

---

---

# 초음파 측정기름이용한 돼지의 정육율 측정

---

---

정 피앤씨(P&C)연구소  
소장 · 농박 정영철

1. 기축의 생체로부터 정육량과 육질을 추정하는  
기술 개발 내용
2. 한국에서의 초음파기계를 이용한  
돼지의 정육율 추정
3. 초음파 측정기 개발 연구 결과

# 1. 가축의 생체로부터 정육량과 육질을 추정하는 기술 개발 내용

살아있는 가축으로부터 체구성을 알고 육질과 육량을 평가하고자 하는 노력은 과거로부터 계속되어 오고 있다.

이러한 생체 및 도체의 평가는 축산업에 있어 하나의 중요한 연구목표라 할 수 있다. 따라서 이에 대한 많은 연구가 이루어져 왔으며, 특히 기기에 의한 개관적인 측정방법들이 다양하게 연구되고 있다. 생체 평가 방법으로 초음파와 CT, MRI 등이 가능한 것으로 평가되고 있으며 이중 초음파 시스템은 시료의 조직학적 특성과 관련된 음파장의 기록으로서 A-mode, B-mode real-timeultrasound에 대해 많이 언급되어 왔다. 이러한 초음파 측정은 보다 객관적인 방법으로서 저비용 사용의 용이함, 수율과 육질특성 평가에 대한 잠재성과 안전성 등의 이점을 가지고 있다(Terry등, 1989; Cross와 Belk, 1994).

지금까지 생체조성의 예측을 위한 다양한 기술이 개발되어 왔으며, 이러한 기술은 조작이 간단하고 비용이 적게 들며 가축에 해롭지 않아야 한다. 이런 측면에서 초음파는 가축의 지방두께를 측정하는데 정확한 장비중 하나로 이용되어 왔으나 최근에는, 정육율의 추정을 위한 장비로 연구되고 실제로 사용되고 있다.

## (1) 생체 측정용 탐침의 이용

성장 및 비육단계에서 조직의 변화 연구와 가축의 출하체중에서 지방도 측정을 위하여 생체에서의 정확한 측정방법이 요구되

어 왔다. 돼지에 있어 생체평가에 중요한 진보중 하나는 피하 등지방의 측정을 위한 ruler probe의 소개에 의해서 이루어졌다. Hazel과 Kline(1952)에 의해 개발된 기계적 탐침(ruler probe)과 Depape와 Whatley(1956)의 전기적 탐침(lean meter)은 출하체중의 돼지의 지방도 측정에 매우 정확하였으나, 두 방법 모두 등지방 1.0inch이하의 돼지에의 적용은 어려움이 있었다(DePape와 Whatley, 1956). 또한 소에 대한 사용에 이용될 만큼 정확하지 못하였다. 그리고 이 needle probe method는 비용이 적게 들지만 사용기술이 요구되는 문제점이 있다. 따라서 이러한 방법은 ruler probe로 할 수 있는 것보다 더 정확하고 돼지의 등을 따라 절개할 필요가 없는 ultrasonic probe로 대체되었다(Hazel과 Kline, 1959; Gillis 등, 1972).

## (2) A-모드 초음파 측정기

체조성과 기호적 특성의 예측에 초음파의 사용과 관련된 대부분 기초적인 A-모드(음폭에 의한 일차원적 표시)연구는 기초적인 이론적 변수의 특성을 나타내기 위하여 실시되어 왔으며, 이들 실험결과들은 지육등급 및 평가에 사용하기 위한 기구의 개발에 도움을 주었다. A-mode는 1950년대 후반부터 소와 돼지의 지방 두께를 측정하기 위하여 사용되었으며(Hazel과 Kline, 1959; Simm, 1983), 양에 대해서는 많이 사용되지 않았다(Leymaster 등, 1985; Fortin과

Shrestha, 1986). 초기의 연구는 단지 지방의 예측을 위한 지방두께의 측정과 정육량 예측을 위한 등심근의 단면적의 깊이와 관련된 것이었다. Whittaker 등(1992)은 기호적 특성 예측을 위해 A-mode scanning의 이용과 관련된 다양한 특성을 연구하기도 하였다. 이 연구에서 종단 초음파 속도는 지방과 수분함량에 의해 영향을 받았으며, 가장 높은 상관도가 종단 초음파 속도와 수분함량 사이에서 나타났다고 하였다. Cross와 Belk(1994)는 일반적으로 A-mode와 B-mode를 생축에 scanning하였을 때, A-mode기기는 소와 돼지의 지방 깊이 측정에 대해 낮게 평가되는 것으로 나타났다으며, 지육 측정에 대한 가장 높은 상관도는 B-mode기기에서 얻어진다고 하였다.

### (3) B-모드와 실시간(實時間) 초음파 측정기

본래 인류의학을 위해 개발된 실시간 초음파 측정기(real-time ultrasound machine)는 B-모드에 의한 echo상을 digitalize한 후 영상화함으로써 살아있는 동물의 조직구성을 2차원적인 영상으로 뚜렷하게 확인할 수 있게 됨으로써 A-mode machine에 비교하여 정확성이 향상되었다. 또한 휴대가 가능하고 비교적 저가인 초음파 진단장치를 이용하여 생체 특히 근육과 지방층의 측정에 널리 이용하게 되었으며, 가축의 육종개발 프로그램에 있어서도 real-time ultrasound의 사용이 등심면적과 지방두께 측정에 대한 정확성에 의해 크게 증가되어 왔다(Edward 등,

1989;Forrest 등, 1989;McLaren 등, 1989;Terry 등, 1989;Faulkner등, 1990). 돼지의 생체조성 평가를 위한 real-time 초음파 사용 연구에 대한 결과는 1980년대부터 발표되기 시작하였으며, Forrest 등(1986)은 10번째 늑골 등지방과 등심면적의 생체와 도체 측정사이의 상관도가 각각 0.71과 0.68이었다고 하였다. Lopes 등(1987)은 거세돈에 대해서 최종늑골( $r=0.75\sim0.89$ ), 10째 늑골( $r=0.80\sim0.89$ )과 등심면적( $r=0.27\sim0.71$ )에 대한 초음파 측정과 실측정과의 상관도를 조사한 바 있다. 또한 Realtime ultrasound(Kempster 등, 1982;Cameron과 Smith, 1985)가 양의 조성평가를 위한 평가방법으로 연구되기도 하였다. 비록 real-time ultrasound는 많은 연구에서 정확성을 나타내었으나, 기기조작자, 연구에 사용되는 집단의 변이성 및 데이터 분석에 사용되는 통계방법 등에 의해 그 정확성은 영향을 받게 되는 문제를 가지고 있다(McLaren 등, 1991;Moeller과 Christian, 1993;Sather 등, 1986).

### (4) 돼지의 생체로부터 등지방두께와 정육율을 측정하는 초음파기계의 개발 내용

생체에 대한 지육특성을 평가하기 위한 정확한 방법의 개발은 수년동안 양돈산업의 관심분야가 되어 왔다. 또한 체조성을 평가하기 위한 정확한 방법은 에너지 효율, 지육가격 등을 평가하기 위해서는 필수적이다. 이러한 측면에서 real-time ultrasound는 식육시장에서 육의 가치를 측정하는데 이용될 수 있는 체조성 평가에 대한

정확하고 비파괴적인 방법으로서 잠재성을 제공하고 있다(Forrest 등, 1986; Lopes 등, 1987; Orcutt 등, 1990; Cross와 Whitaker, 1992).

초음파 사용에 대한 연구는 1950년대에 돼지에 대해 시작되었다(Hazel과 Kline, 1959). 초기의 연구는 단지 지방도의 예측을 위한 지방두께의 측정과 정육량 예측을 위한 등심근의 두께 또는 단면적과 관련된 것이었다 (Depape와 Whatley, 1956; Hazel과 Kline, 1959; Urban과 Hazel, 1965; Ramsey 등, 1972). 측정부위에 있어서 Webb(1975)는 등심 부근내 측정이 가장 높은 재현성이 있다고 하였다. 또한 Mersmann(1982)은 등의 가운데에서 측정하였을 때가 가장 높은 재현성을 보인다고 하였으며, Kempster 등(1982)은 일반적으로 뒤쪽 늑골부위내 등심근위의 측면에서 지방두께 측정이 정육량의 예측에 가장 정확하다고 하였으며, 초음파로 측정된 등심면적과 정육량 사이의 가장 높은 상관도는 3번째 요추골에서였다고 하였다. 이러한 연구들은 높은 재현성을 나타내는 초음파 등지방 값이 다양한 부위에서 얻어질 수 있다는 것을 나타내는 것이다.

Sather 등(1982)은 거세돈과 암돼지에 대하여 두가지 초음파기기를 이용하여 측정을 실시하였으며, 이때 평균 초음파 측정 등지방과 그 부위의 도체 등지방 사이의 상관도는 두 기기에서 비슷하였다고 하였다 ( $r=0.78\sim0.84$ ). Gresham 등(1992)은 생체와 도체의 초음파 측정 (real-time ultrasound)으로 지육조성을 평가하기 위한 예측 공식을 산출하였다. 생체에 대한 독립변수로 생체중, 성별, 첫번째, 마지막 늑골과 마지막 요추에서의 지방두께와 마지

막 늑골에서의 근육두께로 하였으며, 지육에 대한 독립변수로는 온도체중, 성별, 첫번째, 마지막 늑골, 마지막 요추의 지방두께와 마지막 늑골에서의 근육깊이를 측정하였다. 정육량이나 정육율에 대한 예측 방정식은 생체 및 도체 측정에서 대부분 정확하였다( $R^2=0.75$ 와 $0.88$ ). 이 연구의 결과로부터 비록 생체 또는 도체중과 성별이 지육조성에 가장 크게 관여하는 변수이지만, 초음파 측정은 정육량을 예측하는 좋은 방법이 될 수 있다고 하였다. 또한 도체의 지방두께와 생축에 대한 초음파 지방두께의 평균과의 비교시 도체의 지방두께가 초음파 측정에 비하여 일관되게 12~16% 더 두껍게 나타났다고 하였다. 그러나 McLaren 등(1989)은 도체에서의 초음파 측정 평균보다 생축에서의 초음파 측정 평균이 더 높았다고 보고하기도 하였다. 생체측정 시기에 있어서 Moeller와 Christian(1993)은 초음파 측정시 출하체중에 가까울 때 더 좋은 결과를 보였으며, 최종 scan과 지육측정 사이의 가장 높은 상관도는 10번째 늑골에서의 등지방이었다고 하였다( $r=0.82$ ). 또한 품종과 성별차이는 10번째 늑골 등지방에서 유의적인 차이가 있었으며, 품종차이는 10번째 늑골에서 등심근육의 성장속도에 유의적인 차이를 나타낸다고 하였다. 이 연구의 결과는 real-time ultrasound가 생축에서 지육특성을 정확하게 예측할 수 있다는 것을 나타내며, 생축과 지육에서 10번째 등지방두께는 0.8이상의 상관도를 나타내며 등심면적은 0.7이상의 상관도를 나타냈다. Terry 등(1989)은 돼지를 도축전·후 real-time ultrasound로 여러 부위에서 등지방을 측정하고, 10번째 늑골에서 등심면적을 측정하였으며, 또한 냉각후 실측정을 실시하였

다. 이때 측정된 등지방두께와 등심면적을 독립변수로 하여 가장 적절한 예측공식을 산출하였을 때  $R^2=0.83$ 으로 나타났으며, 실제 정육량과 예측 정육량 사이의  $R^2=0.63$ 이었다고 하였다.

Gresham 등(1994)도 체조성 및 도체조성 평가를 위한 초음파 사용의 정확성을 측정하기 위한 실험을 실시하고, 예측 방정식을 구한 바 있다. 이때 생체와 도체측정을 이용한 정육무게의 예측 방정식은 대단히 정확하였다고 하였으며( $R^2=0.78\sim 0.87$ ), 생체와 도체에서의 초음파 사용에 의한 생체중과 성별, 10번째 늑골의 지방두께가 변이에 가장 크게 관여한다고 하였다.

McLaren 등(1989)은 체중과 등지방, 등심면적의 초음파 측정(real-time ultrasound)을 생후 42일부터 도축시까지 2주마다 최종 늑골에서 측정하였을 때, 생체중에 대한 초음파 등지방, 등심면적의 회귀 방정식은 성별에 따라 차이가 있었다고 하였다. 또한 도축전과 도체 실측정 사이의 상관도는 초음파 측정과 지육 최종 늑골, 평균등지방, 10번째 늑골에서 각각 0.55, 0.62와 0.55라고 하였으며, 초음파 등심(최종 늑골)과 지육두께와 등심면적(10번째 늑골)은  $r=0.61$ 이라고 하였다. 일반적으로 생체와 현수된 도체에서의 지방두께와 등심면적 측정에는 차이가 있다(Sather 등, 1982 ; Robinson 등, 1992). 또한 분할지육의 가운데 표면을 따로 지방두께(자에 의한 측정)은 생체 또는 도체 측면 scan보다 더 두꺼운 것으로 보고되었다(Gresham 등, 1992). Mersmann(1982)은 생체중 90kg 정도의 돼지의 생체 초음파 측정을 하여 등지방 두께와 등심면적을 측정하고 초음파 측정과 도체 측정을 비교하였으며,

이때 초음파 측정치와 실측정치의 차이는 측정부위의 차이와 측정하는 몸체의 방향 즉, 생체 측정이 평행상태이고 도체 측정시는 수직상태이기 때문에 이것에 의하여 유래될 수 있다고 보았다.

Forrest 등(1989)은 출하체중의 돼지를 초음파 영상분석을 실시하였으며, 정육량 예측을 위한 10번째 늑골에서 지방두께와 등심면적의 생체초음파 영상과 온도체중의 다중회귀방정식은  $R^2=0.63$ 이었다고 하였다. 또한 생체 초음파 측정에 있어 10번째 늑골에서의 지방측정과 실측정과의 상관도는 0.89로 나타났으며, 10번째 늑골과 최종요추에서의 등심면적과 실측정과는 각각  $r=0.60$ 과  $0.58$ 로 나타났다고 하였다. Liu와Stouffer(1996)는 돼지에서 등심의 면적과 두께와의 관계는 0.77~0.79로 초음파 측정에 의해서 등심의 면적을 간단히 추정할 수 있으며, Gresham 등(1992, 1994)은 돼지에서 초음파 생체측정으로 정육량을 추정하는데 등심의 두께를 가산한 다중회귀가 더욱 정확하다고 하였다. 결과적으로 초음파 측정기술은 생체와 도체에 대한 지육 조성을 예측하기 위한 필요정보 제공과 자동화에 적합할 것이며, 돈육산업에 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

## 2. 한국에서의 초음파기계를 이용한 돼지의 정육율 추정 연구

### (1) 연구목표

돼지의 각 품종별 돼지종류별 초음파 측정을 통한 추정 정육율과 실측 정육율의 비교연구

## (2) 조사 일자 및 장소

생체조사일자 : 96년 6/19(수), 6/26(수), 7/3(수), 7/10(수)  
(각50두, 60두, 60두)

도체조사일자 : 6/21(금), 6/28(금), 7/5(금), 7/12(금)

도체 및 육질형질 조사 : 신영도축장과 도드람유통 1차가공공장

## (3) 품종 및 두수

구 분	순 종						F1		비육돈		계			
	랜드레이스(L)		대요크셔(Y)		듀록(D)		LY		LYD					
성 별	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♂	계
두 수	13	8	10	10	10	10	10	10	76	73	119	28	83	230

## (4) 조사내용

### (A) 생체

생체중, 생체장,

초음파 기구 (Real time·RT)등지방두께 10번째 갈비 상부 1개지점

RT초음파 등심 단면적(T방식)

### (B)지육:지육무게

### (C)정육

8개 부위별 무게(등심, 안심, 삼겹, 후지, 전지, 목등심, 갈매기, 잡육)

실측 등지방 3지점, 도체장(냉장 후),

10번째 갈비지점 전체 등심단면적

## (5) 분석항목

정육율의 RT초음파의 생체측정 및 실측정치간의 비교 및 상관관계

RT초음파의 정육율 계산을 위한 공식 산출

## (6) 공동연구자

건국대학교 축산대학: 김천제 교수, 박홍양 교수 이의수 조교 외10명

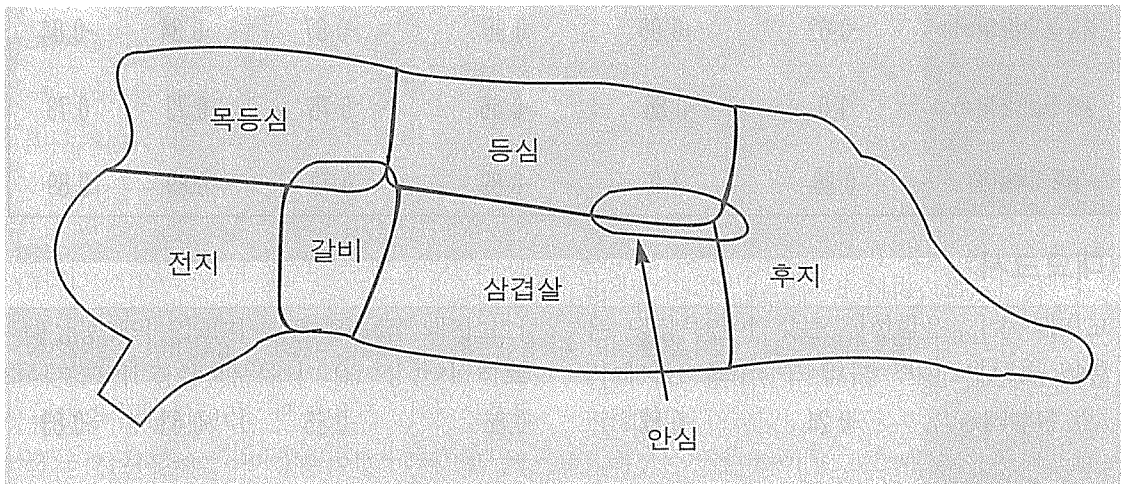
정P&C연구소:정영철 소장, 김성래 연구원

다비육종:양진호, 안재훈 대리

(주)메디슨:이승구 부사장, 이상재 대리

## 3. 초음파 측정기 개발 연구 결과

본 연구 시험에서 B모드 초음파 기계 리얼타임(Real Time:Aloka500)을 이용하여 생체에서의 실제 도축가공후의 실측치를 비교하여 연구하였다. 측정형질은 등지방두께, 등심단면적, 정육율 등이었다.



### ① 돼지의 부분육 위치 및 정육율 계산 방법

$$\blacksquare \text{정육율 1} = \frac{\text{목등심} + \text{전지} + \text{등심} + \text{삼겹살} + \text{안심} + \text{후지}}{\text{생체중}}$$

$$\blacksquare \text{정육율 2} = \frac{\text{목등심} + \text{전지} + \text{등심} + \text{삼겹살} + \text{안심} + \text{후지} + \text{잡육} + \text{갈매기}}{\text{생체중}}$$

## ② 상관도(r) 분석 결과

### <전체실험두수>

	생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	생체 정육율(%)	지육 등지방두께(cm)	등심단면적a(cm <sup>2</sup> )	정육율1(%)	정육율2(%)
생체 등지방두께(cm)	-0.16	-0.75	0.89	-0.31	-0.45	-0.47
생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	1.0	0.65	-0.15	0.85	0.43	0.44
생체 정육율(%)	0.65	1.0	-0.66	0.64	0.57	0.59

### <랜드레이스>

	생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	생체 정육율(%)	지육 등지방두께(cm)	등심단면적a(cm <sup>2</sup> )	정육율1(%)	정육율2(%)
생체 등지방두께(cm)	-0.62	-0.90	0.95	-0.67	-0.84	-0.84
생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	1.0	0.86	-0.65	0.75	0.73	0.73
생체 정육율(%)	0.86	1.0	-0.89	0.72	0.89	0.89

### <대요크셔>

	생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	생체 정육율(%)	지육 등지방두께(cm)	등심단면적a(cm <sup>2</sup> )	정육율1(%)	정육율2(%)
생체 등지방두께(cm)	-0.24	-0.86	0.86	-0.55	-0.63	-0.63
생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	1.0	0.63	-0.30	0.85	0.47	0.46
생체 정육율(%)	0.63	1.0	-0.78	0.79	0.72	0.71

### <1대 잡종 F1(랜드레이스×대요크셔)>

	생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	생체 정육율(%)	지육 등지방두께(cm)	등심단면적a(cm <sup>2</sup> )	정육율1(%)	정육율2(%)
생체 등지방두께(cm)	0.19	-0.58	0.84	0.18	-0.69	-0.71
생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	1.0	0.66	0.03	0.91	0.19	0.18
생체 정육율(%)	0.66	1.0	-0.52	0.06	0.68	0.69



<듀록>

	생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	생체 정육율(%)	지육 등지방두께(cm)	등심단면적a(cm <sup>2</sup> )	정육율1(%)	정육율2(%)
생체 등지방두께(cm)	-0.15	-0.92	0.94	-0.12	-0.01	-0.02
생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	1.0	0.63	0.07	0.57	0.64	0.63
생체 정육율(%)	0.63	1.0	-0.66	0.43	0.54	0.55

<비육돈>

	생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	생체 정육율(%)	지육 등지방두께(cm)	등심단면적a(cm <sup>2</sup> )	정육율1(%)	정육율2(%)
생체 등지방두께(cm)	0.09	-0.66	0.88	-0.04	-0.29	-0.30
생체 등심단면적(cm <sup>2</sup> )	1.0	0.50	0.40	0.83	0.33	0.32
생체 정육율(%)	0.59	1.0	-0.56	0.50	0.41	0.41

③ 생체 측정으로 정육율 추정하는 공식

미국 초음파 측정기 소프트웨어

정육율=3.950-0.1397×생체중-41.7576×10번 갈비 등지방두께  
+30.2774×10번 갈비 등심단면적

본 연구개발 시험 결과(정육율2)

<전체 시험도 평균>

정육율=40.55-0.044×생체중-1.48×생체등지방두께  
+0.19×생체등심단면적(R<sup>2</sup>=0.38)

<랜드레이스>

정육율=44.0-0.049×생체중-2.56×생체등지방두께  
+0.19×생체등심단면적(R<sup>2</sup>=0.79)

<대요크셔>

정육율=41.88-0.053×생체중-2.32×생체등지방두께  
+0.24×생체등심단면적(R<sup>2</sup>=0.79)

<1대 잡종 F1(랜드레이스×대요크셔)>

정육율=45.3-0.017×생체중-2.95×생체등지방두께  
+0.109×생체등심단면적(R2=0.60)

<듀록>

정육율=32.02-0.094×생체중-0.695×생체등지방두께  
+0.344×생체등심단면적(R2=0.49)

<비육돈>

정육율=37.02-0.005×생체중-1.309×생체등지방두께  
+0.146×생체등심단면적(R2=0.21)

#### ④ 도입 소프트웨어와 본 연구개발공식의 차이

도입 소프트웨어를 품종이 다른 모든 돼지에게 공통으로 적용하기보다는 품종별로 별도의 공식이 필요하다. 품종별로 다른 공식을 프로그램으로 개발하여 신개발 기계에 적용하므로써 보다 정확한 정육율 추정이 가능하다.

생각해 보는글...

### 오 판



개가 한 마리 있었다.  
 그 개의 주인은 개에게 가끔 이렇게 말하곤 했다.  
 “어늬의 더러운 개세끼!”  
 그 개는 주인에게 그런 말을 들을 때면 죽고 싶을 지경이었다.  
 그런 어느 날, 개는 마침내 맑은 언뜻에 점향 뛰어들어 몸을 흠뻑  
 적셔 가지고 나왔다.  
 물이 툭툭 떨어지는 젖은 몸으로 주인에게 달려간 개는 꼬리를  
 흔들며 말했다.  
 “저 좀 보세요. 제 털이 색 달라졌잖아요? 먼지를 진득 뒤집어쓰고  
 팔라 비틀어져 있던 것이 이렇게 축축히 젖어서 아주 부드러워졌어요.”  
 그러나 주인은 더욱 화를 내면서 욕설을 퍼부었다.  
 “어늬의 더러운 개세끼!”  
 개가 젖은 몸을 들어내고 흔드는 바람에 주인에게 은퐁 물이 튀었던  
 것이었다.



마른 통보다 젖은 통이 더 더럽다. - 동남그릇 중에서 -