

## Feasibility of Total Body Score (TBS) and Accumulated Degree Days (ADD) in the Estimation of Postmortem Interval for Forensic Murder Casework

Young Sam Kim<sup>1</sup>, Jong Hee Kim<sup>1</sup>, Kwang Sang Yoon<sup>1</sup>, Bong Soo Kweon<sup>1</sup>, Young Sik Kim<sup>1</sup>,  
Gwang Yeon Lee<sup>1</sup>, Hae-Won Cho<sup>2</sup>, Hye-Rim Kim<sup>2</sup> and Yong-Bin Eom<sup>2,†</sup>

<sup>1</sup>Forensic Investigation Section, Detective Division, Gyeonggi Bukbu Provincial Police Agency,  
Uijeongbu, Gyeonggi 11763, Korea

<sup>2</sup>Department of Biomedical Laboratory Science, College of Medical Sciences,  
Soonchunhyang University, Asan, Chungnam 31538, Korea

Postmortem interval (PMI) is very important in the crime scene investigation. However, it is very difficult to estimate of the interval since death after a decomposition. Recently, there have been various studies on the postmortem interval since a decomposition. In particular, the total body score (TBS) and accumulated degree days (ADD) used to estimate the postmortem interval after a decomposition. This study was conducted with the aim of applying the TBS and ADD to estimate the postmortem interval in real forensic caseworks. In first murder case, TBS was 12 and ADD value was 132, respectively. An estimated time of PMI was around 23:00 on June 21, and the suspect's statement was 01:20 on June 22. Our estimated interval since death and the suspect's statement for the PMI differ by only 2 hours and 20 minutes. In second forensic case, TBS was 3 and ADD value was 55, respectively, an estimated time of PMI was around 02:26 on September 23. The suspect's statement was 10:30 on September 23. Our estimated time and the suspect's statement for the PMI differ by 8 hours. In these cases, we were able to have confirmed the feasibility of TBS and ADD on the real forensic cases. Overall, our finding suggested that the quantitative method could be used to produce PMI estimates that are accurate to within days or even hours.

**Key Words:** Postmortem interval, Decomposition, Total body score, Accumulated degree days

### 서 론

사후경과시간(postmortem interval; PMI)은 시신의 개인 식별, 피의자에 포함 또는 배제 등의 범죄사건 해결과정에서 중요한 정보를 제공한다. 특히, 살인사건의 경우 경찰은 사후경과시간을 추정하여 가해자를 배제하거나 목격자 증언의 신빙성을 확인하는데 사용하기도 한다. 법식물학(Willey and Heilman, 1987), 토양 분석법(Vass et al.,

1992), 생화학적 분석법(Sabucedo and Furton, 2003) 등이 사후경과시간 추정에 정량적인 방법으로 개발되었지만, 사건 현장에 식물 또는 토양 샘플이 존재하지 않거나 증거물로 채취되지 않은 경우에 적용하는데 한계점이 있다.

사후경과시간 추정에는 시체균음현상, 시체얼룩(De Saram, 1985), 시체체온하강(Marshall, 1969), 위 내용물의 소화 정도(Moore et al., 1984), 초자체의 칼륨 농도(Adjutantis et al., 1972) 등을 적용하는 연구가 있었지만 시체가 놓여진 환경, 개체 차이와 같은 많은 요인으로 차이를 보일 수

\*Received: December 26, 2017 / Revised: February 8, 2018 / Accepted: February 12, 2018

†Corresponding author: Yong-Bin Eom. Department of Biomedical Laboratory Science, College of Medical Sciences, Soonchunhyang University, 22 Soonchunhyang-ro, Shinchang-myeon, Asan-si, Chungcheongnam-do 31538, Korea.

Tel: +82-41-530-3039, Fax: +82-41-530-3085, e-mail: omnibin@sch.ac.kr

©The Korean Society for Biomedical Laboratory Sciences. All rights reserved.

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

있다. 즉, 시체 현상만으로는 사망시간 추정이 어렵기 때문에 시체 현상 이외의 사항에 대해서도 고려해야 한다.

특히 부패시신에서 사후경과시간 추정은 법곤충학적 (forensic entomology) 방법을 적용하는 연구들이 있었다 (Motter, 1898; Easton and Smith, 1970; Rodriguez and Bass, 1983). 그러나 법곤충학적 방법에 의한 사후경과시간 추정에는 많은 오류가 발견되었고 정확도가 떨어진다는 보고 또한 있다(Anderson, 2001; Goff, 2010; Villet et al., 2010). 예를 들면, 구더기 생성 열(Heaton et al., 2014), 저체온 사건 (Ames and Turner, 2003), 곤충들의 경쟁 효과(Ireland and Turner 2005), 곤충들이 먹이를 먹은 후 유주성(Gomes et al., 2016), 인접 날씨 기록과 미세한 기후 차이(Dabbs, 2010) 등이 며칠 또는 몇 주 정도의 부정확한 사후경과시간 추정의 오류를 야기한다.

시신의 부패상태가 반-연속적 변수로 취급되어 포인트 기반 시스템을 사용하여 부패 정도를 수치로 기록(total body score; TBS)하고, 시신이 노출된 환경의 누적온일도 (accumulated-degree-days; ADD)를 함께 고려한 사후경과시간 추정이 보다 정확하다고 보고되었다(Moffatt et al., 2016). 본 연구에서는 Moffatt 등의 방법을 실제 살인사건 부패 시신에 적용하여 우리나라 사람의 사후경과시간 추정 정확도를 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### Case 1(파주 야산 살인사건)

2017년 6월 27일 화요일 오후 13시경, 경기도 파주시 탄현면 만우리 58-3번지 도로 옆 풀숲에서 미귀가 실종신 고된 변사자 000이 부패된 상태로 사망한 것을 산책하던 행인이 발견하고 신고를 하였다. 사건 장소는 파주시 탄현면에서 자유로 성동 IC방향 도로(편도 1차로)옆 24 m 떨어진 야산 풀숲이며, 변사자의 자택과 8 km 떨어진 지점이었다. 발견 지점은 비포장 임도(폭 2.7 m)로 차량 진입이 가능하며, 변사자는 반팔티와 반바지를 착용하고 신발은 옆에 놓여 있었으며 유류품은 발견되지 않았다.

### 파주 야산 살인사건 검시

- 가. 변사자는 신장 약 168 cm의 여성으로, 발생 현장에서 검시를 시행함.
- 나. 시체굴음현상(시강)과 시체열특(시반)은 고도부패로 소실된 상태임.
- 다. 안검결막 내 일혈점은 고도부패로 관찰되지 않음.

라. 비강 및 구강 내 골절 등의 특이 손상은 관찰되지 않음.

마. 두정부 부패로 인하여 두개골이 노출된 상태로 골절 등의 특이 손상은 없음.

바. 전정부 특이 손상은 관찰되지 않음.

사. 흉부 특이 손상은 관찰되지 않음.

아. 상복부 및 하복부 구더기에 의한 광범위한 피부 잠식이 관찰됨.

자. 여성 생식기를 확인함.

차. 배면부 등허리 부위 구더기에 의한 광범위한 피부 잠식이 관찰됨.

카. 좌측 전완부 광범위한 피부 잠식이 관찰됨.

타. 우측 전완부, 손목의 피부 잠식이 관찰됨.

파. 우측 허벅지 부위 피부 잠식이 관찰됨.

하. 양손 및 양발에 건조가 진행된 상태로 특이 외상은 관찰되지 않음.

**부패지수값을 이용한 TBS와 ADD:** 부패 정도를 수치로 기록한 TBS 값은 머리 7점, 몸통 2점, 사지 3점으로 총 12점이었다. 시신이 노출된 환경의 누적온일도(ADD) 계산값은 다음과 같이 132이었다.

$$\frac{53.3 + 212}{125} = \log_{10} ADD$$

$$2.12 = \log_{10} ADD$$

$$\therefore ADD = 10^{2.12}$$

$$ADD = 131.8$$

**TBS와 ADD를 적용한 사후경과시간 추정:** TBS 값이 12점, ADD 값이 132이므로, 현장에 출동하여 최초 시신 발견 날부터 누적온도 값 132를 기상청 온도를 참고로 하여 역산해 나간 후 누적온일도가 다 소진되는 시점이 바로 사망시간이라는 것을 추정할 수 있다(Table 5).

시신 발견 날짜의 온도를 구하는 식은 = 현장시간 × 기상청 현장평균온도 ÷ 하루 24시간으로 다음과 같이 계산된다.

$$19 \text{ h(현장시간)} \times 23.4^\circ\text{C(평균기온)} \div 24 \text{ h} = 18.525^\circ\text{C}$$

그러므로 시신 발견 날짜의 온도 18.525°C부터 빼주면서 역산을 한다. 6월 27일 시신 발견 날짜 온도가 18.525°C 이고 다음 역산온도는 기상청 온도 6/26 ~ 6/22까지 누적

온도가 전체  $112.1^{\circ}\text{C}$ 이므로  $18.525^{\circ}\text{C} + 112.1^{\circ}\text{C} = 130.625^{\circ}\text{C}$ 이다.

그러므로 전체 누적온일도  $132^{\circ}\text{C} \sim 130.625^{\circ}\text{C} = 1.375^{\circ}\text{C}$ 가 남는다. 변사자 사망시간을 확인하기 위해 마지막 나머지 온도  $1.375^{\circ}\text{C} \times 24 \text{ h} \div$  마지막날(6월 21일)의 현장 기상청 온도  $23.1^{\circ}\text{C}$ 로 나누면 1.428이라는 시간을 구할 수 있다.

$$1.375^{\circ}\text{C} \times 24 \text{ h} \div 23.1^{\circ}\text{C} = 1.428$$

그런 후 하루 24시간에서 나머지 온도로 구한 값 1.428을 빼주면 22.572시간, 반올림하여 사망추정시간이 약 23시간로 산출되었다. 즉 사망추정시간은 6월 21일 23시임을 알 수 있다(Table 6).

$24 \text{ h} \sim 1.428 \text{ h} = 22.572 \text{ h}$ ,  $\therefore$  사망추정시간(PMI) = 6월 21일 23:00시

**피해자 및 피의자 행적:** 피해자는 6월 20일 08시 28분경 주거지에서 외출하는 장면이 엘리베이터 CCTV에 촬영되었고, 6월 21일 07시 13분경 강화도에서 마지막 전화통화를 했으며, 08시 14분경 자녀와 카톡을 하였다. 6월 22일 04:24분경 휴대폰 전원이 꺼졌고, 6월 26일 남편이 파출소를 방문하여 실종신고를 한 것이다. 피의자 진술에 따르면 6월 22일 01:25경 피해자를 살해 후 시신을 유기하였고, 6월 27일 21:55 인천 강화도 동검도 입구에서 검거되었다.

**피의자 긴급체포:** 피의자는 개인택시기사로 피해자 000(여, 45세)와는 6년 전부터 내연관계였다. 피해자와 말다툼을 하며 서로 밀치며 몸싸움하다 피해자가 넘어지자 격분하여 차량 트렁크에 보관중인 밤색 수건(약 70 cm)을 가져와 피해자를 움직이지 못하게 하고 양손으로 수건을 잡고 힘껏 피해자의 목 부위를 약 5분간 눌러 그 자리에서 사망하게 하였다. 피의자는 자신의 차량을 타고 도주하였다가 차량수배를 통해 발견, 검거된 것으로 판사로부터 영장을 받을 시간적 여유가 없었으므로 살인피의사건에 관하여 「형사소송법」 제200조의3 제1항에 따라 긴급 체포된 것이다.

### Case 2(파주 하천변 영아유기 사건)

2017년 9월 25일 오후 8시 40분경, 경기도 파주시 혜음로 1417번지 소재 광탄교 다리 밑 하천에서 민물참깨 잡이를 하던 낚시꾼이 빨간 가방 안에서 영아 시신이 있는

것을 보고 경찰에 신고하였다. 시신이 부패되어 과학수사팀은 가장 먼저 사후경과시간에 대한 문제에 귀착되어, Moffatt 등이 제안한 정량적 방법으로 부패된 시신에 부패지수(TBS)와 누적온일도(ADD)를 적용하여 사후경과시간 추정 정확도를 확인하였다(Moffatt et al., 2016).

### 파주 하천변 영아유기 사건 검시

- 가. 변사자는 49 cm 여아로 현장 및 장례식장에서 검시를 시행함.
- 나. 시체굴음현상(시강)은 부패로 인해 소실된 상태임.
- 다. 시체얼룩(시반)은 부패초기로 확인 불가능.
- 라. 머리에서는 양측 측두부가 눌린채 관찰되고 후두부에서 부종이 관찰됨.
- 마. 안검결막(눈꺼풀이음막)은 창백하게 관찰됨.
- 바. 안면부에서는 양측 광대부위에서 피부 벗겨짐이 관찰됨.
- 사. 구강에서는 특별한 손상이 관찰되지 않음.
- 아. 경부에서는 특별한 손상이 관찰되지 않음.
- 자. 몸통에서는 30 cm 멧줄이 발견되고 멧줄의 끝 단면이 불규칙적임.
- 차. 양측 손은 물에 불은 채 관찰됨.
- 카. 양측 발은 물에 불은 채 관찰됨.
- 타. 신장 49 cm: 머리 11 cm, 몸통 24 cm, 다리 14 cm.

$$\frac{5.8 + 212}{125} = \log_{10} \text{ADD}$$

$$1.74 = \log_{10} \text{ADD}$$

$$\therefore \text{ADD} = 10^{1.74}$$

$$\text{ADD} = 54.95$$

**부패지수값을 이용한 TBS와 ADD:** 영아 시신의 부패 정도를 수치로 기록한 TBS 값은 머리 1점, 몸통 1점, 사지 1점으로 총 3점이었다. 시신이 노출된 환경의 누적온일도(ADD) 계산값은 다음과 같이 55이었다.

**TBS와 ADD를 적용한 사후경과시간 추정:** TBS 값이 3점, ADD 값이 55이므로, 현장에 출동하여 최초 시신 발견 날부터 누적온일도 값 55를 기상청 온도를 참고로 하여 역산해 나간 후 누적온일도가 다 소진되는 시점이 바로 사망시간이라는 것을 추정할 수 있다(Table 5).

시신 발견 날짜의 온도를 구하는 식은 = 현장시간 ×

기상청 현장온도 ÷ 하루 24시간으로 다음과 같이 계산 된다.

$$24 \text{ h(현장시간)} \times 19.2^\circ\text{C(평균기온)} \div 24 \text{ h} = 19.2^\circ\text{C}$$

그러므로 시신 발견 날짜의 온도  $19.2^\circ\text{C}$ 부터 빼주면서 역산을 한다. 9월 25일 시신 발견 날짜 온도가  $19.2^\circ\text{C}$ 이고 다음 역산온도는 기상청 온도 9월 24일  $19^\circ\text{C}$ 이므로 합산을 하면  $19.2^\circ\text{C} + 19^\circ\text{C} = 38.2^\circ\text{C}$ 이다.

그러므로 전체 누적온일도  $55^\circ\text{C} \sim 38.2^\circ\text{C} = 16.8^\circ\text{C}$ 가 남는다. 변사자 사망시간을 확인하기 위해 마지막 나머지 온도  $16.8^\circ\text{C} \times 24 \text{ h} \div$  마지막날(9월 23일)의 현장 기상청 온도  $18.7^\circ\text{C}$ 로 나누면 21.56이라는 시간을 구할 수 있다.

$$16.8^\circ\text{C} \times 24 \text{ h} \div 18.7^\circ\text{C} = 21.56$$

그런 후 하루 24시간에서 나머지 온도로 구한 값 21.56을 빼주면 2.44시로 산출되었다. 즉 사망추정시간은 9월 23일 02시 26.4분임을 알 수 있다(Table 7).

$24 \text{ h} \sim 21.56 \text{ h} = 2.44 \text{ h}$ , ∴ 사망추정시간(PMI) = 9월 23일 02:26시

**피의자 행적:** 피의자 남과 여, 이들은 2016년 9월에 만나 교제한 사이로 2017년 9월 23일 10시 30분경 피의자 여성은 욕실에서 홀로 수중 분만 후 다음날 23시경 피의자 남과 함께 파주 소재 하천변에 영아를 담은 가방을 던져 유기한 것이다.

**피의자 체포:** 9월 26일 11:35분경, 담당형사가 현장 탐문하는 과정에서 현장에서 가방을 찾아 다른 곳에 유기하려는 마음으로 서성거리는 피의자들을 보고 인적사항, 연락처 등을 확인하자 피의자들은 자신의 인적사항이 수사기관에 알려져 금방 잡힐 것 같아 자수한 것이다.

## 결과 및 고찰

부패 및 백골화 시신과 관련하여 사후경과시간을 추정하는 것은 과거 거의 불가능에 가까웠다. 대부분 곤충의 생활환 분석을 통해 법곤충학적으로 사후경과시간을 추정하는 정도였다(Amendt et al., 2007). 그러나 그것은 실험 방법이 굉장히 까다롭고 오래 걸리는 방법이었기에 법곤

**Table 1.** Total body score (TBS) scales for the decomposed cadaver

Body part	Stage	Fresh stage	Early decomposition stage	Advanced decomposition stage	Skeletonization stage
Head, neck		0 point	<b>1~5 points (Case 2)</b>	<b>6~8 points (Case 1)</b>	9~12 points
Torso		0 point	<b>1~4 points (Case 1&amp;2)</b>	5~7 points	8~11 points
Limbs		0 point	<b>1~4 points (Case 1&amp;2)</b>	5~6 points	7~9 points

**Table 2.** Stages and Total body score (TBS) scales of decomposition for the head

Stage	Description	Score
Fresh stage	Fresh, no discoloration	0 point
Early decomposition stage	<b>Pinkish appearance accompanied by skin exfoliation and some hair loss</b>	<b>1 point (Case 2)</b>
	Skin gray to green discolored: some flesh still relatively fresh	2 points
	The dry ends of nose, ears, and lips are brownish or discolored	3 points
	Decaying body fluid from the swollen parts of eyes, ears, nose, mouth, neck and face	4 points
Advanced decomposition stage	Skin is discolored from brown to black	5 points
	The eyes and neck flesh were in a state of depression	6 points
	<b>Bone exposure is less than one half, moist decomposition</b>	<b>7 points (Case 1)</b>
Skeletonization stage	Bone exposure is less than one half, and the mummified state	8 points
	Bone exposure is more than one half, with decomposed tissue and saponified material	9 points
	Bone exposures are more than one half, with mummified tissue or dried tissue	10 points
	Most bones are dry, but still some grease (saponification) remains	11 points
	Dry bones	12 points

충학 전문가들을 제외하고, 사건 현장에서 직접 사후경과 시간이 필요한 경찰에게는 분명 부담스러운 것이 사실이었다.

그래서 서구 선진 과학자들이 온도와 관련한 다양한 연구결과를 도출하였고, 그곳에서 새롭게 대두된 것이 부패지수(TBS)에 의한 사후경과시간 추정이었다(Galloway et al., 1989). Megyesi 등은 부패 정도가 누적온일도(ADD)와 연관되어 있다는 연구를 통해 서로 다른 신체 부위(머리, 몸통, 사지)의 부패 단계별 부패지수(TBS)를 표(Table 1-4)로 정리하여 발표하였다(Megyesi et al., 2005). 최근 Moffatt 등은 과거 논문들에 대한 통계적 오류를 수정하여 사후경과시간을 추정하는데 사용할 수 있도록 새로운 계산식과 표(Table 5)를 제안하였고(Moffatt et al., 2016), 본 연구에서

는 이 정량적인 방법을 우리나라 실제 살인사건에 적용하여 정확한 사후경과시간을 추정하여 피의자 행적과 비교하여 확인하였다.

2017년 6월과 9월에 경기북부지방경찰청 산하 파주경찰서에서 발생한 살인사건에 대한 변사자 사망시간 추정에 적용하였다. 온도의 평균값을 얻기 위해 기상청의 일주일 평균온도를 구했고, 시신에 대한 부패값을 결정해 공식에 대입하여 부패지수(TBS)를 얻고 부패지수값을 통해 누적온일도(ADD)를 구했다. 다음으로는 전체 누적온일도에서 시신이 발견된 날부터 누적온일도를 차근차근 빼가면서 사망시간을 역으로 거슬러 올라 추정할 수 있었다. 첫 번째 파주 살인사건의 경우 계산값의 결과는 사망시간은 6월 21일 오후 11시로 도출되었다(Table 6). 파주 살인

**Table 3.** Stages and Total body score (TBS) scales of decomposition for the torso

Fresh stage	Fresh, no discoloration	0 point
Early decomposition stage	<b>Pinkish appearance accompanied by skin exfoliation and marbling</b>	<b>1 point (Case 2)</b>
	<b>Skin gray to green discolored: some flesh still relatively fresh</b>	<b>2 points (Case 1)</b>
	Decayed body fluids are discharged, with green discoloration and swelling	3 points
	The abdominal gas is discharged from the inflated state, and green to black discoloration	4 points
Advanced decomposition stage	Decreased (declining) abdominal cavity due to decomposition of tissue	5 points
	Bone exposure is less than one half, moist decomposition	6 points
	Bone exposure is less than one half, and the mummified state	7 points
Skeletonization stage	Bones with decayed tissue (sometimes with body fluids and saponification)	8 points
	Dried bones or mummified tissue covering less than one half	9 points
	Most bones are dry, but still some grease (saponification) remains	10 points
	Dry bones	11 points

**Table 4.** Stages and Total body score (TBS) scales of decomposition for the limbs

Fresh stage	Fresh, no discoloration	0 point
Early decomposition stage	<b>Pale pink appearance with skin peeling of hands and feet</b>	<b>1 point (Case 2)</b>
	Skin is gray to green discolored: some flesh is still relatively fresh	2 points
	<b>The dry ends of fingers, toes and other projecting limbs are brownish or discolored</b>	<b>3 points (Case 1)</b>
	Brown to black discoloration, skin is in the form of leather	4 points
Advanced decomposition stage	Bone exposure is less than one half, moist decomposition	5 points
	Bone exposure is less than one half, and the mummified state	6 points
Skeletonization stage	Bone exposure is more than one half, some decayed tissue and body fluid remains	7 points
	Most bones are dry, but still some grease (saponification) remains	8 points
	Dry bones	9 points

**Table 5.** Prediction intervals for total body scores of ground surface cadavers (TBS<sub>surf</sub>) and accumulated degree days (ADD) estimates (°C)

TBS <sub>surf</sub>	Lower limit			ADD Estimate	Upper limit		
	95%	75%	50%		50%	75%	95%
0	21	31	38	49	64	77	108
1	21	32	39	50	65	78	110
2	22	33	40	52	67	81	114
<b>3</b> <b>(Case 2)</b>	23	35	42	<b>55</b> <b>(Case 2)</b>	71	85	120
4	25	37	45	59	75	91	127
5	27	40	49	63	81	97	137
6	30	43	53	68	88	105	148
7	33	48	58	75	96	115	162
8	36	53	64	83	106	127	179
9	41	59	71	92	118	141	199
10	46	66	80	103	132	158	223
11	52	75	90	116	149	179	252
<b>12</b> <b>(Case 1)</b>	59	85	103	<b>132</b> <b>(Case 1)</b>	169	203	287
13	68	98	118	151	193	232	329
14	79	113	135	174	222	267	380
15	92	130	157	201	258	310	442
16	107	152	183	234	300	362	518
17	126	178	214	274	352	425	611
18	149	210	252	323	416	502	726
19	177	249	298	383	494	598	870
20	210	296	355	456	589	716	1048
21	252	353	424	546	708	862	1273
22	302	424	509	657	855	1045	1556
23	36	511	615	795	1039	1275	1916
24	440	618	745	967	1269	1564	2374
25	534	752	907	1182	1559	1930	2963
26	649	917	1110	1452	1926	2396	3273
27	793	1123	1363	1792	2391	2992	4710
28	971	1381	1681	2222	2985	3758	5998
29	1193	1705	2082	2768	3746	4746	7688
30	1470	2112	2589	3464	4725	6027	9919
31	1816	2626	3233	4355	5991	7697	12880
32	2251	3277	4053	5500	7633	9883	16830

사건은 다행히 용의자가 일찍 잡혔고 피의자를 추궁한 바, 피의자의 범행시간은 6월 22일 새벽 1시 20분 전후로 나왔다. 즉, 피의자가 말한 범행시간을 정확한 피해자의 사망시간으로 추정한다면 오차는 2시간 20분 정도이다.

두 번째 파주 영아유기 사건의 경우 PMI 계산값의 결과에 의한 사망시간은 9월 23일 오전 2시 26.4분으로 도출되었다(Table 7). 그러나 가장 중요한 것은 정확한 날짜와 비교하는 것이었고, 파주 영아유기 사건 역시 피의자

**Table 6.** Daily average temperature (°C), TBS, ADD and estimation of PMI of the case 1

Date	6/21	6/22	6/23	6/24	6/25	6/26	6/27	6/28
Temperature (°C)	23.1	22.9	23.8	22.4	21.6	21.4	23.4	23.9

※ TBS: head 7 points, torso 2 points, limbs 3 points = 12 points; ADD: 132; 19 h (field time) × 23.4°C (average temperature) ÷ 24 h = 18.525°C; 6/22 ~ 6/26 total temperature = 112.1; 112.1 + 18.525 = 130.625; ∴ 132~130.625 = 1.375; 1.375 × 24 = 33; ∴ 33 ÷ 23.1 = 1.428; 24 hrs ~ 1.428 hrs = 22.572 hrs; PMI = June 21, 23:00.

**Table 7.** Daily average temperature (°C) TBS, ADD and estimation of PMI of the case 2

Date	9/22	9/23	9/24	9/25	9/26
Temperature (°C)	16.9	18.7	19.0	19.2	20.7

※ TBS: head 1 point, torso 1 point, limbs 1 point = 3 points; ADD 55; 24 h (field time) × 19.2°C (average temperature) ÷ 24 h = 19.2°C; 6/24 ~ 6/25 total temperature = 38.2; 19.2 + 19 = 38.2; ∴ 55~38.2 = 16.8; 16.8 × 24 = 403.2; ∴ 403.2 ÷ 18.7 = 21.56; 24 hrs ~ 21.56 hrs = 2.44; PMI = September 23, 02:26.

가 일찍 잡혔고 피의자를 추궁한 바, 용의자의 범행시간은 9월 23일 오전 10시 30분경으로 파악되었다. 즉, 영아 유기 사건에서는 8시간 정도의 오차가 발생했다.

본 연구는 우리나라 실제 살인사건에 법의학적 사후경과시간 추정에 Moffatt 등의 정량적 방법을 적용하여, 두 사건 모두 부패된 시신이었음에도 불구하고 사후경과시간 추정 오차가 2~8시간 정도면 기존의 타 연구에 비해 놀랄 정도의 획기적인 PMI 추정값이라 할 수 있다. 따라서, 지능화 첨단화 되고 있는 강력사건 현장에서 부패시신이 발견될 경우, 사건해결의 유용한 정보를 확보하기 위해 사후경과시간 추정에 있어 부패지수(TBS)와 누적온일도(ADD) 값을 적용한다면 보다 유용한 PMI 값을 산출할 수 있을 것으로 사료된다.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the Soonchunhyang University Research Fund and by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2017R1D1A1B03032960).

#### CONFLICT OF INTEREST

The author has no conflict of interest.

#### REFERENCES

Adjutantis G, Coutselinis A. Estimation of the time of death by potassium levels in the vitreous humour. *Forensic Science.*

1972. 1: 55-60.

Amendt J, Campobasso CP, Gaudry E, Reiter C, LeBlanc HN, Hall MJR. Best practice in forensic entomology - standards and guidelines. *International Journal of Legal Medicine.* 2007. 121: 90-104.

Ames C, Turner BD. Low temperature episodes in development of blowflies: implications for postmortem interval estimation. *Medical and Veterinary Entomology.* 2003. 17: 178-186.

Anderson GS. Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations* (Byrd JH, Castner JL, Eds). 2001. pp. 143-175. CRC Press. Boca Raton, USA.

Dabbs GR. Caution! All data are not created equal: the hazards of using National Weather Service data for calculating accumulated degree days. *Forensic Science International.* 2010. 202: e49-52.

De Saram GS. Estimation of the time of death by medical criteria. *Journal of Forensic Medicine.* 1957. 4: 47-57.

Easton AM, Smith KG. The entomology of the cadaver. *Medicine Science and the Law.* 1970. 10: 208-215.

Galloway A, Birkby WH, Jones AM, Henry TE, Parks BO. Decay rates of human remains in an arid environment. *Journal of Forensic Sciences.* 1989. 34: 607-616.

Goff ML. Early postmortem changes and stages of decomposition. *Current concepts in forensic entomology* (Amendt J, Campobasso CP, Goff ML, Grassberger M Eds). 2010. pp. 1-24. Springer. Dordrecht, Netherlands.

Gomes L, Godoy WAC, Von Zuben CJ. A review of postfeeding

- larval dispersal in blowflies: implications for forensic entomology. *Die Naturwissenschaften*. 2006. 93: 207-215.
- Heaton V, Moffatt C, Simmons T. Quantifying the temperature of maggot masses and its relationship to decomposition. *Journal of Forensic Sciences*. 2014. 59: 676-682.
- Ireland S, Turner B. The effects of larval crowding and food type on the size and development of the blowfly, *Calliphora vomitoria*. *Forensic Science International*. 2005. 159: 175-181.
- Marshall TK. The use of body temperature in estimating the time of death and its limitations. *Medicine Science and the Law*. 1969. 9: 178-182.
- Megyesi MS, Nawrocki SP, Haskell NH. Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. *Journal of Forensic Sciences*. 2005. 50: 618-626.
- Moffatt C, Simmons T, Lynch-Aird J. An Improved Equation for TBS and ADD: Establishing a Reliable Postmortem Interval Framework for Casework and Experimental Studies. *Journal of Forensic Sciences*. 2016. 61: S201-S207.
- Moore JG, Christian PE, Brown JA, Brophy C, Datz F, Taylor A, Alazraki N. Influence of meal weight and caloric content on gastric emptying of meals in man. *Digestive Diseases and Sciences*. 1984. 29: 513-519.
- Motter MG. A Contribution to the Study of the Fauna of the Grave. A Study of on Hundred and Fifty Disinterments, with Some Additional Experimental Observations. *Journal of the New York Entomology Society*. 1898. 6: 201-231.
- Rodriguez WC, Bass WM. Insect Activity and its Relationship to Decay Rates of Human Cadavers in East Tennessee. *Journal of Forensic Sciences*. 1983. 28: 423-432.
- Sabucedo AJ, Furton KG. Estimation of postmortem interval using the protein marker cardiac Troponin I. *Forensic Science International*. 2003. 134: 11-16.
- Vass AA, Bass WM, Wolt JD, Foss JE, Ammons JT. Time since death determinations of human cadavers using soil solution. *Journal of Forensic Sciences*. 1992. 37: 1236-1253.
- Villet MH, Richards CS, Midgley JM. Contemporary Precision, Bias and Accuracy of Minimum Post-Mortem Intervals Estimated Using Development of Carrion-Feeding Insects. *Current concepts in forensic entomology* (Amendt J, Campobasso CP, Goff ML, Grassberger M, Eds). 2010. pp. 109-137. Springer. Dordrecht, Netherlands.
- Willey P, Heilman A. Estimating time since death using plant roots and stems. *Journal of Forensic Sciences*. 1987. 32: 1264-1270.

<https://doi.org/10.15616/BSL.2018.24.1.35>

**Cite this article as:** Kim YS, Kim JH, Yoon KS, Kweon BS, Kim YS, Lee GY, Cho HW, Kim HR, Eom YB. Feasibility of Total Body Score (TBS) and Accumulated Degree Days (ADD) in the Estimation of Postmortem Interval for Forensic Murder Casework. *Biomedical Science Letters*. 2018. 24: 35-42.