원헬스 관점에서 장출혈성대장균 감염증 다부처 통합대응 방안

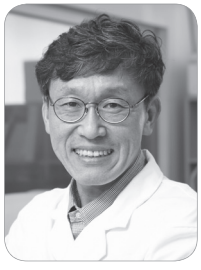
Interagency Countermeasures against Enterohemorrhagic *Escherichia coli* Infections from a One-Health Perspective

윤혜영, 서건호*

Hye-Young Youn, Kun-Ho Seo*

건국대학교 수의과대학 원헬스연구소

Center for One Health, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, 120, Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul, 05029, Republic of Korea



서 건 호

최근 공중보건 관점에서 발생요인이 다양한 장출혈성대장균 감염증에 대한 원헬스 개념의 접근 필요성이 대두되고 있다. 병원성을 가진 대장균 중 사람에서 출혈성 결장염과 용혈성 요독 증후군 등의 증상을 일으키는 장출혈성대장균은 식품 가공단계에서의 교차오염 또는 오염된 완제품 섭취 등을 통해 감염이 이루어지기 때문에 생산, 유통, 가공, 판매, 조리, 섭취 등 전 단계에서 위험요소가 존재한다. 장출혈성대장균 오염의 주된 원인은 감염된 가축의 분변 또는 도축과 같은 생산 단계이며 야생동물이나 지하수에 의해 오염된 신선편이 채소를 통한 직접 섭취 및 교차오염에 의한 위험성 또한 높을 것으로 추정된다. 장출혈성대장균 감염증 발병의 주된 요인인 식육뿐만 아니라 비살균 원유로 만든 유가공품, 신선편이 채소를 통한 장출혈성대장균 감염증 집단발병 사례가 전 세계적으로 꾸준하게 보고되고 있으므로, 다양한 식품에서 장출혈성대장균에 대한 위생관리가 필요하다.

지금까지 알려진 바에 의하면 사람에게 감염을 일으키는 병원균의 60%는 인수공통감염병이고 장출혈성대장균도 매우 중요한 인수공통감염병 원인체이다. 많은 신종 감염병이 인수공통감염병으로 판명되면서 감염병에 대한 원헬스 관점에서의 접근이 필요하다는 인식이 고조되고 있다. 원헬스 개념의 보건 체계는 식품 안전, 항생제 내성균, 신종 감염병 문제들을 해결하는데 매우 유용할 뿐만 아니라 질병 예방에도 중요하다. 장출혈성대장균은 사람, 동물, 환경을 넘나들며 전파될 수 있으므로 본 원고에서는 원헬스 관점에서의 장출혈성대장균 감염증 다부처 통합 대응 방안에 대해 소개하고자 한다.

Correspondence to

Kun-Ho Seo
Department of Veterinary Public Health, Konkuk University, Seoul, 05029, Republic of Korea.
Tel: +82-2-450-4121
Fax: +82-2-3436-4128
E-mail: bracstu3@konkuk.ac.kr

원헬스 관점에서의 접근 필요성

One Health(원헬스)는 인간, 동물 및 환경의 건강이 상호 연결되어 있다는 개념이며 건강한 사회를 개선하고 천연 자원을 보호하는 등 복잡한 문제를 해결하기 위하여 학계, 정부, 공공 및 민간 기관으로 구성된다(Garcia et al., 2020). 이러한 기관들의 원헬스 전략 목표는 주요 공중 보건 위험을 초래하는 질병을 예방, 감지 및 통제하는 것이다. 현재 전 세계적으로 매년 14억 명이 모기 유래 질병에 감염되고 있으며, 에볼라, 조류독감, 사스, 메르스 바이러스 등과 같은 75%의 신종 병원체는 동물에서 사람으로 전파되는 것으로 밝혀지고 있다(Weber et al., 2016). 현재 진행하고 있는 코로나-19 펜데믹도 박쥐로부터 유래되었다고 추정하고 있다. One Medicine은 인간과 동물의 질병과 치료 과정이 근본적으로 동일하며 인간과 동물 보건 종사자 및 과학자가 동일한 목표를 추구한다는 개념으로 질병을 예방 및 통제하고 식량 안보를 보장하며 환경 품질을 보호하고자 하는 목표를 가진다(Schwabe 1964). One Health Practitioners는 원헬스에 대한 인식, 홍보 및 교육을 통해 원헬스 개념을 전달하는데 책임이 있으며 원헬스의 목표와 중요성에 대한 인식을 높여 교육, 정책 및 건강 분야에서 일하는 종사자에게 원헬스 접근 방식을 전파하고 있다(Togami et al., 2018).

전 세계적으로 식량 수요의 증가는 환경오염을 초래하여 지속가능한 식량 생산과 식품 생산에 문제를 일으키고 있다(Tilman et al., 2011). 세계화로 인해 병원성 미생물이 전 세계적으로 전파되며 국경을 넘는 지역에서 동일한 병원성 미생물로 인한 동물 질병이 발병하고 이러한 질병은 인간의 식품 안전과 식량 안보에 위협을 끼치며 공중보건상의 위험을 초래하기도 한다(Otte et al., 2004; Andrade et al., 2018). 원헬스 개념은 이러한 문제들을 해결하기 위한 전체적이고 체계적인 접근방식이 될 수 있으며 관련 기관 간에 필요한 협력, 팀워크 및 의사소통에 필요한 기술을 개발할 수 있도록 한다(Garcia et al., 2020).

야생동물은 병원성 미생물 오염원을 제공하거나 다른 감염원으로부터 병원균을 옮기는 역할을 할 수 있다(그림 1; Pereira et al., 2009). 유사하게, 저수지 물 또는 곤충은 식품 가공 시 병원성 미생물의 교차오염으로 질병을 일으킬 가능성이 있는 것으로 나타났으며, 기계적 매개체 역할을 할 수 있다. 보다 직접적으로, 동물은 인간 식량의 상당 부분을 제공하고 있는데 현대적인 위생 관행이 거의 없는 국가에서 유통되는 육류는 인간이 식품 매개 병원균에 노출될 가능성을 지속적으로 제공한다(Smith et al., 2012). 이렇게 기후변화와 관련된 동물의 이동, 물에 대한 수요, 병원성 미생물 분포 등의 변화들은 인간에게 식품 매개 감염병에 대한 감시가 필요한 이유가 된다.

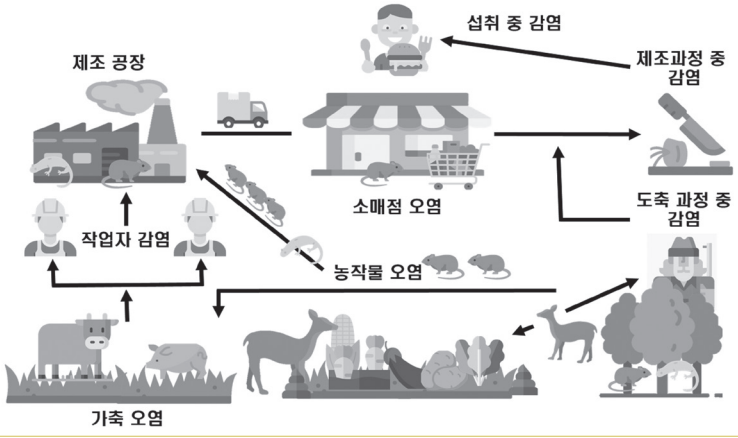


그림 1. 야생동물과 관련하여 식중독이 유발될 수 있는 오염 경로(Institute of Medicine, 2012)

미국 국제 개발기구(United States Agency for International Development; USAID)의 PREDICT시스템은 예측모델을 활용하여 다양한 인간과 동물 간 상호작용, 행동 및 위험 요소의 존재에 대한 지리 공간 정보를 생성하여 식품 매개 감염병 위험이 가장 큰 영역을 식별할 수 있는데, 이러한 분석은 숙주 및 병원체 분포를 설명하기 위해 공간적으로 명

시될 수 있을 뿐만 아니라 전 세계 지역의 질병 발생 현황, 식량 생산 농장이 야생동물의 서식지와 겹치는 지역 등을 포함한 정보를 제공한다(Carlson et al., 2020). 이러한 인터페이스는 식품 매개 감염병에서 야생동물 관련 오염 식품 또는 신종 병원체에 대한 관심이 증가됨에 따라 필요성이 증가하고 있다(Institute of Medicine, 2012).

식품 매개 감염병 발병은 다부처 간 협력이 필요한 복잡한 문제이며 다양한 이해 관계자의 참여를 요구한다. 공중보건 부문과 식품산업 부문은 식품 매개 감염병을 해결하는데 있어 중요한 부분이며 다부처간 협력적인 감시와 관리를 통해 인간, 환경, 동물 부문을 통합함으로써 시너지 효과를 형성하여 식품 매개 감염병을 줄이기 위한 관점과 조치를 제공하고 추가 발병이 발생하기 전 적절한 개입 및 예방 전략을 제공할 수 있다.

국내 · 외 식품 매개 감염병 발생 시 다부처 통합대응방안

1) 국내 식품 매개 감염병 발생 시 위기대응체계

국내 식중독 예방 및 관리 업무는 사전 예방 · 관리 → 식중독 원인 · 역학조사→ 위기대응 체계로 운영하고 있다. 「식품 안전기본법」 제15조(긴급대응), 「식품위생법」 제22조(출입 · 검사 · 수거 등), 「식품위생법」 제56조(교육), 「식품위생법」 제86조에 근거하여 식중독 예방 및 관리 업무를 수행한다(그림 2).

식품의약품안전처는 「식중독 대책협의기구 운영규정」(식품의약품안전처 훈령 제83호)에 따라 범정부 식중독 대책협의기구를 운영하고 있다(식품의약품안전처, 2018). 협의기구에는 중앙부처(교육부, 법무부, 국방부, 농림축산식품부, 보건복지부, 환경부, 여성가족부, 해양수산부, 경찰청, 질병관리본부) 17개의 시 · 도 및 관련 협회가 참여하며, 식중독이 발생하였을 때, 식중독 환자(의심 환자 포함)를 진단한 의사 · 한의사와 식중독 의심 환자를 발견한 집단급식소의 설치 · 운영자는 관할 시 · 군 · 구에 의무적으로 보고하여야 한다(그림 2). 음식점, 가정집 등에서 발생한 식중독의 경우 식중독 의심 환자, 보호자 등이 환자 발생지 관할 시 · 군 · 구에 신고할 수 있다. 시 · 군 · 구의 장은 식중독 의심 환자가 발생하였을 때 바로 식중독 보고관리 시스템 또는 협업 시스템을 통해 보고 · 전파하며, 긴급 현장대응이 필요할 때는 식품의약품안전처(지방식약청)와 시 · 도에 문자나 유선으로 상황을 전파하고, 원인을 조사한 후 그 결과를 식중독 보고관리 시스템에 보고할 수 있다. 식품의약품안전처의 식중독 원인조사 검사항목은 세균 18종, 바이러스 7종, 원충 5종으로 나누어지며, 현장 상황에 따라 식품위생감시원이 항목을 추가할 수 있다(식품의약품안전처, 2018). 많은 식품군에서 다양한 원인균에 의해 발병할 수 있는 식중독은 발생 후 신속한 보고와 식중독균 원인추적으로 대형 식중독 사고로 이어지지 않게 하는 것이 중요하다. 2020년 6월 안산 어린이집 식중독 발병 사례처럼 식중독 발병 시 원인 식품과 원인균에 대한 추적이 어렵기 때문에 관련 부처간의 협업이 중요하다.

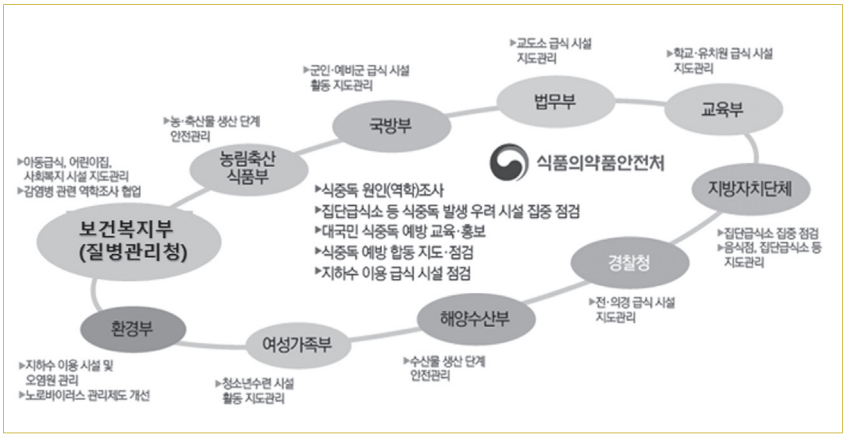


그림 2. 범정부 식중독 대책협의기구 구성(식품의약품안전처, 2018)

2) 국외 식품 매개 감염병 발생 시 위기대응 체계

① 미국

미국은 식품 안전 관리체계를 강화하고 식품 안전에 관련된 사고를 사전에 예방 · 대응하기 위해 2011년 1월에 「미국 식품안전현대화법(Food Safety Modernization Act; FSMA)」을 지금까지의 사후대응 관리체계를 벗어나 리스크에 기반한 과학적 접근 방식을 통해 사전 예방적 관리체계를 도입시키고 신속한 대응체계를 구축하기 위해 제정하였다(그림 3). 미국 식품 의약국(Food and Drug Administration; FDA)은 동 법에 따른 하위규칙과 지침을 발표하고 있으며, 2016년에 6개의 식품 관련 주요 하위규칙이 최종 마무리되었다.

또한, 능동적 식중독 감시체계인 Foodborne Diseases Active Surveillance Network(FoodNet)의 감시 Site를 9개 지역으로 확장하여 감시 Site의 인력이 능동적으로 식중독을 감시하고 있으며, 특정 질병에 대한 감시기능을 증가시켰다. FoodNet은 감염원의 원인 규명을 위해 DNA Fingerprinting을 구비하여 신속한 Fingerprinting 비교를 위한 국가적 전자네트워크를 구축하였는데, 미국 질병 통제 예방센터(Centers for Disease Control and Prevention; CDC)는 FoodNet 감시지역들과 기타 주보건국에 DNA Fingerprinting 기술을 구비하게 하고, 주들끼리 연결하여 공동으로 정보를 신속히 공유하며, 다른 주에서 발생한 식중독 사고들이 공통된 원인을 지니는지를 신속하게 결정할 수 있다(식품의약품안전처, 2007).

2011년 미국에서는 식중독 사고를 예방하고 식품 안전성을 제고시키기 위하여 3개의 연방정부 조직을 아우르는 합동 대응 체계 시스템인 식품안전공동연구팀(Interagency Food Safety Analytics Collaboration; IFSAC)을 구축하였다(그림 4). 이 3개의 관계부처는 CDC, FDA, 미국 농무부(United States Department of Agriculture; USDA)/미국 식품안전검사국(Food Safety and Inspection Service; FSIS)이며, IFSAC은 1998년부터 최근까지 가장 우선시 되는 4가지 식중독 병원체인 *Salmonella*, *E. coli* O157, *Listeria monocytogenes* 및 *Campylobacter*에 대한 발병 데이터를 사용하여 측정 식품에 의한 식품 매개 질환의 비율을 추정하는 방법을 개발하여 4대 식중독세균의 주요 위험 식품군을 도출하였다. 그 결과 장출혈성대장균으로 인한 식중독 사고의 75% 이상이 생으로 섭취하는 소고기 및 채소작물(예: 잎이 많은 채소)과 가장 관련이 있다고 보고하였다. 또한, 2017년에서 2021년까지 전략적 계획으로 '새로운 데이터와 기존 데이터의 사용 및 품질을 개선하여 분석을 수행하고 추정치 개발', '분석 방법 및 모델 개선',

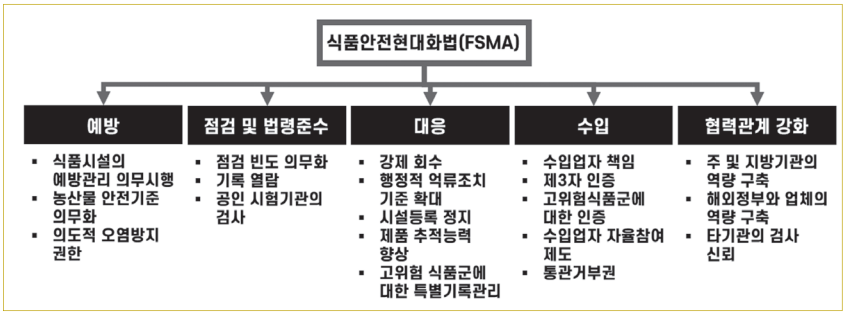


그림 3. 미국 식품안전현대화법의 핵심 부문 5가지(식품 안전정보원, 2016)

그림 4. IFSAC 조직(CDC, 2021)

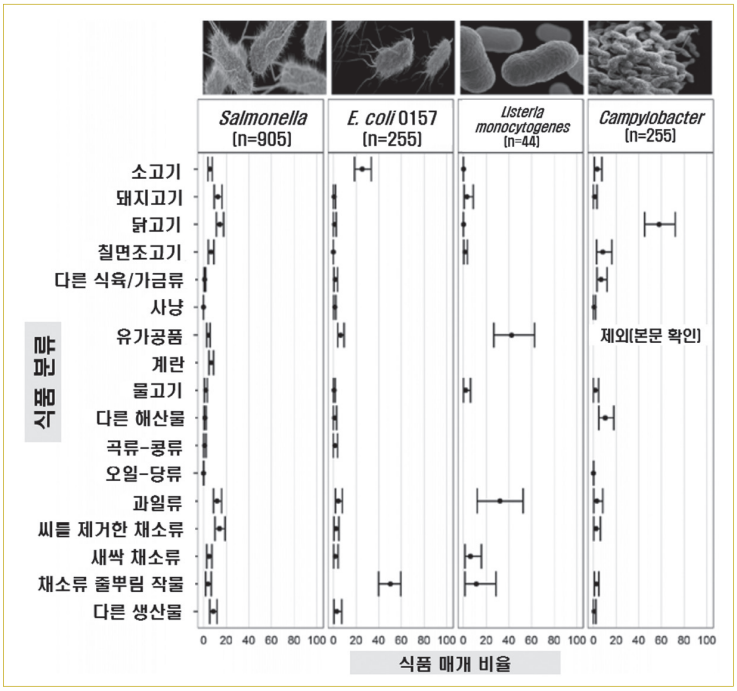


그림 5. 17가지 식품 범주에 기인한 식품 매개 *Salmonella* spp., *E. coli* O157, *L. monocytogenes*, *Campylobacter* spp.로 인한 감염병의 2018년 예상 백분율(신뢰도 간격 90% 포함). 단, *Campylobacter* spp.의 추정치는 유가공품 발생 데이터에서 파생된 결과를 제외하였다.(IFSAC, 2020)

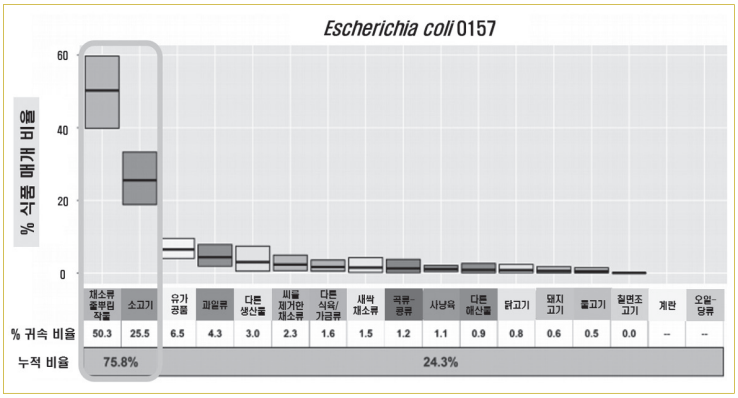


그림 6. 다년간의 병원성 미생물로 인한 발병 자료에 근거하여 17개 식품 범주에서 유래하는 장출혈성대장균의 2018년 예측값(신뢰도 구간 90%; IFSAC, 2020)

'IFSAC 제품의 사용과 커뮤니케이션 개선'의 3가지 목표를 설정하였다. IFSAC에서 위의 4가지 병원성 미생물을 선택한 이유는 4가지 균에 의한 감염병 발생 건수가 많으며, 질병의 심각성이 높고 4가지 병원성 미생물에 대한 적절한 대응을 통해 이러한 감염병 발생을 현저하게 줄일 수 있기 때문이다. 현재 IFSAC은 이러한 식품 추정 분석 예측값의 정확성을 높이기 위해 더욱 개선된 방법을 연구하고 있으며, 병원성 미생물의 식품 매개감염병에 대한 원인 식품을 지속적으로 발표하고 있다.

1988년부터 2018년까지 4가지 주요 병원성 미생물인 *Salmonella* spp., *E. coli* O157, *L. monocytogenes*, *Campylobacter* spp.을 선정하여 CDC Foodborne Disease Outbreak Surveillance System(FDOSS)을 이용하여 분석한 결과 총 3,981건의 감염병 발병이 확인되었다(USDHHS, 2017). 감염병의 발병은 *Salmonella* spp.에 의해 905건, *E. coli* O157에 의해 255건, *L. monocytogenes*에 의해 44건, *Campylobacter* spp.에 의해 104건(유가공품으로 인한 151건의 발병은 제외)으로 나타났다. 예측된 *Salmonella* spp.에 관련된 감염병은 *Campylobacter* spp., *E. coli* O157 및 *L. monocytogenes*로 인한 감염병보다 식품 범주 전반적으로 널리 분포되었지만, 나머지 병원성 미생물들은 대부분 한두 가지 식품 범주에서 발생하였다(그림 5).

장출혈성대장균의 주요 결과는 그림 6에서 확인할 수 있다. *E. coli* O157로 인한 감염병의 75% 이상이 쇠고기 및 채소에서 유래하였으며 특히, 채소가 다른 모든 범주보다 훨씬 높은 예측값을 보였다(그림 6; IFSAC, 2020). *E. coli* O157 질병의 대부분은 두 가지 식품 범주인 쇠고기와 채소에 기인하기에 향후 이 두 가지 식품 범주에 초점을 맞춘 장출혈성대장균에 대한 저감화가 이 병원성 미생물로 인한 감염병을 줄이는 데 효과적일 수 있음을 시사한다.

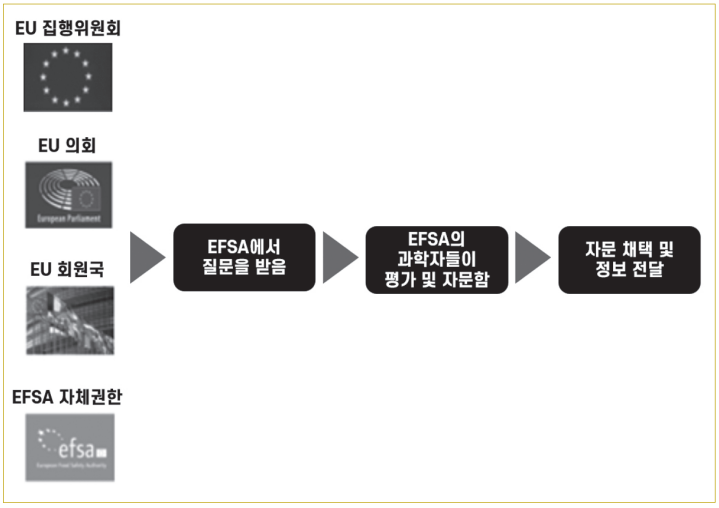


그림 7. EU 식품안전청(EFSA)의 운영 체계(식품안전정보원, 2018)

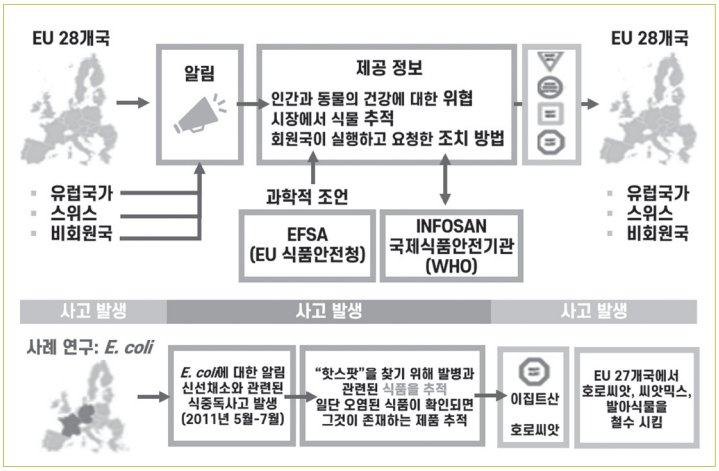


그림 8. 식품 · 사료 안전경보(RASFF) 작동 방식(식품 안전정보원, 2018)

이러한 접근 방식은 식품 매개 질병 원인과 관련된 몇 가지 문제들을 해결할 수도 있지만, 감염병 발병 자료를 산발적 질병으로 일반화하는 것과 관련된 한계는 여전히 존재한다. 그럼에도 불구하고 IFSAC은 발병 자료에서 식품 매개 질병 원인을 추정하기 위한 분석 접근 방식을 제공함으로써 공중보건 및 규제 기관에서 추정치의 사용 및 해석에 대한 일관성 있는 분석 방법을 제공할 수 있다. 또한, 더 많은 자료와 함께 분석 방법이 발전함에 따라 예측값의 정확도가 더 향상된 결과를 제공할 수 있을 것이다.

② EU

EU의 경우 단일 시장 내 자유로운 물류 이동이 보장된 시장의 개방성이 있다는 특징이 있으며, 여러 국가에서 생산된 많은 식품 원료들이 가공, 포장, 유통될 수 있으므로 식품 안전에 더 취약할 수 있다(식품 안전정보원, 2016). 따라서 EU는 Regulation(EC) No. 178/2002를 법적 근거로 EU 식품안전청(EFSA)에서 농장에서 식탁까지(Farm to Table) 식품 안전에 관련된 사고를 예방 및 대응하고 있다(그림 7). 대부분의 업무는 EU 집행위원회, 유럽의회 및 EU 회원국의 과학 자문 요청에 따라 수행되며, 생물학적 위해요소 패널을 지정하여 식품 안전 및 식품 유래 질병과 관련하여 과학적 자문을 제공한다.

EU의 경우 푸드 체인으로 식품 안전을 관리하며 원재료 자체에서 시작하여 제조단계, 완제품의 시장 출시, 소비 단계로 모든 식품에 적용하여 공급망의 모든 단계를 다루는 것이 핵심목표이다(식품 안전정보원, 2018). 1979년에 설립된 식품 · 사료 안전경보(Rapid Alert System for Food and Feed; RASFF)는 푸드체인 상에서 공중보건과 관련된 리스크가 발견될 때 신속한 대응을 하기 위해 정보를 교환하는 핵심도구이다(그림 8). 특히, 독일에서 새싹 생산에 사용된 이집트산 호로과 씨앗이 *E. coli* O104:H4에 오염되면서 3,842명의 질환자가 발생하고 53명이 사망한 장출혈성대장균 집단 식중독 사건으로 인해 EU 전체의 식중독 관리에 대한 검토가 이루어지는 계기가 되었다(식품 안전정보원, 2016). RASFF를 통한 정보 교류로 EU 회원국은 식품과 사료로 인해 발생한 사고에 더욱 신속하게 조직적으로 대처할 수 있으며, 문제가 발생한 제품을 RASFF를 통해 시장에서 회수할 수 있다.

표 1. 일본 정부 기관별 주요 관리 대상 제품
(식품 안전정보원, 2018)

정부 기관	관리 대상
후생노동성, 의약국, 식품보건부, 방역관리검역소	전염병 오염지역 국가로부터 수입된 어패류 등 검역
농림수산성, 생산국, 축산부, 동물검역소	– 소 · 말 · 닭 · 집오리 · 칠면조 · 메추라기 · 거위 · 개 · 토끼 · 꿀벌 – 닭 · 집오리 · 메추라기 · 칠면조의 알 – 동물의 뼈, 지방, 혈액, 털, 가죽, 뿔, 발굽, 건 및 장기 – 동물의 생유, 정액, 수정란, 미수정란, 혈분, 분 및 뇨 – 동물의 육분, 육골분, 혈분, 익분, 제각분 및 장기분 – 소세지, 햄 및 베이컨 – 수입이 금지된 시험연구용도용 동물 및 축산물 – 기타 농림수산대신 허가로 수입된 동물 및 축산물
농림수산성, 생산국, 식물방역부, 식물검역소	묘목, 구근, 절화, 생과실, 야채, 곡물, 두류, 목재, 기호식품, 향신료 등 검역
후생노동성, 의약국, 식품보건부, 식품위생검역소	– 식품(단, 약사법에 규정된 의약품, 의약부외품은 제외) – 식품첨가물(식품의 제조과정이나 또는 가공, 보존의 목적으로 식품에 첨가, 혼화, 침윤 기타 방법으로 사용하는 것) – 기구 및 포장용기 – 유아가 접촉하는 장난감 – 세정제(야채, 과실 또는 음식기의 세정용)

③ 일본

일본의 경우 1990년대 중반에 발생한 *E. coli* O157 및 노로바이러스에 의한 식중독, 2000년대 초반 소해면상뇌증의 발생으로 안전한 식품 관리에 대한 필요성이 대두되었다. 일본은 식품 안전기본법과 위생에 관한 주요한 법률인 식품위생법을 근간으로 하여 특정 주제 및 대상별로 적용되는 특별법 형태로 식품 안전 관련 법령을 운영하고 있다(표 1).

후생노동성이 식품위생법, 건강증진법, 도축장법, 식용조류 처리법 등의 법률로 식품의 유통 및 소비단계의 안전을 관리하고 있고, 농림수산성은 농산물 검사법, 일본 농림 규격법 등의 법률로 농 · 축 · 수산물의 생산과정 안전을 관리하고 있다.

결론

장출혈성대장균 감염증은 생산, 유통, 가공, 판매, 조리, 섭취 등 전 단계에 위험요소가 존재하기 때문에 원헬스 관점에서의 접근과 관리가 필요하다. 특히, 장출혈성대장균으로 인한 감염증은 환경 또는 식품으로부터 원인균을 추적해내기가 어려우므로 장출혈성대장균 감염증의 원인이 되는 식품을 명확히 밝혀내는 시스템 확립이 필요하다. 미국 IFSAC에서는 매년 식품 매개 질환으로 인한 예측값을 보고하고 있으며 이 예측값은 공중 보건학적인 문제 범위를 이해하는 데 매우 중요하게 인식되고 있다. 장출혈성대장균 감염증의 경우 1980년에서 1990년대 까지만 해도 소고기 분쇄육이 주된 원인 식품으로 알려졌으나 2020년 IFSAC 보고서에 따르면 장출혈성대장균 감염증의 50% 이상이 신선편이 야채류나 생으로 섭취하는 농산물을 매개로 한 식중독 사고로 밝혀졌다. 현재 이러한 과학적 근거를 통해 기존 축산식품 안전관리 방안을 넘어 농산물을 통한 장출혈성대장균 감염병 예방대책을 개발하여 시행하고 있다. 국내 장출혈성대장균 발병 현황은 국외 사례와 비교하면 매우 낮은 수준이고 식품 관련 유관부서에 의한 식품의 관리 · 감독이 잘 진행되고 있지만, 2020년 6월 안산 유치원에서 발생한 장출혈성대장균 감염증과 같은 식중독 사고는 지속적으로 발생하고 있다. 최근 질병관리청 통계에 따르면 우리나라에서 장출혈성대장균 식중독 사고의 원인 식품으로 신선편이 야채류가 추정되는 사례가 급증하고 있다. 그럼에도 불구하고 정확한 원인 식품을 밝힌 사례는 극소수에 불과하다. 따라서, 식중독사고 발생 시 신속 정확하게 원인 식품을 밝혀낼 수 있는 미국의 IFSAC과 같은 다부처 공동 협의체를 구성하여 운영할 필요가 있다. 농산물과 축산물에서 장출혈성대장균 오염은 사람–동물–환경을 통해 발생함으로 원헬스 관점에서 관련 부처들의 공동의 노력만이 국민의 안전한 식생활

과 건강한 삶을 영위하도록 하고, 식품안전관리 시스템을 확보할 수 있는 방법임을 명심해야 할 것이다.

감사의 글

이 글은 질병관리청 감염병관리과에서 발주한 단년도 정책연구용역과제 「원헬스 관점에서의 장출혈성대장균감염증 위험평가 및 관계부처 합동 예방 · 대응 체계 구축 방안 제시(2021-07-001)」을 통해 수행한 연구결과의 주요 내용을 요약 · 정리하였습니다.

참고 문헌

1. Andrade, L., O'Dwyer, J., O'Neill, E., & Hynds, P. (2018). Surface water flooding, groundwater contamination, and enteric disease in developed countries: A scoping review of connections and consequences. Environmental pollution, 236, 540-549.

2. Batz, M. B., Richardson, L. C., Bazaco, M. C., Parker, C. C., Chirtel, S. J., Cole, D., ... & Hoekstra, R. M. (2021). Recency-Weighted Statistical Modeling Approach to Attribute Illnesses Caused by 4 Pathogens to Food Sources Using Outbreak Data, United States. Emerging Infectious Diseases, 27(1), 214.

3. Carlson, C. J. (2020). From PREDICT to prevention, one pandemic later. The Lancet Microbe, 1(1), e6-e7.

4. CDC, How Food Gets Contaminated - The Food Production Chain, 2021, https://www.cdc.gov/foodsafety/production-chain.html

5. CDC, Interagency Food Safety Analytics Collaboration(IFSAC), 2021, https://www.cdc.gov/foodsafety/ifsac/index.html

6. Garcia, S. N., Osburn, B. I., & Jay-Russell, M. T. (2020). One health for food safety, food security, and sustainable food production. Frontiers in Sustainable Food Systems, 4, 1.

7. Goldwater, P. N., & Bettelheim, K. A. (2012). Treatment of enterohemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) infection and hemolytic uremic syndrome (HUS). BMC Medicine, 10(1), 1-8.

8. Gyles, C. L. (2007). Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: an overview. Journal of Animal Science, 85(suppl_13), E45-E62.

9. Institute of Medicine (US). Improving Food Safety Through a One Health Approach: Workshop Summary. Washington (DC): National Academies Press (US); 2012. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK100665/ doi: 10.17226/13423

10. Otte, M. J., Nugent, R., & McLeod, A. (2004). Transboundary animal diseases: Assessment of socio-economic impacts and institutional responses. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization (FAO), 119-126.

11. Pereira KS, Schmidt FL, Guaraldo AM, Franco RM, Dias VL, Passos LA. Chagas' disease as a foodborne illness. J Food Prot. 2009 Feb;72(2):441-446.

12. Richardson, L. C., Bazaco, M. C., Parker, C. C., Dewey-Mattia, D., Golden, N., Jones, K., ... & Cole, D. (2017). An updated scheme for categorizing foods implicated in foodborne disease outbreaks: a tri-agency collaboration. Foodborne Pathogens and Disease, 14(12), 701-710.

13. Schwabe, C. W. (1964). Veterinary medicine and human health. Veterinary medicine and human health.

14. Smith KM, Anthony SJ, Switzer WM, Epstein JH, Seimon T, Jia H, Sanchez MD, Huynh TT, Galland GG, Shapiro SE, Sleeman JM, McAloose D, Stuchin M, Amato G, Kolokotronis SO, Lipkin WI, Karesh WB, Daszak P, Marano N. (2012). Zoonotic viruses associated with illegally imported wildlife products. PLoS One. 7(1), e29505.

15. The Interagency food safety analytics collaborations(IFSAC). Foodborne illness source attribution estimates for 2018 for *Salmonella*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, and *Campylobacter* using multi-year outbreak surveillance data, United States. December 2020. https://www.cdc.gov/foodsafety/ifsac/pdf/P19-2018-report-TriAgency-508.pdf

16. Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(50), 20260-20264.

17. Togami, E., Gardy, J. L., Hansen, G. R., Poste, G. H., Rizzo, D. M., Wilson, M. E., & Mazet, J. A. (2018). Core competencies in One Health education: what are we missing?. NAM Perspectives. Discussion Paper, National Academy of Medicine, Washington, DC. https://doi.org/10.31478/201806a

18. Weber, D. J., Rutala, W. A., Fischer, W. A., Kanamori, H., & Sickbert-Bennett, E. E. (2016). Emerging infectious diseases: Focus on infection control issues for novel coronaviruses(Severe Acute Respiratory Syndrome-CoV and Middle East Respiratory Syndrome-CoV), hemorrhagic fever viruses (Lassa and Ebola), and highly pathogenic avian influenza viruses, A(H5N1) and A(H7N9). American Journal of Infection Control, 44(5), e91-e100.

19. Zinsstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., & Tanner, M. (2011). From "one medicine" to "one health" and systemic approaches to health and well-being. Preventive Veterinary Medicine, 101(3-4), 148-156.

20. 식품안전정보원, EU 식품안전관리체계 심층조사 및 사고 발생시 대응상황 연구, 2018, https://www.opm.go.kr/flexer/view.do?ftype=hwp&attachNo=96685

21. 식품안전정보원, 미국 식품안전현대화법(FSMA) 및 그 하위규칙 제정 운영 현황, 2016, https://mfds.go.kr/brd/m_583/view.do?seq=31490&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=167

22. 식품안전정보원, 주요국(일본)의 식품안전관리체계 심층조사 및 사고 발생시 대응상황 연구, 2018, https://www.opm.go.kr/flexer/view.do?ftype=hwp&attachNo=96686

23. 식품의약품안전처 식중독 표준업무지침, 2018