 질병의 진단에 중추적인 역할을 하는 장비이고, 우리나라에서는 1977년 경희대학교 병원에 전신용 전산화 단층촬영장치가 최초로 도입 설치된[6] 이후, 나선형 전산화 단층촬영장치와 다중 검출기를 이용한 전산화 단층촬영장치의 보급으로 그 보유대수는 계속 증가하고 있는 상황이다. 이와 함께 전산화 단층촬영장치를 이용한 검사에서 환자에게 피폭되는 방사선량에 대한 관심이 그 어느 때보다 증가하고 있는 것으로 생각된다. 전산화 단층촬영장치는 일반촬영이나 투시촬영과 비교할 때 X선의 분포에 차이가 있고, 전산화 단층촬영장치를 이용한 검사가 일반촬영이나 투시촬영에 비해 환자에 대한 방사선 피폭이 훨씬 많은 것으로 보고 되고 있다[7].

이에 이미 선진 각 국에서 의료피폭에 대한 기준선량 등을 권고하고 있는 상황에서, 전산화 단층촬영 시 우리나라의 실정에 맞는 환자 피폭에 대한 기준을 개발하기 위한 연구의 전 단계로 국내 의료시설에서의 전산화 단층촬영장치의 이용실태 및 환자 피폭선량에 대한 조사를 하여 보고한다.

### 연구대상 및 방법

조사기간은 2003년 8월부터 2004년 1월까지 약 6개월간 이었으며, 조사대상은 수도권을 비롯한 전국의 병원 중에서 전산화 단층촬영장치를 보유하고 있고 대한 병원협회에 등록된 종합병원 급의 의료기관 278곳에 설문을 보내서, 이에 응답한 161개 의료기관을 대상으로 하였다. 한 의료기관에 두 대 이상의 장비를 보유하고 있는 경우에는 많이 사용하는 장비 한 대만을 대상으로 하였다.

검사부위별 검사건수 통계는 2002년 1월 1일부터 2002년 12월 31일까지 1년을 기준으로 총 검사건수를 성인과 유아로 구분하여 조사하였다.

피폭선량 및 촬영조건에 대한 조사부위는 성인

의 경우 Brain, Chest, Abdomen, Pelvis, PNS, Facial bone, Spine, Extremity로 구분하였고, 유아는 Brain과 Abdomen으로 구분하여 조사하였다. 장치의 제원은 제조회사, 모델명, 선량지수 표시 등에 대하여 조사 하였다.

또한 피폭선량에 대한 인식과 전산화 단층촬영실의 근무환경 및 유아검사 시 촬영조건을 별도로 설정하는지 등에 대한 설문과 환자에 대한 방사선 피폭의 정도를 파악하기 위하여 각 검사부위별 촬영조건과 함께 선량지수에 대한 설문을 하였다.

선량지수에 대한 통계는 161개 의료기관 중에서 선량지수에 대해 응답한 66개 의료기관의 각 검사부위별 선량지수에 대한 평균값을 구했다.

설문내용을 의료기관별로 성인과 유아로 구분하여 촬영조건, 검사건수, 선량지수 등을 분석하였고, 각 촬영 부위별 피폭선량을 알아보기 위한 분석도 하였다.

### 결 과

전산화 단층촬영장치의 이용실태, 검사부위별 검사건수 및 촬영조건에 따른 환자의 피폭선량 등을 설문 조사한 결과, 현황은 다음과 같았다.

#### 1. 장치의 제조회사와 부위별 촬영건수 통계

응답한 의료기관에서 보유하고 있는 전산화 단층촬영장치를 제조회사별로 분류하면 GE 사 54대, Siemens 사 50대, Hitachi 사 20대, Toshiba 사 16대, Shimadzu 사 7대, Philips 사 7대, Picker 사 4대, Elscint 사 3대로 모두 161대였다.

부위별 촬영건수는 성인의 경우 Brain 386,291건(40.5%), Chest 152,944건(16.0%), Abdomen 262,101건(27.5%), Pelvis 39,827건(4.2%), PNS 30,668건(3.2%), Facial bone 24,568건(2.6%), Spine 46,958건(4.9%), Extremity 11,093(1.1%)건 이었고, 유아의 경우는 Brain 9,998건(54.6%), Abdomen 8,300건(45.4%) 이었다.(Table 1)

Table 1. The statistics of CT examination parts.

Exam.	Brain (%)	Chest (%)	Abdomen (%)	Pelvis (%)	PNS (%)	Facial (%)	Spine (%)	Extremity (%)	Total (%)
Adult	386,291 (40.5)	152,944 (16.0)	262,101 (27.5)	39,827 (4.2)	30,668 (3.2)	24,568 (2.6)	46,958 (4.9)	11,093 (1.1)	954,450 (100)
Infant	9,998 (54.6)		8,300 (45.4)						18,298 (100)

2. 검사부위별 선량지수 통계

부위별 선량지수는 설문에 응답한 의료기관을 대상으로 해당 검사 부위별 선량지수에 대한 평균값을 구했다. 성인의 경우 Brain 38.0mGy, Chest 10.1mGy, Abdomen 12.0mGy, Pelvis 13.2mGy, PNS 27.5mGy, Facial bone 28.6mGy, Spine 26.0mGy, Extremity 13.5mGy이었고, 유아의 경우 Brain 13.6mGy, Abdomen 6.2mGy 이었다.(Table 2)

사부위에 따라 다양하게 선택해서 사용하고 있었다. 그 중에서도 100kVp~120kVp를 가장 많이 사용하고 있었다. 관전류는 최소 100mA부터 최대 300mA까지 검사부위에 따라 다양하게 선택해서 사용하고 있었으며 100mA~250mA를 가장 많이 선택해서 사용하고 있었다. 조사시간은 해당 검사 항목에 따라 균일한 분포를 이루고 있었으며 2초 이내의 시간을 선택하는 경우가 가장 많았다. 유아의 경우도 검사부위별 관전압은 120kVp를 가장 많이 사용하고 있었고 관전류는 최소 100mA부터 최대 250mA까지 다양하게 사용하고 있었다. 조사시간은 최소 1초부터 최대 2초까지를 가장 많이 사용하고 있었다.(Table 3, 4)

3. 검사부위별 촬영조건에 대한 통계

검사부위별 촬영조건에 대해서 설문에 응답한 의료기관은 모두 100여 곳이었으며, 성인의 경우 관전압은 최소 100kVp부터 최대 140kVp까지 검

Table 2. The statistics of CTDI for examination parts.

(unit : mGy)

Exam.	Brain	Chest	Abdomen	Pelvis	PNS	Facial	Spine	Extremity
Adult	38.0	10.1	12.0	13.2	27.5	28.6	26.0	13.5
Infant	13.6		6.2					

Table 3. The statistics of exposure factors for adult patient.

Exposure factor	Brain	Chest	Abdomen	Pelvis	PNS	Facial	Spine	Extremity
kVp	<100	2	2	2	2	1	1	2
	100~120	82	80	92	90	94	92	88
	130>	14	16	4	6	3	5	8
mA	<100	5	12	10	8	10	10	13
	100~250	49	84	83	82	77	82	96
	251>	9	8	10	6	12	14	4
sec	<1	38	48	40	40	30	28	34
	1~3	92	69	64	53	64	63	68
	3>	8	18	11	11	7	7	4

Table 4. The statistics of exposure factors for infant patient.

Exposure factor	Brain	Abdomen
kVp	<80	4
	100~120	10
	120 1	58
mA	<100	16
	100~200	36
	201>	20
sec	<1	26
	1~2	34
	2>	14

Table 5. Infant Exam. and Survey whether radiologist stay or not in the CT room.

Survey	Answer	No. of Hospital(%)
Does someone set exposure factor for infant examination?	Yes	114 (70.8%)
	No	47 (29.2%)
Who does set ?	Corporation	48 (42.1%)
	User	66 (57.9%)
Is there a radiologist in the CT room ?	Yes	45 (27.5%)
	No	116 (72.5%)

#### 4. 유아 전산화 단층촬영검사 시 촬영조건 설정 및 전산화 단층촬영실에 전문의 상주여부에 대한 통계

유아검사 시 촬영조건 설정에 대한 설문에서 응답한 의료기관 수는 161곳이었다. 이중 촬영조건을 별도로 설정하고 있는 의료기관의 수는 114곳(70.8%)이었고 촬영조건을 별도로 설정하고 있지 않는 의료기관의 수는 47곳(29.2%)이었다. 유아검사 시 별도로 촬영조건을 설정하는지에 대해 설정한다고 응답한 의료기관중에서 촬영조건을 제조회사에서 설정한 조건을 그대로 사용하는 의료기관은 48곳(42.1%)이었고 의료기관에서 직접 촬영조건을 설정한 곳은 66곳(57.9%)이었다.

전산화 단층촬영실에 진단방사선과 전문의가 상주하고 있는지에 대한 설문내용 결과 상주하고 있는 의료기관은 45곳(27.5%) 이었고 상주하고 있지 않는 의료기관은 116곳(72.5%)이었다.(Table 5)

### 고 찰

전산화 단층촬영장치를 이용한 검사가 비교적 다른 X선 장비를 이용한 검사보다 방사선 피폭이 많다고 하더라도 질환의 검출능력이 신뢰할 수 있을 만큼 정확하기 때문에 진단영역에서의 그 활용범위가 점점 더 확대되고 있다. 한편 방사선량의 축적에 대한 관심은 전산화 단층촬영실에서 검사부위별 촬영조건에 대한 프로토콜을 결정하는데 보다 크게 영향을 미칠 것이다[8].

본 연구에서 설문조사를 바탕으로 현재 우리나라의 전산화 단층촬영의 이용 실태에 대한 상황을 파악 할 수 있었다.

전산화 단층촬영장치에 의한 피폭선량은 최근 방사선에 의해 상대적으로 암 발생 확률이 높다고 인식되는 유아에 있어서 특히 관심이 많아지고 있다[9].

성인과 비교해서 상대적으로 방사선피폭에 대해 민감하고 유전적인 영향을 고려해야 할 유아에 대한 검사 시[10] 성인과 다른 파라미터를 사용하는지를 알아보기 위한 설문에 응답한 의료기관중에서 별도로 촬영조건을 설정하고 있는 곳은 약 70.8%이었고 별도의 촬영조건을 설정하지 않고 성인의 촬영조건을 그대로 사용하는 경우는 29.2%였다. 또한 별도로 촬영조건을 설정한 경우 제조회사에서 설정해 놓은 촬영조건을 그대로 사용한 경우는 42.1%이었고 의료기관에서 별도로 촬영조건을 설정한 경우는 57.9%였다. 이는 유아에 대한 검사 시 방사선 작업 종사자들이 유아에 대한 방사선 피폭에 대해 비교적 많은 관심을 갖고 있음을 알 수 있다.

전산화 단층촬영검사 시 환자가 받는 피폭의 정도를 알아보기 위한 설문내용으로 의료기관에서 주로 많이 시행하고 있는 검사부위 즉, Brain, Chest, Abdomen, Pelvis, PNS, Facial bone, Spine, Extremity에 대한 연간 검사건수와 촬영조건 그리고 이때의 선량지수 등에 대한 설문을 성인과 유아로 구분하여 조사하였다.

일반적으로, 전산화 단층촬영장치에서 피폭선량에 대한 표시는 MSAD(Multiple scan average dose), CTDI(Computed tomography dose index), CTDIw(Weighted Computed tomography dose index), DLP(Does length product)등이 사용된다. MSAD는 Multiple Scan을 하는 CT검사서 각 slice의 피폭량 외에 이웃하는 slice로부터의 산란선 중복현상이 발생되어 환자가 받는 선량은 한 개의 slice scan시 선량과는 다소 차이가 있다는 것과 CT검사 시 테이블의 이동을 고려한 선량계산법으로 다음과 같이 정의한다[7].

$$MSAD = \frac{1}{I} \int_{+\frac{1}{2}}^{+\frac{1}{2}} D_{N,I}(z) dz (\text{mGy})$$

- DM : z축 방향의 Multiple scan dose profile (=D(z))
- N : slice 수
- I : 테이블 이동

CTDI는 single slice scan에서 공기 중 또는 CT dosimetry phantom에서 측정된 dose profile(D(z))의 z축 방향의 적분값을 nominal tomographic section thickness로 나눈 값으로 다음과 같이 정의한다[7].

$$CTDI = \frac{1}{nT} \int_{-T}^{+T} D(z) dz (mGy)$$

- D(z) : z 위치에서의 선량
- T : nominal tomographic section thickness
- n : slice 수

CTDIw는 환자 선량의 평가를 더욱 정확히 하기 위해 도입되어 사용되는 스캔 축에서의 선량지표로 다음과 같이 정의한다[11].

$$nCTDIw = \frac{1}{c} \left( \frac{1}{3} CTDI_{100C} + \frac{2}{3} CTDI_{100P} \right) (mGy \text{ mAs}^{-1})$$

- n : mAs가 표준화된 상태에서 측정되었음을 표시
- C : mAs
- 100C : chamber의 길이가 100mm이고, phantom의 중앙부에서 측정
- 100P : chamber의 길이가 100mm이고, phantom의 주변부에서 측정

DLP는 CT검사가 완전히 끝났을 때 누적된 총 선량을 나타낸 값으로 다음과 같이 정의한다[11].

$$\sum_i CTDIw \cdot T \cdot N (mGy \text{ cm})$$

- i : 한 검사에서 각 scan의 sequence forming을 표시
- CTDIw : Weighted Computed Tomography Dose Index
- N : slice 수
- T : nominal tomographic section thickness

선진 각 국에서는 이미 오래 전부터 전산화 단층 촬영검사 시 이와 같이 방사선 피폭에 대한 많은 연구가 이루어지고 있고, 이미 각 검사부위

별 방사선 피폭에 대한 기준값을 설정하여 이를 초과하지 않도록 권고하고 있는 실정이다. 국제적인 기관인 ICRP, IAEA, NRCP, EC와 미국의 AAPM 등에서 전산화 단층촬영장치를 이용한 검사에서 각 부위별 CTDI, CTDIw, DLP 등의 기준값을 설정하여 권고한 바가 있는데, 그 기준값은 아래의 표와 같다(Table 6, 7)[15].

이번 설문조사에 의하면 우리나라의 경우 표3과 같이 각 검사부위별 선량지수 값이 국제적인 기관에서 규정하고 있는 선량지수 값보다 현저하게 적게 피폭되고 있었다. 이는 실제로 전산화 단층촬영 검사에서 환자에 대한 피폭이 적게 이루어지는지 또는 설문을 작성한 작성자가 설문 내용을 정확히 파악하지 못한 상태에서 설문에 응답한 것인지 연구자로서는 알 수 없었고, 향후 연구자가 설문에 응답한 의료기관을 선택하여 직접 방문해서 피폭 선량을 실측함으로써 설문결과와 비교할 예정이다. 전산화 단층촬영장치를 이용한 검사는 앞으로도 계속 증가할 것으로 예측할 수 있고 환자에 대한 피폭도 증가될 것이다. 전산화 단층촬영검사에서 환자가 받는 방사선 피폭에 영향을 미치는 요소로는 크게 장치 디자인적인 요소, 장치의 조작 시 사용되는 매개변수, 그리고 환자에 기인하는 요소로 구분 할 수 있다. 장치의 디자인적인 요소로는 scanner geometry, beam geometry, beam quality 등이 있고 장치의 조작 시 사용되는 매개변수로는 관전압, 관전류, 주사시간, 여과의 정도, X선관의 회전각, 조사야의 크기, 절편의 두께, 절편사이의 간격, 절편의 수, 조사야 내에서의 환자의 위치 등과 관련이 있다. 그리고 환자에 기인한 요소로는 피사체의 크기, 형태, 검사부위의 조직밀도 등과 관련이 있다[7,13,14].

전산화 단층촬영장치를 이용한 검사에서 환자가 받는 피폭을 가능한 적게 해야 하지만 진단의 목적을 달성하면서 영상의 질과 비례하여 촬영조건이 증가하기 때문에 영상진단의 가치와 피폭에 의한 장애 등의 판단에 따라 촬영조건이 결정되어야 하며 장치의 사용자는 기술적인 요인의 효율적인 사용을 통해 피폭선량의 경감을 위해 노력해야 할 것이다[7].

### 결 론

전산화 단층촬영장치의 이용 실태에 대한 설문 에 응답한 전국 종합병원 161개 의료기관의 자료를 정리, 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

Table 6. Guidance Level for Computed Tomography.

Examination	CTDIw (mGy)	DLP (mGy)	CTDI (mGy)
Brain	60	60	60
Chest	30	30	40
Abdomen	35	35	
Pelvis	35	35	
PNS & Facial	35		
Spine	70		
HRCT	35		
Liver & Spleen	35		
Osseous Pelvis	25		

Table 7. Guidance Level for Computed Tomography.

Examination	Multiple Scan Average Dose(mGy)
Brain	50
L-Spine	35
Abdomen	25

1. 조사 기간동안 전산화 단층촬영장치를 이용한 검사의 부위별 촬영분포는 Brain(40.7%), Abdomen(27.8%), Chest(15.7%), Spine(4.8%), Pelvis(4.1%), PNS(3.2%), Facial bone(2.5%), Extremity(1.1%)등으로 Brain에 대한 촬영분포가 가장 많았다.
2. 검사 부위별 선량지수에 대한 통계는 성인의 경우 Brain 38.0mGy, Chest 10.1mGy, Abdomen 12.0mGy, Pelvis 13.2mGy, PNS 27.5mGy, Facial bone 28.6mGy, Spine 26.0mGy, Extremity 13.5mGy이었고, 유아의 경우 Brain 13.6mGy, Abdomen 6.2mGy이었다.
3. 검사부위별 촬영조건에 대한 통계는 관전압은 100kVp~120kVp를 가장 많이 사용하고 있었고, 관전류는 100mA~250mA를 가장 많이 사용하고 있었다. 또한 조사시간은 1초~2초를 가장 많이 사용하고 있었다.
4. 유아 검사 시 촬영조건을 별도로 설정하는지에 대한 통계는 촬영조건을 별도로 설정하고 있는 의료기관의 수는 114곳(70.8%)이었고 촬영조건을 별도로 설정하고 있지 않는 의료기관의 수는 47곳(29.2%) 이었다.

**감사의 글**

본 연구는 과학기술부 원자력연구기반확충사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

**참고문헌**

1. National Institute of Radiological Science (supervisor), Report 1998 to the general Meeting of the International Science Committee on the Source, Effect and Risk of Radiation-Effect of Atomic Radiation Attachment C(exposure from the medical use of radiation). Jitsugyokoho, Tokyo. 265-334(1990)
2. IAEA, International basic safety standards for protection against ionizing radiation and the safety of radiation source. 279-280, EADA Safety Series No.115, Vienna(1996)
3. T. Orito, Investigation of accrual situation of radiological techniques to take measures for patient exposure dose reduction. Jpn. J. Radioiological technology 32, 34-39(1974)
4. T. Orito, S. Sanada, S. Koga, et al., Changes in x-ray diagnostic technology and patient exposure dose comparison with 1973 and 1979. A Monthly Journal of Medical Imaging and Information 12(6), 325-327(1980)
5. S. Suzuki, T. Orito, Koga, et al., Changes in x-ray diagnostic technology and patient exposure dose comparison with 1973 and 1979. A Monthly Journal of Medical Imaging and Information 22(6), 359-363(1990)
6. 조평곤, 전산화 단층촬영장치의 정도관리에 관한 연구. 석사학위논문, 고려대학교 교육대학원(2001)
7. J. Anthony Seibert, Gray T. Barnes, Robert G. Gould, et al., Specification, Acceptance testing and quality control of diagnostic X-ray imaging equipment. Medical physics monograph No. 20, 899-936(1991)
8. Robert L. Mini, et al., Radiation exposure of patients who undergo CT of the trunk. Radiology Volume 195 No.2, 557-562(1995)
9. D. J. Brenner, C. D. Elliston, E. J. Hall, et al, Estimate risks of radiation induced fatal cancer from pediatric CT. AJR 176, 289-296(2001)
10. 최중학 외, 의료방사선 생물학, 신광출판사 (2004)
11. G. Bongartz, S. J. Golding, A. G. Jurik, M.

- Leonardi, E. v. P. van Meerten, J. Geleijns, K. A. Jessen, W. Panzer, P. C. Shrimpton, G. Tosi et al., European guidelines on quality criteria for computed tomography. EUR 16262 EN
12. "Operating Instructions Somatom Plus CT, Dose and Imaging Performance Information". Siemens Aktiengesellschaft(1990)
  13. T. B. Shope, R. M. Gange, and G. C. Johnson, "A method for describing the doses delivered by transmission x-ray computed tomography", Med. Phys.8, 488(1981)
  14. T. B. Shope, T. J. Morgan, C. K. Showalter, K. S. Pentlow, L. N. Rothenberg, D. R. White, and R. D. Speller, "Radiation dosimetry survey of computed tomography systems from ten manufacturers", Br. J. Radiol. 55, 60(1982)
  15. IAEA Guidance level(2002)
  16. K.S. Pentlow, "Dosimetry in computed tomography", Chapter 124, Volume Five Radiology of the Skull and Brain, Technical Aspect of Computed Tomography, T.H. Newton and D.G. Potts, Eds., C.V. Mosby, St. Louis(1981)