



기후변화가 기생충질환의 유행에 미치는 영향

채 종 일*

Effect of Climate Changes on the Prevalence and Endemicity of Parasitic Diseases

Jong-Yil Chai*

ABSTRACT

Climate changes and global warming which recently occur in various localities of the global surface not only affect the incidence and type of natural disasters, such as flood, drought, typhoon, and hurricane, but also cause remarkable changes in the living environment of humans and animals and eventually the occurrence of variable types of human and animal diseases. Among them, infectious diseases, in particular, diseases caused by parasites are one of those affected most remarkably. It is mainly because climate changes can greatly influence the survival, behaviour, and spatial distribution of vectors as well as intermediate and definitive hosts. For example, in cases of malaria and filariasis, climate change greatly affects the survival capacity, life span, reproducibility, and habitat of vector mosquitoes to change the prevalence and endemicity of each disease and to result in extension of endemic areas. Also in Chagas' disease, African sleeping sickness,

Received October 12, 2020.

* 2020년도 대한민국학술원상 자연과학응용 부문 수상자, 서울대학교 의과대학 명예교수

leishmaniasis, and babesiosis, climate changes can change the ecology of vector insects, such as triatomid bugs, tsetse flies, sand flies, and ticks, and affect the disease incidence and prevalence. On the other hand, in soil-transmitted helminthiases, such as *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, and hookworm infections, climate changes, in particular, heavy rainfall, can induce changes in the property, nature (moisture, etc.), and component of the soil which may in turn increase the transmission velocity of these diseases, leading to elevation of the prevalence and endemicity as well as changing the seasonality and extension of endemic areas. In the case of schistosomiasis, climate changes can affect the distribution, longevity, and ecology of vector snails, such as *Oncomelania* spp., *Biomphalaria* spp., and *Bulinus* spp., and may establish new endemic areas eliciting new patients in previously non-endemic areas. In waterborne and plant-borne infections, such as cryptosporidiosis, microsporidiosis, and fascioliasis, increased rainfall can induce changes in the outbreak and incidence of infections. Also in foodborne parasitoses, the prevalence, endemicity, and spatial distribution can be changed according to global warming and climate changes. For example, in clonorchiasis, opisthorchiasis, and paragonimiasis, the distribution, survival, and species dominance of intermediate hosts, such as freshwater snails, fish, crabs, and crayfish, may be influenced and as a result, the prevalence and endemicity of each disease can be changed remarkably. Also in infections with intestinal flukes, including metagonimiasis, heterophyiasis, echinostomiasis, isthmiophoriasis, neodiplostomiasis, and gymnophalloidiasis, climate changes can affect the endemicity and spatial distribution of each disease according to changes in ecology of intermediate hosts, such as sweetfish, mullets, freshwater fish (*Odontobutis obscura interrupta*), grass snakes, and oysters. In another foodborne parasitic infection, such as cyclosporiasis, transmitted through consumption of raspberry or other kinds of vegetables, the infection incidence and prevalence may be greatly influenced by climate changes, including the rainfall. In addition, climate changes can induce introduction of new parasitic diseases as a result of changing ecology and environment of intermediate and

definitive hosts. So as to cope with the problems caused by global warming and climate changes, sustained surveillance and monitoring of each parasitic disease are urgently necessitated.

Key words: climate change, global warming, parasite, parasitic disease, malaria, helminth, protozoa

초 록

최근 급격한 지구 온난화(地球 溫暖化; global warming)와 이로 인해 지구 곳곳에서 나타나고 있는 다양한 형태의 기후변화(氣候變化; climate change)는 홍수, 가뭄, 태풍, 허리케인, 미세먼지, 황사 등 자연 재해의 유형과 빈도에 커다란 영향을 미침은 물론, 인간을 비롯한 여러 생물체들의 생활환경과 생태(生態)를 변화시키고 질병의 유행양상에 있어서도 다양한 변화를 초래하고 있다. 기후변화가 질병 중에서도 특히 기생충질환(寄生蟲疾患)의 유행에 미치는 영향은 주목할 만하다. 환경과 생태의 변화는 기생충을 전파하는 매개체(媒介體)나 중간숙주, 종숙주의 생존, 습성, 지리적 분포 등에 커다란 영향을 미치기 때문이다. 예를 들어 말라리아(malaria)나 사상충증(絲狀蟲症; filariasis)의 경우 매개체인 모기의 생존 능력과 수명, 생식 능력, 서식처 변화 등에 막대한 영향을 끼쳐 각 질환의 유행도를 변화시키고, 유행 지역을 확대하는 결과를 가져오기도 한다. 샤가스병(Chagas' disease), 아프리카수면병(아프리카睡眠病; African sleeping sickness), 리슈만편모충증(리슈만鞭毛蟲症; leishmaniasis), 바베시아증(babesiosis)의 경우에도 빈대, 체체파리(tsetse fly), 모래파리(sand fly), 진드기 등 매개체의 생태를 변화시켜 질병 유행도에 영향을 미친다. 한편, 회충(蛔蟲)이나 편충(鞭蟲), 구충(鉤蟲) 등 토양매개성 연충(土壤媒介性 蠕蟲) 감염의 경우에는 강수량 증가에 따라 토양의 성질(습도 증가 등)이나 성분을 변화시켜 유행지를 넓히기도 하고 감염률, 유행도, 계절적 변동 등 유행양상에 커다란 영향을 주기도 한다. 주혈흡충(住血吸蟲; schistosomes)의 경우에는 패류(貝類) 중간숙주의 분포, 생존, 생태 등에 영향을 미쳐 유행도를 변화시키거나 기존의 비유행지에서 많은 환자를 발생시키면서 이를 새로운 유행지로 만들기도 한다. 수인성(水因性) 또는 수생식물-매개(水生植物媒介) 기생충 감염증인 와포자충증(窩孢子蟲症; cryptosporidiosis), 미포자충증(微孢子蟲症; microsporidiosis), 간질증(肝蛭症; fascioliasis) 등의 경우에도 강수량 증가 또는 감소에 따라 유행도에 커다란 변동을 보인다. 식품매개(食品媒介) 기생충병의 경우에도 기후변화에 따라 유행양상에 다양한 변화가 초래될 수 있다. 즉, 간흡충증(肝吸蟲症)이나 타이간흡충증(타이肝吸蟲症),

폐흡충증(肺吸蟲症)의 경우 중간숙주가 되는 어류, 게, 가재의 종류는 물론, 분포, 서식지 등이 변화함으로써 유행지에 변화를 일으킬 수 있다. 요코가와흡충(요코가와吸蟲; *Metagonimus yokogawai*), 유해이형흡충(有害異形吸蟲; *Heterophyes nocens*), 호르텐스극구흡충(호르텐스棘口吸蟲; *Isthmiophora hortensis*), 서울주걱흡충(*Neodiplostomum seoulense*), 참굴큰입흡충(*Gymnophalloides seoi*) 등 장흡충류(腸吸蟲類) 감염의 경우에도 은어, 송어(또는 문절망둑), 얼룩동사리나 미꾸라지, 꽃뱀, 참굴 등 중간숙주의 서식처가 바뀌거나 확대됨으로써 유행도와 유행지가 변화할 수 있다. 나무딸기(raspberry) 또는 브로콜리(broccoli), 베이절(basil), 고수(cilantro) 등으로 만든 샐러드에 의해 전파되는 원포자충증(圓孢子蟲症; cyclosporiasis)도 기후변화에 커다란 영향을 받는 식품-매개 기생충병의 하나이다. 또한, 기후변화는 전에 없었던 새로운 기생충 감염의 유행을 가져오기도 한다. 결론적으로, 지구 온난화와 기후변화가 기생충병의 유행에 미치는 영향은 매우 크며 지속적인 모니터링과 새로운 관리 전략의 수립이 시급히 요망된다.

주제어: 기후변화, 지구 온난화, 기생충(기생체), 기생충질환, 말라리아, 연충, 원충

목 차

I. 서론 II. 기후변화가 각종 기생충질환의 유행에 미치는 영향 1. 말라리아(Malaria) 2. 샤가스병(Chagas' disease) 3. 아프리카수면병(African sleeping sickness) 4. 리슈만편모충증(leishmaniasis) 5. 바베시아증(babesiosis) 6. 회충증(ascariasis) 7. 편충증(trichuriasis) 8. 구충증(hookworm infections)	9. 주혈흡충증(schistosomiasis) 10. 와포자충증(cryptosporidiosis) 11. 원포자충증(cyclosporiasis) 12. 간질증(fascioliasis) 13. 간흡충증(clonorchiasis) 및 타이간흡충증(opisthorchiasis) 14. 폐흡충증(paragonimiasis) 15. 장흡충증(intestinal trematodiasis) III. 맺는말 감사의 글 참고문헌
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

I. 서론

기후변화(氣候 變化; climate change)는 자연적으로 일어나는 현상이기도 하지만 인간의 생활과 활동 등에 의해 커다란 영향을 받기도 한다. 특히, 화석연료(化石燃料)를 많이 사용하는 취사, 냉난방, 산업화 등 여러 인위적인 (anthropogenic) 요인들에 의해 발생하는 온실 가스(greenhouse gas) 또는 온실 기체의 발산은 지구 온난화를 가속화하면서 심각한 기후변화와 함께 환경변화를 초래하고 있다. 특히, 20세기 중반부터(1950-1960) 지금까지 60여 년 동안 관측된 지구 온도의 상승은 주로 사람이 만든 온실 가스 농도의 증가와 밀접한 관계가 있다는 사실이 잘 알려져 있으며, 이렇게 인위적 요인에 의해 초래된 지구 온도의 상승은 남극(Antarctica)을 제외한 모든 대륙에서 나타나고 있고, 여러 대륙에 있어서 물리-생물학적 체계에 지대한 영향을 끼쳐왔다고 생각된다(Rosenzweig et al. 2008). 따라서 기후변화 문제는 21세기 인류가 해결해야 할 가장 중요한 현안의 하나로 부각되고 있다.

기후변화 관련 학자들은 인간의 여러 활동이 주변 환경의 온실 가스 농도를 필요 이상으로 증가시키며 생태를 파괴하는 주범이 되고 있다는 점에 모두들 동의하고 있다(Crowley 2000; Rosenzweig et al. 2008; Short et al. 2017). 기후변화에 의해 초래되는 직접적인 영향으로 급격한 기온 상승이나 혹서(酷暑), 혹한(酷寒), 폭우, 가뭄, 태풍, 허리케인, 미세먼지, 황사 등 쉽게 느끼고 관측할 수 있는 경우도 있으나 간접적인 영향에 대해서는 쉽게 인지할 수 없는 경우도 많다. 간접적인 영향의 중요한 예로는 감염성질환의 유행도 및 유행양상의 변화와 새로운 감염 질환의 출현 등을 들 수 있다. 특히, 사스(SARS)나 메르스(MERS) 바이러스는 박쥐에서 유래했다고 하는데 지구 온난화에 의해 열대나 아열대지방에 살던 박쥐들이 온대지방으로 이동하면서 인간세상과의 접촉이 늘어나 발생한 것으로 보는 시각이 많다. 현재 세계적인 대유행(pandemic)을 보이고 있는 신종 코로나 바이러스(COVID-19)도 박쥐 유래설과 천산갑(穿山甲) 유래설, 실험실 유래설 등이 있지만 궁극적으로는 지구 온난화 및 기후변화와 모종의 관계가 있을 가능성이 크다.

지구 온난화와 기후변화의 또 다른 심각한 영향 중 하나는 기생충질환의 유행도 증가와 유행지 확산 등을 초래할 수 있다는 점이다(Short et al. 2017). 또한, 기후변화는 기생충을 전파하는 매개체나 중간숙주, 종숙주 등 숙주 동물의

지리적 및 공간적 분포에 영향을 미치며, 기생충 자체의 발육에도 커다란 영향을 나타내게 된다(Short et al. 2017). 매개체를 예로 들면, 모기, 진드기, 모래파리, 체체파리 등의 경우 발육을 촉진하고, 밀도에도 영향을 주며, 생존 능력을 증가시키고, 숙주 흡혈 빈도 등을 증가시킬 수 있다는 사실이 잘 알려져 있다(Short et al. 2017). 기후변화는 가축, 야생동물 등 보유숙주(保有宿主: reservoir host)의 범위를 더욱 다양화하게 하여 유행도와 분포지역을 더욱 확대할 수 있다(Short et al. 2017). 말라리아(malaria), 샤가스병(Chagas' disease), 아프리카수면병(African sleeping sickness), 리슈만편모충증(leishmaniasis), 바베시아증(babesiosis), 와포자충증(cryptosporidiosis), 원포자충증(cyclosporiasis) 등은 기후변화에 의해 영향을 가장 많이 받는 대표적인 원충성(原蟲性: protozoan) 질환의 예이며(Short et al. 2017), 회충, 편충, 구충 등 토양-매개성 연충(土壤-媒介性 蠕蟲: soil-transmitted helminths)이나 주혈흡충증(schistosomiasis), 간흡충증(clonorchiasis), 타이간흡충증(opisthorchiasis), 간질증(fascioliasis), 림프관사상충증(lymphatic filariasis), 회선사상충증(onchocerciasis) 등은 기후변화에 영향을 가장 많이 받는 연충류(蠕蟲類: helminths) 감염 질환의 예이다(Blum and Hotez 2018).

이 종설에서는 지구 온난화와 기후변화에 의해 초래되는 기생충질환의 유행도 및 유행양상의 변화에 대해 기생충 종류별(표 1)로 간단한 예를 들어 재조명해 보고자 하였다.

표 1. 기후변화의 영향을 받는 인체 감염 기생충질환과 중간숙주(中間宿主), 종숙주(終宿主)

기생충질환 (寄生蟲疾患)	제1중간숙주	제2중간숙주	종숙주 (보유숙주: 保有宿主)
말라리아 (malaria)	말라리아원충들은 생물학적으로 모기(mosquito)를 종숙주로 하며 사람은 일종의 중간숙주에 해당함. 모기를 매개체(vector)라 하며 사람 이외에 척추동물 보유숙주는 없음.		
샤가스병 (Chagas disease)	트리아툼 빈대(kissing bug, assassin bug)		사람, 개, 고양이, 아르마딜로(armadillo)
아프리카수면병 (African sleeping sickness)	체체파리(tsetse fly)		사람, 가축, 야생동물
리슈만편모충증 (leishmaniasis)	모래파리(sand fly)		사람, 개, 야생 설치류
바베시아증 (babesiosis)	진드기(tick)		쥐, 소, 사람
회충증 (ascariasis)	없음		사람

기후변화가 기생충질환의 유행에 미치는 영향

기생충질환 (寄生蟲疾患)	제1중간숙주	제2중간숙주	종숙주 (보유숙주: 保有宿主)
편충증 (trichuriasis)	없음		사람
구충증(hookworm infections)	없음		사람
주혈흡충증 (schistosomiasis)	패류(<i>Oncomelania</i> spp., <i>Lithoglyphopsis aperta</i> , <i>Biomphalaria</i> spp., <i>Bulinus</i> spp.)		사람, 개, 고양이, 말, 돼지, 소, 물소, 사슴, 쥐, 원숭이 등
와포자충증 (cryptosporidiosis)	사람와포자충과 작은와포자충 등 와포자충류는 사람, 소, 쥐 등이 각각 종숙주 역할을 함. 물을 통한 전파가 가장 많음.		
원포자충증 (cyclosporiasis)	원포자충증은 난포낭(oocyst)에 오염된 야채, 채소, 과일 등을 통해 감염되며 사람이 거의 유일한 종숙주임.		
간질증(fascioliasis)	패류(<i>Lymnaea</i> spp.)	수생식물(죽순, 수초, 미나리, 마름 등)	소, 양, 사람
간흡충증 (clonorchiasis) 및 타이간흡충증 (opisthorchiasis)	패류(<i>Parafossarulus</i> sp., <i>Bithynia</i> spp.)	민물고기(참붕어, 모래무치, 돌고기 등)	사람, 개, 고양이
폐흡충증 (paragonimiasis)	다슬기 (<i>Semisulcospira</i> spp.)	게, 가재	사람, 야생동물
이형흡충증 (heterophyidiasis)	반염수산 패류 (<i>Cerithidea</i> spp.)	반염수산 어류(숭어, 농어, 문절망둑, 전어)	사람, 개, 고양이
극구흡충증 (echinostomiasis)	담수산 패류 (<i>Lymnaea</i> spp., <i>Radix</i> spp.)	패류, 어류, 양서류	사람, 가축, 야생동물
서울주걱흡충증 (neodiplostomiasis)	또아리물달팽이 (<i>Hippeutis cantori</i>)	개구리, 올챙이, 뱀*	야생 쥐, 설치류, 사람
참굴큰입흡충증 (gymnophalloidiasis)	미확인	자연산 참굴 (<i>Crassostrea gigas</i>)	철새(검은머리물떼새 등), 사람

*뱀은 개구리와 사람 사이를 연결시켜 주는 지연숙주(遲延宿主: paratenic host)로 판단됨.

II. 기후변화가 각종 기생충질환의 유행에 미치는 영향

1. 말라리아(Malaria)

말라리아는 모기에 의해 전파되는 발열 질환(發熱 疾患)의 하나이다. 삼일열 원충(三日熱原蟲; *Plasmodium vivax*), 열대열원충(熱帶熱原蟲; *Plasmodium falciparum*), 사일열원충(四日熱原蟲; *Plasmodium malariae*), 난형열원충(卵形熱原蟲; *Plasmodium ovale*) 및 원숭이열원충(*Plasmodium knowlesi*)

의 5종이 인체에 말라리아를 일으키는 것으로 알려져 있다(채종일 외 1999, 2011; 채종일 2018; Chai 2020).

따라서 말라리아의 유행은 적합한 매개 모기가 분포하는지, 그 밀도는 어느 정도인지, 모기의 수명은 적절한지(말라리아원충의 발육이 가능할 정도로 오래 살아야 하므로), 사람 피를 선호하는지 등에 따라 달라진다. 모기의 밀도는 강수량과 밀접한 관계가 있는데 높은 강수량이 있는 지역의 경우 환경 내에 모기 서식처(棲息處)를 증가시키며 생존에 필요한 적절한 습도를 제공하게 된다(Short et al. 2017). 또한, 모기의 흡혈 강도(吸血 強度)와 흡혈 속도(吸血 速度) 등은 기온 상승과 밀접한 상관관계가 있음이 알려져 있다(Martens et al. 1997).

삼일열 말라리아(vivax malaria)와 열대열 말라리아(tropical malaria)는 기온에 의해 가장 크게 영향을 받는 말라리아이다. 지구 온난화가 진행됨에 따라 이들 말라리아의 유병율(有病率; prevalence)은 지구상에서 12-27% 가량 증가할 것이며, 2억 명의 감염 환자를 더 발생시키고 그들의 생명을 위협하게 될 것이라 한다(Redshaw et al. 2013). 중국 안휘성(安徽省)의 경우를 예로 들면 1990년 인구 10만 명 당 52.0명이었던 삼일열 말라리아 환자 발생 수가 1999년에 1.3명으로 크게 감소하였으나 2000년 이후 급격한 재유행을 보였으며, 2006년에는 인국 10만 명 당 90.5명으로 증가하여 피크를 이루었다(Gao et al. 2012). 이 지역 말라리아 재유행의 원인을 분석한바 강수량 증가, 습도 증가, multivariate El Niño/Southern Oscillation Index 및 기온 상승에 따른 모기 밀도의 증가가 모두 관련 요인으로 나타났으며, 그 중에서도 강수량 증가가 가장 중요한 요인으로 평가되었다(Gao et al. 2012).

그리스(Greece)는 1974년에 삼일열 말라리아 박멸 선언을 하였으나 해외유입 말라리아 환자가 매년 상당 수 보고되어 왔고, 산발적인 자국(自國) 내 환자(해외여행 경험이 없는 환자: autochthonous patients)도 적지만 계속 발생하였다(Danis et al. 2011; Andriopoulos et al. 2013). 특히, 2009-2010년에는 해외여행을 한 일이 없는 말라리아 환자 7명(그리스인)이 처음 발생하였고(Andriopoulos et al. 2013), 2011년에도 해외여행 경력이 없는 환자 20명이 발생하였다(Danis et al. 2011). 이들은 모두 그리스 자국 내의 모기에 의한 감염으로 판단된다(Danis et al. 2011). 이 재출현(再出現) 말라리아(reemerging malaria)는 말라리아가 유행하는 주변 국가에서 입국한 해외 이주민(移住民; immigrants)에 의해 전파가 시작되었을 가능성이 높으며

(Danis et al. 2011), 이에 더하여 기후변화에 의해 증가한 강수량 때문에 매개 능력이 있는 모기의 밀도(密度)가 증가했기 때문으로 추정된다. 이와 같은 이유로 유럽에서 말라리아가 재유행(再流行)하고 있는 나라로는 독일(Germany), 스페인(Spain), 크로아티아(Croatia), 이탈리아(Italy), 몰타(Malta), 불가리아(Bulgaria), 프랑스(France) 등을 들 수 있다(El-Sayed and Kamel 2020).

한국의 경우에도 고려 의종 때(1152년) 문헌상 말라리아 발생 기록이 처음 있는 후 한국전쟁 후인 1950-1970년대까지 창궐과 소강상태를 계속 반복해 오다가 1980년대 초반에는 잠시 소멸된 일이 있었다(Chai 1999, 2020; 채종일 2018). 그러다가 약 10년 후인 1993년에 해외여행 경험이 없는 한국인 병사 1명에서 토착 말라리아가 발생한 후 2015년까지 총 32,526명의 환자가 발생하였다(채종일 2018; Chai 2020). 이 재출현 말라리아(reemerging malaria)는 북한의 말라리아 발생과 밀접한 연관성이 있음이 여러 정황과 자료를 통해 밝혀졌다(Chol et al. 2005; Han et al. 2006; Chai 2020). 특히, 1990년대 초반 북한에서 발생한 대홍수(大洪水)와 기근(饑饉) 등 생활여건의 악화로 말라리아 상황이 극도로 나빠졌기 때문으로 추정된다. 결국, 한반도의 재유행 말라리아는 기후변화와 이로 인해 반복적으로 발생한 홍수와 깊은 연관성이 있다고 보는 것이 합리적일 것으로 판단된다(Han et al. 2006).

2. 샤가스병(Chagas' disease)

크루스파동편모충(크루스波動鞭毛蟲; *Trypanosoma cruzi*) 감염증, 일명 샤가스병은 중남미 여러 국가에서 유행하고 있는 원충 감염 질환의 하나로 빈대(bug), 특히 트리아툼 빈대(triatomid bug; 일명 kissing bug 또는 assassin bug)가 매개하며 심장병과 거대결장(巨大結腸; megacolon) 등 심각한 내장 질환을 일으킨다. 이 병은 원래 남미 국가들에서 발생하던 것인데 기후변화에 의해 미국 남부지역에까지도 매개체인 빈대가 확산, 분포하게 되었으며, 이민, 해외여행 등으로 원충이 전파되어 환자를 발생시켰고 이 병의 분포가 점차 북쪽으로 확산되기에 이르렀다(Bern et al. 2011; Garza et al. 2014). 현재 미국 남부에 분포하는 트리아툼 빈대는 최소한 11종에 이르며, 보유숙주(保有宿主; reservoir host)도 숲쥐(woodrats), 너구리(racoons), 스킨크(skunks), 코요테(coyotes) 등 다양한 종류가 서식하고 있어 샤가스병 유행에 적합하다

(Bern et al. 2011). 특히, 텍사스 주의 몇 개 카운티(county)에는 “콜로니아(colonia)’로 불리는 저소득층 및 열악한 계층이 거주하고 있어 허술한 집 구조(외벽 등)와 비위생적인 환경 등으로 매개 빈대가 쉽게 침투할 수 있도록 되어 있다(Short et al. 2017). 나아가 이 병은 기후변화는 물론 남미에서 북미, 유럽 등으로의 이민자 증가 등 인구 이동에 따라 거의 세계 전역에 전파되고 있기도 하다(Schmunis and Yadon 2010).

한편, 기후변화는 매개 빈대의 행동에도 큰 변화를 초래한다는 사실이 알려져 있다. 즉, 기온이 30도가 넘는데 습도가 상대적으로 낮을 경우 빈대는 탈수(脫水)로부터 자신을 보호하기 위해 더욱 자주 흡혈을 해야 하게 된다(Carcavallo and Casas 1996). 또한, 실내 온도가 높아질수록 빈대의 생활사 기간이 짧아지고 신속히 번식하여 개체수가 단기간에 크게 늘어남에 따라 질병 전파의 속도를 촉진하는 결과를 가져온다(Carcavallo and Casas 1996). 한편, 기온이 높아지면 병원체인 크루스파동편모충(*T. cruzi*) 증체 자체의 빈대 내 분열증식 속도도 빨라진다는 연구결과가 보고된 일도 있다(Asin and Catalá 1995).

3. 아프리카수면병(African sleeping sickness)

감비아파동편모충(감비아波動鞭毛蟲; *Trypanosoma brucei gambiense*)과 로데시아파동편모충(로데시아波動鞭毛蟲; *Trypanosoma brucei rhodesiense*)은 사람에게 감염되면 중추신경계(中樞神經系; central nervous system)를 침범하여 혼수상태(昏睡狀態)를 일으키고 사망에 이르게까지 할 수 있는 무서운 원충이다. 혼수상태에 빠진 환자가 마치 잠을 자고 있는 듯 보여 수면병(睡眠病; sleeping sickness)이라 부르기도 하며, 체체파리(tsetse fly)가 이 질병을 매개한다. 기후변화는 이 질병의 유행에 서로 반대되는 다양한 영향을 미친다. 예를 들어, 심한 기온 상승이 있을 경우 체체파리의 서식처(알에서 깨어나는)를 파괴하는 결과가 나타나고 이 때문에 새로 태어나는 어린 체체파리의 출현을 저지하게 된다. 그러나 상대적으로 원충에 감염된 나이 든 체체파리는 그 밀도를 오히려 증가시켜 더욱 많은 인구가 이 질병 감염에 노출되게 하고 유행을 오히려 높이는 결과를 가져오기도 한다(Mweempwa et al. 2015).

4. 리슈만편모충증(leishmaniasis)

리슈만편모충증(리슈만鞭毛蟲症)은 증상, 경과 등 임상적 특성에 따라 피부리슈만편모충증(皮膚리슈만鞭毛蟲症; cutaneous leishmaniasis), 피부점막리슈만편모충증(皮膚粘膜리슈만鞭毛蟲症; mucocutaneous leishmaniasis) 및 내장리슈만편모충증(內臟리슈만鞭毛蟲症; visceral leishmaniasis)으로 구분한다. 피부(皮膚) 감염증을 일으키는 종은 열대리슈만편모충(*Leishmania tropica*), 큰리슈만편모충(*Leishmania major*) 등이고, 피부점막(皮膚粘膜) 감염증을 일으키는 원충은 브라질리슈만편모충(*Leishmania braziliensis*), 멕시코리슈만편모충(*Leishmania mexicana*) 등이며, 내장(內臟) 감염을 일으키는 종에는 내장리슈만편모충(*Leishmania donovani*), 소아피슈만편모충(*Leishmania infantum*) 등이 알려져 있다(채종일 외 2011). 이들 리슈만편모충증은 다양한 종의 모래파리류(sand flies)가 전파하며, 아프리카, 아시아, 중동, 남미 등지에 분포하고 있다. 미국에서는 해외여행 후 돌아온 미국인에서 리슈만편모충증이 보고된 일은 있었지만 자국 내의 토착적 감염(土着的 感染)은 주목받은 일이 거의 없었다(McHugh et al. 1996). 그러나 McHugh et al. (1996)은 텍사스 주에서 1903년에 처음 진단된 1명을 비롯하여 1942년 1명, 1972-1993년 25명 및 그 후 추가 2명(1995년) 등 총 29명의 토착적 리슈만편모충증 환자를 집계, 보고하였다. 그 후 기후변화, 특히 기온상승과 함께 매개체인 모래파리(sand fly)와 보유숙주인 숲쥐(woodrat)의 분포지역이 확대됨에 따라 미국의 텍사스 주보다 북쪽에 위치한 지역은 물론 캐나다(Canada)에 까지도 리슈만편모충증의 분포가 확산되고 있음은 주목할 만하다(González et al. 2010).

5. 바베시아증(babesiosis)

바베시아증은 진드기(tick)에 의해 전파되는 발열 질환(發熱 疾患)으로 말라리아와 비슷한 임상적 경과를 보인다. 바베시아속(*Babesia* 屬) 원충 여러 종이 인체 감염을 일으킨다. 스웨덴 일부 지역에서는 1990년대에 진드기의 밀도가 증가하고 그 분포가 북쪽 방향으로 확산된 일이 있었는데 이는 기후변화와 밀접한 연관성이 있었으며, 캐나다와 아북극(亞北極; subarctic)의 러시아 일부 지역에서도 진드기 밀도가 증가하고 진드기-매개성 질병의 증가가 있었는데 이는

기온 상승과 깊은 관계가 있다고 하였다(Short et al. 2017). 따뜻한 기후는 진드기의 유충(幼蟲; larva) 및 약충(若蟲; nymph) 시기의 동시 발생을 촉진하기도 하여 전파력을 높임은 물론 더 강한 병원성을 지닌 병원체가 진드기 내에서 더욱 오래 생존할 수 있도록 한다는 사실이 알려져 있다(Short et al. 2017). 폴란드(Poland)에서는 강수량 증가가 버섯(mushroom) 작물(作物)들의 성장을 촉진하는 한편, 진드기의 활동도 촉진하여 버섯 수확을 담당하는 사람들이 쉽게 진드기에 물리도록 하는데 이는 기후변화와 밀접한 관련이 있다(Randolph 2010). 또한, 기후변화는 작물 경작지의 여러 변화와 더불어 진드기의 분포를 더욱 북쪽으로 확산시키게 되며 전에는 바베시아증이 없었던 지역 사회를 새로운 유행지가 되도록 위협하는 결과를 초래하게 된다(Robinson et al. 2015). 이리하여 미국이나 캐나다, 영국과 같은 국가에서는 기온 상승 때문에 전에는 볼 수 없었던 정도의 높은 바베시아증 발생율(發生率)을 경험하고 있으며 불행히도 이 추세는 자연계 종숙주(조류, 노루, 흰발마우스 등)의 이동이나 이주(移住)와 함께 향후 몇 십 년에 걸쳐 더욱 확대될 것으로 우려되고 있다(Short et al. 2017). 한국의 경우에는 최근까지 인체 바베시아증의 국내 토착 발생이 보고된 바가 없었으나 2019년 *Babesia motasi* 감염 환자가 강원도 횡성군의 한 지역에서 발생하였고 인근 지역에서 채집한 진드기(*Haemaphysalis longicornis*)에서 충체가 검출되어 토착 감염임이 확인되었다(Hong et al. 2019).

6. 회충증(ascariasis)

회충증(蛔蟲症)은 토양-매개성 연충(土壤-媒介性 蠕蟲) 감염의 대표적인 것으로 국내에서도 1980년대 말까지 크게 유행하였고(당시 전 국민 감염률 30-80%) 소아의 복통, 소화불량, 발육부전, 영양결핍 등의 원인이 되었다는 기록이 있다. 그러나 1990년대에 들면서 감염률(感染率: infection rate)이 크게 감소하여 1% 아래로 떨어졌고, 임상적으로 문제가 되는 환자는 거의 찾아보기가 어렵게 되었다. 현재(2004년 이후) 전 국민 감염률은 0.05% 정도로 추산된다(채종일 외 2011). 그런데 기후변화는 회충(*Ascaris lumbricoides*) 감염의 역학적 상황과도 적지 않은 연관성을 가지고 있다. 회충란(蛔蟲卵)은 점토성(粘土性)이 높은 흙(clay soil)에서 일정 기간 발육한 뒤 손이나 야채 등을 통해 사람에게 감염되는데 기온이 높으면 회충란의 발육 속도를 높일 수 있고

(Kim et al. 2012), 강수량이 높으면 충란의 생존에 많은 도움을 줄 수 있기 때문이다(Short et al. 2017). 이와 반대로 극단적으로 습도가 낮고 가뭄이 지속되는 경우에도 사람들의 생활이 피폐(疲弊)해지고 위생상태가 나빠져 회충 감염이 악화된다는 가설이 있다(Cook 1992).

7. 편충증(trichuriasis)

편충증(鞭蟲症)은 토양-매개성 연충 감염의 하나로 국내에서도 1980년대 말까지 크게 유행하였고(전 국민 감염률 30-90%) 소아의 소화불량, 설사 등의 원인이 되었다. 그러나 1990년대에 들어서면서 감염률이 크게 감소하여 1% 아래로 떨어졌고, 임상적으로 문제가 되는 환자는 거의 찾아보기가 어렵게 되었다. 현재(2004년 이후) 전 국민 감염률은 0.28% 정도로 추산되는데(채종일 외 2011), 최근까지도 대장 내시경(大腸 內視鏡) 검사에서 종종 감염자가 발견되고 있다. 그런데 기후변화는 편충(*Trichuris trichiura*) 감염의 역학적 상황과도 적지 않은 연관성을 가지고 있다. 회충란과 마찬가지로 기온이 높거나 강수량이 많으면 점토성(粘土性) 토양 내 편충란(鞭蟲卵)의 생존과 발육을 촉진하여 유행을 지속하게 하며 이와 반대로 가뭄이 올 경우에는 사람들의 위생상태가 나빠져 편충 감염이 악화될 수 있다는 점이 지적된 바 있다(Cook 1992; Short et al. 2017).

8. 구충증(hookworm infections)

구충증(鉤蟲症)도 토양-매개성 연충 감염의 하나로 국내에서도 1970년대 말까지 전국적으로 높고 낮은 유행을 보였다(전 국민 감염률 0.1-18%) (채종일 외 2011). 구충(鉤蟲; hookworms: 주로 두비니구충 *Ancylostoma duodenale* 및 아메리카구충 *Necator americanus*)은 소화불량이나 설사도 일으키지만 장내에서 흡혈(吸血)을 하기 때문에 빈혈의 흔한 원인 중 하나였다. 그러나 1980년대에 들면서 감염률이 크게 감소하여 1% 아래로 떨어졌고, 임상적으로 문제가 되는 환자는 거의 찾아보기가 어렵게 되었다. 현재(1997 이후) 전 국민 감염률은 0.0007% 정도로 추산된다(채종일 외 2011). 구충란(鉤蟲卵)은 모래가 많은 사토성(沙土性) 토양(sandy soil)에서 잘 생존하는데 온도가 높으면 유충(幼蟲) 발육이 촉진되고 짧은 기간 내에 감염력을 갖추게 된다(Weaver et

al. 2010). 또한, 강수량이 많고 습도가 높을 경우 구충란과 유충이 건조해지는 것을 막아주며 자연계에서의 생존을 도와주게 된다(Weaver et al. 2010). 하이티(Haiti)에서는 심한 산림 벌채(山林 伐採)와 이로 인한 하천의 퇴적(堆積)으로 인해 주기적으로 홍수가 나면서 주변 환경의 상층토(上層土)가 모래 등 육토로 뒤덮이고 습도도 높아지면서 한동안 거의 사라졌던 구충 감염률이 12-15%로 다시 높아졌다는 보고가 있다(Lilley et al. 1997).

9. 주혈흡충증(schistosomiasis)

주혈흡충(住血吸蟲; schistosomes)은 장간막세정맥(腸間膜細靜脈; mesenteric venule) 또는 방광정맥얼기(膀胱靜脈얼기; vesical plexus)에 기생하면서 간 질환, 소화기 질환, 비뇨생식기 질환, 방광암(膀胱癌) 등을 일으키는 병원성이 매우 강한 흡충이다. 인체 감염을 일으키는 종(種)으로는 일본주혈흡충(日本住血吸蟲; *Schistosoma japonicum*), 메콩주혈흡충(메콩住血吸蟲; *Schistosoma mekongi*), 만손주혈흡충(만손住血吸蟲; *Schistosoma mansoni*), 방광주혈흡충(膀胱住血吸蟲; *Schistosoma haematobium*) 등이 있으나 다행히 국내에는 주혈흡충의 유행이 없다(채종일 외 2011). 주혈흡충은 패류(貝類; snails)를 중간숙주로 하며 패류에서 유출되는 유미유충(有尾幼蟲; cercaria)이 사람의 피부나 점막을 뚫고 침입하여 감염된다. 따라서 주혈흡충의 전파에 있어서는 패류 중간숙주(*Oncomelania* spp., *Lithoglyphopsis aperta*, *Biomphalaria* spp., *Bulinus* spp.)의 분포, 생태, 감수성(感受性; 주혈흡충 감염에 대한) 등이 매우 중요하다. 그리고 기온, 강수량, 유속(流速) 등의 변화를 포함한 기후변화는 주혈흡충 유행에 지대한 영향을 끼치게 된다. 예를 들어 아프리카 나이지리아(Nigeria)의 경우 대개 우기(雨期; rainy season)가 끝나고 건기(乾期; dry season)가 시작될 무렵 주혈흡충의 전파가 활발해지는데 이는 패류 숙주가 너무 무덥지는 않은 적절한 기온과 비교적 느린 유속 및 낮은 강수량이 있을 때 가장 왕성하게 증식하기 때문이다(Short et al. 2017). 아프리카 동부 지역에서는 기후변화와 지구 온난화에 따라 향후 20-50년 동안 유병률의 많은 변화가 예상되는데 일부 지역에서는 다소 유병률이 감소하는 경우도 있겠지만 패류 숙주(貝類 宿主)의 분포가 확산됨에 따라 새로운 유행지가 나타나기도 할 것이며 특히, 케냐(Kenya)의 남서부, 잠비아(Zambia) 동부 및 르완다(Rwanda), 브룬디(Brundi) 등에서는 20% 정도의 감염 위험도(risk)

증가가 예상된다(McCreesh et al. 2015). 한편, 중국의 경우에도 이와 비슷한 변화가 예상되는데 계속되는 기온 상승, 홍수 등에 따라 양자강(揚子江; Yangtze River) 유역의 일본주혈흡충 유행지가 8.1% 정도 북쪽으로 확대될 가능성이 큰 것으로 내다보고 있다(Zhou et al. 2008).

10. 와포자충증(cryptosporidiosis)

인체 와포자충증(窩孢子蟲症; cryptosporidiosis)을 일으키는 종에는 사람와포자충(사람窩孢子蟲; *Cryptosporidium hominis*)과 작은와포자충(작은窩孢子蟲; *Cryptosporidium parvum*) 두 종이 알려져 있다(Park et al. 2006; Pisarski 2019). 와포자충증은 수인성(水因性) 질환의 하나로 기후변화, 특히 고온(高溫) 다습(多濕)한 환경과 강수량과 밀접한 상관관계가 있다(Jagai et al. 2009). 예를 들어 2013년 독일 할레시(city of Halle)에 홍수로 인해 하천 범람(汎濫)이 발생하고 하수 오염이 일어나 6주 후부터 발생하기 시작한 사람와포자충 감염의 유행을 들 수 있다(Gertler et al. 2015). 한국에 있어서도 전남 화순군에서 와포자충증의 높은 유행이 보고되었는데(Chai et al. 1996, 2001), 연중 감염률 변화를 분석한 결과 가을이나 여름에 비해 봄에 감염률이 높았으며, 이는 강수량과 밀접한 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Chai et al. 2001). 다만, 여름에는 상대적으로 낮은 감염률을 보였는데 이는 여름에도 강수량은 높았지만 빠른 물살에 의해 난포낭(卵胞囊; oocysts)이 급격히 씻겨 내려갔기 때문으로 해석하였다(Chai et al. 2001). 이 지역에 유행하는 와포자충의 종(種)을 유전학적으로 분석한 결과 사람와포자충과 작은와포자충이 혼합 유행하고 있음이 확인되었다(Park et al. 2006).

11. 원포자충증(cyclosporiasis)

원포자충증(圓孢子蟲症)은 장내 원충류 중 원포자충속(屬) (*Cyclospora* sp.)에 속하는 충체에 의한 소화기 감염증을 말한다. 과거에는 이들 충체를 cyanobacterium (CNB)-like organism으로 불렀으나 지금은 원포자충 속에 포함하며 식욕부진, 복통, 오심, 구토 등을 초래한다(채종일 외 2011). 가장 중요한 종은 사예탄원포자충(사예탄圓孢子蟲; *Cyclospora cayetanensis*)이며 동남아시아, 유럽, 미국 등 거의 전 세계적으로 분포한다. 식품-매개성(食品-媒

介性) 기생충질환의 하나이며, 여행자 감염증의 하나로 취급되기도 한다(Fayer 2000). 미국에서는 몇 차례 집단 발생이 보고되어 의학계의 주목을 받은 바 있는데 1995년 플로리다주(Florida)에서 86명의 환자가 발생한 일이 있었고, 이때 감염원은 과테말라(Guatemala)에서 수입한 나무딸기(raspberries)였던 것으로 판명되었다(Katz et al. 1999). 이듬해인 1996년 봄과 여름에 978명의 환자가 또 발생하였는데 이번에는 미국 워싱턴 D. C.와 20개 주, 그리고 캐나다 3개 주 등에서 매우 넓게 발생하였고 감염원은 역시 과테말라에서 수입된 나무딸기일 것으로 추정하였다(Fayer 2000). 나아가 1997년에는 1,012명의 환자가 또 발생하였는데 워싱턴 D. C.와 13개 주 그리고 캐나다의 1개 주를 포함하여 광범위한 지역에서 발생하였고, 과테말라에서 딸기 수입을 금지한 결과 이 감염증 발생이 중단되었다고 한다(Fayer 2000). 과테말라에서 실시한 나무딸기 재배업 종사자들에 대한 조사에서 특별한 결과가 확인되지는 않았으나 지표 수질 검사에서는 사람 대변의 오염 정도가 매우 높음이 확인되었다(Fayer 2000). 과테말라에서 원포자충증이 유행하게 된 원인에 대한 특별한 추가 조사는 없었다. 그러나 아마도 지구 온난화와 기후변화에 의해 강수량이 높아져 환경이 지속적으로 난포낭(oocyst)에 의해 오염되었고 난포낭의 발육 속도도 빨라진 결과가 아닐까 추측된다. 미국에서의 원포자충증 집단 발생은 그 후에도 간헐적으로 발생하였으며 특히 2016년 이후에는 실험실 내 확진자(確診者)가 2016년 174명, 2017년 623명, 2018년 2,299명으로 폭발적으로 증가한 일도 있었다(Casillas et al. 2018). 이 때 특기할 만한 사항은 감염원이 주로 맥도날드나 패스트푸드점, 편의점에서 판매하고 있는 야채샐러드(vegetable mix)였다는 점이 확인되어 매스컴의 주목을 받았는데 야채샐러드에 포함된 내용물은 주로 향미료로 쓰는 베이질(basil), 고수(cilantro), 브로콜리(broccoli), 꽃양배추(cauliflower), 당근(carrot), 기타 녹색 채소(leafy green) 등이었다고 한다(Casillas et al. 2018).

12. 간질증(fascioliasis)

간질증(肝蛭症)은 소나 양을 종숙주로 하는 간-담도 기생 흡충으로 수의학 분야에서 중요성이 높으나 사람에도 종종 감염을 일으키므로 의학계에서도 중요한 병원체의 하나로 다루고 있다. 간질(肝蛭; *Fasciola hepatica*)과 거대간질(巨大肝蛭; *Fasciola gigantica*) 두 가지가 인체 감염의 원인으로 알려져 있다(채

종일 외 2011). 담수산 패류(freshwater snails), 특히 물달팽이류(*Lymnaea* spp.)를 제1중간숙주로 하고, 수생식물(水生植物: 죽순, 수초, 미나리, 마름 등)을 제2중간숙주로 하여 종숙주인 소나 양에게 감염된다. 사람은 수생식물을 날로 섭취하거나 감염된 소의 간(肝)을 날로 먹을 때 감염이 일어난다(채종일 외 2011). 그런데 물달팽이류의 지리적 분포나 증식, 성장발육 등이 기후변화에 민감하게 영향을 받는다. 특히, 물달팽이의 개체 수는 기온이나 수온, 그리고 증발산양(蒸發散量; evapotranspiration)에 따라 커다란 변화를 보인다(van Dijk et al. 2009). 영국에서는 50년 전에 비해 최근 매년 20% 정도의 강수량 증가를 보이며, 서리가 적게 내리고, 따뜻한 겨울이 계속 되고 있다(Short et al. 2017). 그런데 이런 기후변화가 소, 양 등 가축의 다양한 종류의 기생충 감염률을 높이고 농장에 커다란 손실을 끼치고 있다. 간질은 이러한 기생충의 중요한 한 예이다(van Dijk et al. 2009). 또한, 기후변화는 영국 북서부의 간질 유행기간을 4개월이나 늘리고 있으며 남부에서는 겨울에도 간질 감염의 전파가 일어나게 하는 등 많은 변화를 초래하고 있다고 한다(Fox et al. 2011). 뉴질랜드(New Zealand)에서는 기후변화와 기온 상승으로 간질의 감염에 대한 위험도(risk)가 지역에 따라 달라질 것으로 예상되는데, 2040년과 2090년에 각각 0%와 29% 증가하는 지역이 있는 반면, 또 다른 지역은 2090년까지 76-186%까지 증가하는 지역도 있을 것으로 내다보았다(Haydock et al. 2016).

13. 간흡충증(clonorchiasis) 및 타이간흡충증(opisthorchiasis)

간흡충증(肝吸蟲症)은 간흡충(肝吸蟲; *Clonorchis sinensis*) 감염에 의해 초래되며 한국, 중국, 러시아(동부), 베트남(북부) 등지에, 타이간흡충증(타이간흡蟲症)은 타이간흡충(타이간흡蟲; *Opisthorchis viverrini*) 감염에 의해 일어나며 태국, 라오스, 캄보디아, 베트남(중부 및 남부) 등지에 주요 유행지가 분포하고 있다(채종일 외 2011). 담수산 패류(*Parafossarulus* spp.와 *Bithynia* spp.)가 제1중간숙주이고 민물고기가 제2중간숙주 역할을 하며, 임상적으로 황달(黃疸), 담도염(膽道炎), 간경화(肝硬化), 담도암(膽道癌) 등을 일으킨다(채종일 외 2011). 이 두 종 이외에도 고양이간흡충(고양이간흡蟲; *Opisthorchis felinus*)이 동유럽 및 러시아(서부) 지역에 분포하고 있으며 고양이간흡충증(opisthorchiasis felinus)을 일으키지만 인체 감염의 빈도는

간흡충과 타이간흡충에 비해 월등히 낮다(채종일 외 2011). 기후변화, 특히, 지구 온난화와 강수량 증가 등은 패류 숙주의 분포와 발육-증식에 커다란 영향을 미쳐 간흡충증 및 타이간흡충증의 유행에 많은 변화를 가져온다. 간흡충의 경우 중국 광둥성(廣東省) 광조우시(Guangzhou city)에서 조사한 바에 의하면 기후변화, 특히 기온 섭씨 1도 상승에 따라 월간 감염자 수가 1.18% (95% 신뢰구간 0.88-1.48%) 증가하였고(인구 10만 명 당 감염자 수가 2006년 166.76명에서 2012년 239.63명으로 증가), 강수량 1 mm 증가에 따라서는 월간 감염자 수가 0.03% (95% 신뢰구간 0.01-0.04%) 증가하였다고 한다(Li et al. 2014). 그러나 비교습도가 1% 높아짐에 따라서는 오히려 월간 감염자 수가 1.51% (95% 신뢰구간 1.27-1.75%) 감소한 것으로 나타났는데 그 이유에 대해서는 추후 연구가 필요하다고 하였다(Li et al. 2014). 한편, 극동 러시아의 프리모리에 지역(Primorye Territory)에서는 10-15년 전에 북동쪽에 위치한 아무르강(Amur 江)과 우쑤리강(Ussuri 江)으로부터 간흡충 유행이 남쪽으로 전파되어 왔으나 최근에는 감염례(感染例)가 거의 발견되지 않은 것으로 보아 남쪽으로의 유행지 확산은 다소 주춤하는 것으로 판단되었다(Bogatov et al. 2019). 타이간흡충의 경우에는 이와는 많이 다른 경향이 나타날 것이라는 예측이 있다. 즉, 현재 태국의 경우 타이간흡충은 북부와 동북부 지역에 농후한 유행지를 형성하고 있는데 기후변화에 따라 제1중간숙주인 패류의 분포에 커다란 영향을 미쳐 유행도에 변화를 가져올 것으로 내다보았다(Suwanmatrai et al. 2017). 예를 들면, 강수량 증가와 최저 온도의 상승으로 향후 얼마 동안은 패류 숙주의 밀도가 증가하고 전파가 더욱 활발해지는 경향이 있겠으나 2050년이 되면 강수량, 최고 온도 및 평균 온도에 따라 분포가 변화하게 될 것이며, 또 2070년에는 가장 추운 계절의 기온, 최고 온도 및 최저 온도에 의하여 분포가 결정되어 전반적으로 전파는 감소될 것이라고 예측하였다(Suwanmatrai et al. 2017).

14. 폐흡충증(paragonimiasis)

인체에 기생하는 폐(肺)의 흡충(lung flukes)은 세계적으로 최소한 8종이 알려져 있으며 폐흡충(肺吸蟲; *Paragonimus westermani*), 이형폐흡충(異形肺吸蟲; *P. heterotremus*), 스크라빈폐흡충(*P. skrjabini*), 미야자키폐흡충(*P. miyazakii*), 고양이폐흡충(*P. kellicotti*), 멕시코폐흡충(*P. mexicanus*), 아

프리카폐흡충(*P. africanus*) 및 대칭자궁폐흡충(*P. uterobilateralis*)이 이들에 속한다(Chai and Jung 2019). 한국에는 인체 기생 종(種)으로 폐흡충(*P. westermani*) 한 종만 알려져 있으며, 그 외에 동물에만 감염을 일으키는 오히라폐흡충(*P. ohirai*) (syn. 이락촌폐흡충 *P. iloktsuenensis*)이 섬진강 유역에서 보고된 바 있다(채종일 외 2011). 폐흡충의 여러 발육단계(發育段階) 중 기후변화에 가장 민감한 것은 물속에서 지내는 패류(貝類) 제1중간숙주, 즉 다슬기(*Semisulcospira* spp.) 종류와 갑각류(甲殼類) 제2중간숙주, 즉 게, 가재 등이다. 극동 러시아의 경우 기후변화, 특히 지구 온난화에 의해 전에는 분포하지 않았던 이형폐흡충(*P. heterotremus*) (이 종의 고유 유행지는 태국, 인도, 라오스, 베트남, 중국 남부 등지임)이 프리모리에 지역(Primorye Territory)에 새로운 유행지를 형성하기 시작하였는데 이는 국소적으로 존재했던 제1중간숙주, 즉 Truncatelloidea에 속하는 *Stenothyra* 속(屬) 또는 Cerithoidea에 속하는 *Parajuga* 속 패류와 제2중간숙주인 동남참게(*Eriocheir japonicus*) 및 참게(*Eriocheir sinensis*)의 분포가 프리모리에 지역에서 점차 확대되고 있기 때문으로 해석하였다(Bogatov et al. 2019).

15. 장흡충류 감염증(intestinal trematodiasis)

장흡충류(腸吸蟲類)는 인체나 동물의 장내에 기생하면서 복통, 설사 등 소화기 질환을 일으키는 흡충류로서 세계적으로 총 16개과(科) 38개 속(屬)에 모두 74종(種)이 알려져 있다(Chai 2019). 그 중 가장 많은 종이 포함된 과(科)는 이형흡충과(異形吸蟲科; family Heterophyidae)와 극구흡충과(棘口吸蟲科; family Echinostomatidae)이다. 이형흡충류(異形吸蟲類; heterophyids) 중에서 국내에서 중요한 종은 요코가와흡충(*Metagonimus yokogawai*)과 유해이형흡충(有害異形吸蟲; *Heterophyes nocens*), 표주박이형흡충(*Pygidiopsis summa*) 등이 있고, 태국, 라오스, 베트남, 대만 등 동남아시아에서는 *Haplorchis taichui*, *Haplorchis pumilio*, *Centrocestus formosanus* 등을 들 수 있다(Chai et al. 2013a, b; Chai 2019). 또한, 이집트 등 북동 아프리카(North Africa)에 유행하는 이형흡충류로는 이형이형흡충(異形異形吸蟲; *Heterophyes heterophyes*), *H. pumilio*, *Pygidiopsis genata*, *Procerovum* sp. 등이 있다. 극구흡충류(棘口吸蟲類; echinostomes) 중에서 국내에서 중요한 종으로는 호르텐스극구흡충(*Isthmiophora hortensis*), 한국극구흡충(*Acanthoparyphium tyosenense*)

을 들 수 있으며(Chai and Lee 2002), 중국, 대만, 태국, 라오스, 캄보디아, 말레이시아, 인도네시아 등 아시아 지역에 유행하는 극구흡충류로 외선극구흡충(*Echinostoma revolutum*), 일로코스극구흡충(*Echinostoma ilocanum*), 말레이극구흡충(*Artyfechinostomum malayensis*) 등을 들 수 있다. 그 외에도 신중구흡충과(family Neodiplostomidae)에는 우리나라의 고유한 인체 기생 장흡충의 하나인 서울주걱흡충(*Neodiplostomum seoulense*)이 포함되며, 나경흡충과(family Gymnophallidae)에는 우리나라 고유의 인체 기생 장흡충인 참굴큰입흡충(*Gymnophalloides seoi*)이 포함되어 있다(Chai and Lee 2002). 또한, 아시아 여러 나라에는 비대흡충(肥大吸蟲; *Fasciolopsis buski*)의 유행이 널리 알려져 있다(Chai 2019).

이형흡충류(heterophyids)는 담수산(淡水産) 또는 반염수산(半鹽水産) 패류를 제1중간숙주로 하고 어류(魚類) 또는 양서류(兩棲類)를 제2중간숙주로 한다(Chai 2019). 기후변화와 지구 온난화 등은 이들 중간숙주들의 발육, 증식, 분포 등에 많은 영향을 끼치며 나아가 질병의 분포 지역이나 유행도에 이르기까지 많은 변화를 초래한다. 이러한 흡충의 예로 이형이형흡충(*H. heterophyes*), *H. pumilio*, *P. genata*, *Procerovum* sp. 등을 들 수 있는데 기후변화에 따라 패류 중간숙주 뿐 아니라 어류 등 제2중간숙주의 분포와 밀도에도 많은 변화가 초래될 것이 예상된다(Utaaker and Robertson 2015). 실제로 대만에서는 높은 기온과 다량의 광선이 패류로부터 방출되는 유미유충의 수를 크게 증가시켜 생활사를 활성화시키는 것으로 보고된 바 있다(Lo and Lee 1996). 또한, 이집트에서는 각종 이형흡충류 피낭유충 양성율이 계절에 따라 심한 변동을 보이며 감염강도도 계절별로 큰 차이를 나타내었다고 하였는데 그 이유는 숙주에 의한 요소, 기후변화에 의한 요소, 그리고 생물학적 요소 등에 의한 것으로 분석하였다(Elsheikha and Elshazly 2008). 극구흡충과(科) 흡충의 경우에도 발표된 자료는 많지 않지만 지구 온난화와 기후변화가 중간숙주 및 종숙주(동물 보유숙주 등)의 환경을 변화시키고 흡충의 유행지역 분포, 밀도, 유행도 등에 많은 영향을 주게 될 것으로 예상하였다(Maldonado and Lanfredi 2009).

서울주걱흡충은 담수산 패류를 제1중간숙주로 하고 양서류(개구리, 올챙이)를 제2중간숙주로 하여 자연계 생활사를 영위한다(Chai and Lee 2002). 파충류(꽃뱀)는 생활사 도중 반드시 필요한 것은 아니지만 일종의 지연숙주(遲延宿主; paratenic host)로 생각되며, 사람 감염을 유발하는 감염원이 되고 있다. 그

런데 기후 및 환경변화는 양서류의 분포나 밀도에 불리한 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 나아가 파충류의 생존과 증식에도 커다란 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Cary and Alexander 2003; Stuart et al. 2004). 이에 따라 국내의 서울주걱흡충 유행에도 많은 영향을 미치고 있을 것으로 판단되나 아직 이에 대한 구체적인 자료가 제시된 바는 없어 역학조사가 시급한 상황이다.

참굴큰입흡충은 참굴이 매개하는 장흡충(腸吸蟲)으로 전라남도 신안군 및 무안군 일대(압해도, 암태도, 안좌도, 증도 등)와 전라북도 부안군 일대(무녀도, 선유도, 신시도, 군산시 등)에 넓은 유행지를 형성해 왔고 전라남도 고흥군과 완도군 등지에서도 낮은 유행지가 발견되었다(Lee et al. 1996; Lee and Chai 2001). 특히, 신안군의 압해도(압해면) 몇 개 마을은 가장 농후한 유행지로 기록된 바 있다(Lee et al. 1994). 매우 흥미로운 점은 남해안 하동군에서 발견된 조선시대(17세기) 여성 미라(mummy)의 장내에서 참굴큰입흡충의 충란이 다량 검출되었다는 점이다(Seo et al. 2008). 또한, 충남 예산군 삼교지방에서 발견된 조선시대(17세기) 남성 미라의 장내에서도 참굴큰입흡충의 충란이 다량 검출되었다(Shin et al. 2012). 이 두 가지 사실로 미루어 참굴큰입흡충이 400년 전에는 남해안의 섬진강 하구 부근과 서해안의 삼교 부근까지 매우 폭넓게 유행했을 가능성을 암시하기 때문이다. 그러나 이렇게 400년 동안에 일어난 유행지의 변화가 지구 온난화나 기후변화와 얼마나 연관성이 있는지에 대해서는 아직 상세히 연구된 바가 없다. 다만, 참굴큰입흡충의 자연계 종숙주 중 하나가 철새 종류인 검은머리물떼새(*Haematopus ostralegus*)임을 감안할 때(Ryang et al. 2000), 기후변화에 의해 철새 도래지(渡來地)가 조금씩 북쪽 또는 남쪽으로 이동하여 이 흡충 유행지가 변화, 확산 또는 축소되었을 가능성을 배제할 수는 없을 것이다.

III. 맺는말

최근 지구 온난화와 기후변화로 인하여 인류의 삶과 환경, 그리고 질병 양상 등에 엄청난 변화를 초래하고 있다. 양극지방의 얼음이 녹아내려 곰이나 펭귄들의 서식처(棲息處)가 점차 줄어들고 홍수, 가뭄, 태풍, 허리케인 등의 자연재해는 해가 갈수록 심화되고 있다. 또한, 바이러스(virus), 세균(細菌; bacteria),

진균(真菌; fungus), 기생충(寄生蟲; parasite) 등 각종 감염성 질환의 유행에 있어서도 많은 변화가 나타나고 있다. 이 종설에서는 기후변화가 국내외에 유행하고 있는 각종 기생충질환(寄生蟲疾患)에는 어떠한 영향을 미치는지 기생충 종별로 간략히 검토해 보았다. 종합적으로 볼 때 기후변화는 기생충의 충란(蟲卵), 유충(幼蟲) 등이 발육하는 환경(수질 또는 토양의 성질, 온도, 습도 등)을 변화시키기도 하고 매개체(媒介體)나 중간숙주(中間宿主), 종숙주(終宿主: 자연계 보유숙주 포함)의 생태와 서식처, 발육, 증식 등에 커다란 영향을 미쳐 기존의 유행지를 더욱 확대시키거나, 유행도(流行度)를 높이기도 하고, 과거의 비유행지를 새로운 유행지로 만들기도 하는 등 다양한 변화를 가져오고 있다. 이러한 기후변화에 적절히 대응하기 위하여 온실(溫室) 가스 배출을 최소화 하는 등 필요한 모든 수단을 강구해야 할 것으로 생각되며, 각 기생충의 종별(種別) 유행도에 대한 정기적 점검 등 지속적인 모니터링이 시급히 필요하다고 판단된다.

감사의 글

이 종설(綜說)을 쓸 수 있도록 여러 가지 도움을 주신 서울대학교 의과대학 열대의학교실(전 기생충학교실) 교실원(教室員)과 한국건강관리협회(韓國健康管理協會) 임직원(任職員), 그리고 한국건강관리협회 기생충병연구소(寄生蟲病研究所)와 기생충박물관(寄生蟲博物館)의 연구원(研究員) 여러분들께 심심한 감사의 말씀을 전하고자 한다. 또한, 이 종설과 관련하여 어떠한 이해충돌도 없음을 밝힌다.

참 고 문 헌

- Andriopoulos, P., Economopoulou, A., Spanakos, G., Assimakopoulos, G. 2013. A local outbreak of autochthonous *Plasmodium vivax* malaria in Lakonia, Greece - a re-emerging infection in the southern borders of Europe? *Int J Infect Dis* 17, e125-e128.
- Asin, S., and Catalá, S. 1995. Development of *Trypanosoma cruzi* in *Triatoma infestans*: influence of temperature and blood consumption. *J Parasitol* 81(1), 1-7.
- Bern, C., Kjos, S., Yabsley, M. J., and Montgomery, S. P. 2011. *Trypanosoma cruzi* and Chagas' disease in the Unites States. *Clin Microbiol Rev* 24(4), 655-681.
- Blum, A. J., and Hotez, P. J. 2018. Global 'worming': climate change and its projected general impact on human helminth infections. *PLoS Negl Trop Dis* 12(7), e0006370.
- Bogatov, V. V., Besprozvannykh, V. V., and Prosorova, L. A. 2019. Harmful parasitoses on the Russian Southern Far East under climatic and demographic changes. *Doklady Biol Sci* 487, 108-111.
- Carcavallo, R. U., and Casas, S. C. 1996. Some health impacts of global warming in South America: vector-borne diseases. *J Epidemiol* 6, S153-S157.
- Cary, C., and Alexander, M. A. 2003. Climate change and amphibian declines: is there a link? *Divers Distrib* 9, 111-121.
- Casillas, S. M., Bennett, C., and Straily, A. 2018. Multiple cyclosporiasis outbreaks-United States, 2018. *MMWR* 67(39), 1101-1102.
- 채종일 2018. 말라리아. 한국전염병사 II (Korean History of Infectious Diseases). 대한감염학회. 서울. pp. 174-190.
- 채종일, 홍성태, 최민호, 신은희, 배영미, 홍성중, 손운목, 유재란, 고원규, 서민, 박윤규, 한은택. 2011. 임상 기생충학. 서울대학교 출판문화원, 서울. pp. 1-631.
- Chai, J. Y. 1999. Re-emerging *Plasmodium vivax* malaria in the Republic of Korea. *Korean J Parasitol* 37(3), 129-143.
- Chai, J. Y. 2019. Human Intestinal Flukes: From Discovery to Treatment and Control. Springer Nature. pp. 1-549.
- Chai, J. Y. 2020. History and current status of malaria in Korea. *Infect Chemother* 52(3), e60.

- Chai, J. Y., and Lee, S.H. 2002. Foodborne intestinal trematode infections in the Republic of Korea. *Parasitol Int* 51, 129-154.
- Chai, J. Y., and Jung, B. K. 2019. Epidemiology of trematode infections: an update. In Toledo, R., and Fried, B. eds, Digenetic Trematodes, Springer Nature, Switzerland. *Adv Exp Med Biol* 1154, 359-409.
- Chai, J. Y., Kim, N. Y., Guk, S. M., Park, Y. K., Seo, M., Han, E. T., and Lee, S. H. 2001. High prevalence and seasonality of cryptosporidiosis in a small rural village occupied predominantly by aged people in the Republic of Korea. *Am J Trop Med Hyg* 65(5), 518-522.
- Chai, J. Y., Lee, S. H., Guk, S. M., and Lee, S. H. 1996. An epidemiological survey of *Cryptosporidium parvum* infection in randomly selected inhabitants of Seoul and Chollanam-do. *Korean J Parasitol* 34(2), 113-119.
- Chai, J. Y., Sohn, W. M., Yong, T. S., Eom, K. S., Min, D. Y., Lee, M. Y., Lim, H., Insisiengmay, B., Phommasack, B., and Rum, H. J. 2013a. *Centrocestus formosanus* (Heterophyidae): human infections and the infection source in Lao PDR. *J Parasitol* 99(3), 531-536.
- Chai, J. Y., Yong, T. S., Eom, K. S., Min, D. Y., Jeon, H. K., Kim, T. Y., Jung, B. K., Sisabath, L., Insisiengmay, B., Phommasack, B., and Rum, H. J. 2013b. Hyperendemicity of *Haplorchis taichui* infection among riparian people in Saravane and Champasak Province, Lao PDR. *Korean J Parasitol* 51(3), 305-311.
- Cook, G. C. 1992. Effect of global warming on the distribution of parasitic and other infectious diseases: a review. *J R Soc Med* 85, 688-691.
- Chol, P. T., Suwannapong, N., Howteerakul, N. 2005. Evaluation of a malaria control project in PDR Korea, 2001-2003. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 36, 565-571.
- Crowley, T. J. 2000. Causes of climate change over the past 1000 years. *Science* 289, 270-277.
- Danis, K., Baka, A., Lenglet, A., Van Bortel, W., Terzaki, I., Tseroni, M., Detsis, M., Papanikolaou, E., Balaska, A., Gewehr, S., Douglas, G., Siderogiou, T., Economopoulou, A., Vakalis, N., Tsilodras, S., Bonovas, S., and Kremastinou, J. 2011. Autochthonous *Plasmodium vivax* malaria in Greece. *Euro Surveill* 16(42), pii=19993.

- Elsheikha, H. M., and Elshazly, A. M. 2008. Host-dependent variations in the seasonal prevalence and intensity of heterophyid encysted metacercariae (Digenea: Heterophyidae) in brackish water fish in Egypt. *Vet Parasitol* 153, 65-72.
- El-Sayed A., and Kamel M. 2020. Climate changes and their role in emergence and re-emergence of diseases. *Environ Sci Pollut Res* 27, 22336-22352.
- Fayer, R. 2000. Global change and emerging infectious diseases. *J Parasitol* 86(6), 1174-1181.
- Fox, N. J., White, P. C. L., McClean, C. J., Marion, G., and Hutchings, M. R. 2011. Predicting impacts of climate change on *Fasciola hepatica* risk. *PLoS ONE* 6(1), e16126.
- Gao, H. W., Wang, L. P., Liang, S., Liu, Y. Z., Tong, S. L., Wang, J. J., Li, Y. P., Wang, X. F., Yang, H., Ma, J. Q., Fang, L. Q., and Cao, W. C. 2012. Change in rainfall drives malaria re-emergence in Anhui Province, China. *PLoS Negl Trop Dis* 7(8), e43686.
- Garza, M., Arroyo, T. P. F., Casillas, E. A., Sanchez-Cordero, V, Rivaldi, C.-L., and Sarkar, S. 2014. Projected future distributions of vectors of *Trypanosoma cruzi* in North America under climate change scenario. *PLoS Negl Trop Dis* 8(5), e2818.
- Gertler, M., Dürr M., Renner, P., Poppert, S., Askar, M., Breidenbach, J., Frank, C., Preußel, K., Schielke, A., Werber, D., Chalmers, R., Robinson, G., Feuerpfeil, I., Tannich, E., Gröger, C., Stark, K., and Wilking, H. 2015. Outbreak of *Cryptosporidium hominis* following river flooding in the city of Halle (Saale), Germany, August 2013. *BMC Infect Dis* 15, 88.
- González, C., Wang, O., Strutz, S. E., González-Salazar, C., Sánchez-Cordero, V, and Sarkar, S. 2010. Climate change and risk of leishmaniasis in North America: predictions from ecological niche models of vector and reservoir species. *PLoS Negl Trop Dis* 4(1), e585.
- Han, E. T., Lee, D. H., Park, K. D., Seok, W. S., Kim, Y. S., Tsuboi, T., Shin, E. H., and Chai, J. Y. 2006. Reemerging vivax malaria: changing patterns of annual incidence and control programs in the Republic of Korea. *Korean J Parasitol* 44(4), 285-294.
- Haydock, L. A. J., Pomroy, W. E., Stevenson, M. A., and Lawrence, K. E.

2016. A growing degree-day model for determination of *Fasciola hepatica* infection risk in New Zealand with future predictions using climate change models. *Vet Parasitol* 228, 52-59.
- Hong, S. H., Kim, S. Y., Song, B. G., Rho, J. R., Cho, C. R., Kim, C. N., Kim, T. H., Kwak, Y. G., Cho, S. H., and Lee, S. E. 2019. Detection and characterization of an emerging type of *Babesia* sp. similar to *Babesia motasi* for the first case of human babesiosis and ticks in Korea. *Emerg Microb Infect* 8, 869-878.
- Jagai, J. S., Castronovo, D. A., Monchak, J., and Naumova, E. N. 2009. Seasonality of cryptosporidiosis: a meta-analysis approach. *Environ Res* 109, 465-478.
- Katz, D., Kumar, S., Malecki, J., Lowdermilk, M, Koumans, E. H. A., and Hopkins, R. 1999. Cyclosporiasis associated with imported raspberries, Florida, 1996. *Public Health Rep* 114, 427-438.
- Kim, M. K., Pyo, K. H., Hwang, Y. S., Park, K. H., Hwang, I. K., Chai, J. Y., and Shin, E. H. 2012. Effect of temperature on embryonation of *Ascaris suum* eggs in an environmental chamber. *Korean J Parasitol* 50(3), 239-242.
- Lee, S. H., and Chai, J. Y. 2001. A review of *Gymnophalloides seoi* (Digenea: Gymnophallidae) and human infections in the Republic of Korea. *Korean J Parasitol* 39(2), 85-118.
- Lee, S. H., Sohn, W. M., Hong, S. J., Huh, S., Seo, M., Choi, M. H., and Chai, J. Y. 1996. A nationwide survey of naturally produced oysters for infection with *Gymnophalloides seoi* metacercariae. *Korean J Parasitol* 34(2), 107-112.
- Lee, S. H., Chai, J. Y., Lee, H. J., Hong, S. T., Yu, J. R., Sohn, W. M., Kho, W. G., Choi, M. H., and Lim, Y. J. 1994. High prevalence of *Gymnophalloides seoi* infection in a village on a southwestern island of the Republic of Korea. *Am J Trop Med Hyg* 51(3), 281-285.
- Li, T., Yang, Z., and Wang M. 2014. Correlation between clonorchiasis incidences and climatic factors in Guangzhou, China. *Parasit Vectors* 7, 29.
- Lilley, B., Lammie, P., Dickerson, J, and Eberhard, M. 1997. An increase in hookworm infection temporally associated with ecological change.

- Emerg Infect Dis* 3(3), 391-393.
- Lo, C. T., and Lee, K. M. 1996. Pattern of emergence and the effects of temperature and light on the emergence and survival of heterophyid cercariae (*Centrocestus formosanus* and *Haplorchis pumilio*). *J Parasitol* 82, 347-350.
- Maldonado, A. Jr., and Lanfredi, R. M. 2009. Chapter 6. Echinostomes in the wild. In Fried, B., and Toledo, R. eds. *The Biology of Echinostomes*. Springer. pp. 129-145.
- Martens, W. J. M., Jetten, T. H., and Focks, D. A. 1997. Sensitivity of malaria, schistosomiasis and dengue to global warming. *Climat Change* 35, 145-156.
- McCreesh, N., Nikulin, G., and Booth, M. 2015. Predicting the effects of climate change on *Schistosoma mansoni* transmission in eastern Africa. *Parasit Vectors* 8, 4.
- McHugh, C. P., Melby, P. C., and LaFon, S. G. 1996. Leishmaniasis in Texas: epidemiology and clinical aspects of human cases. *Am J Trop Med Hyg* 55(5), 547-555.
- Mweempwa, C., Marcotty, T., Pus, C. D., Penzhorn, B. L., Dicko, A. H., Bouyer, J., and Deken, R. D. 2015. Impact of habitat fragmentation on tsetse population and trypanosomosis risk in Eastern Zambia. *Parasit Vectors* 8, 406.
- Park, J. H., Guk, S. M., Han, E. T., Shin, E. H., Kim, J. L., and Chai, J. Y. 2006. Genotype analysis of *Cryptosporidium* spp. prevalent in a rural village in Hwasun-gun, Republic of Korea. *Korean J Parasitol* 44(1), 27-33.
- Pisarski, K. 2019. The global burden of disease of zoonotic parasitic diseases: top 5 contenders for priority consideration. *Trop Med Infect Dis* 4, 44.
- Randolph, S. E. 2010. To what extent has climate change contributed to the recent epidemiology of tick-borne diseases? *Vet Parasitol* 167, 92-94.
- Redshaw, C. H., Stahl-Timmins, W. M., Fleming, L. E., and Davidson, I. 2013. Potential changes in disease patterns and pharmaceutical use in response to climate change. *J Toxicol Environ Health (Part B)* 16, 285-320.

- Robinson, S. J., Neitzel, D. F., Moen, R. A., Craft, M. E., Hamilton, K. E., Johnson, L. B., Mulla, D. J., Munderloh, U. G., Redig, P. T., Smith, K. E., Turner, C. L., Umber, J. K., Pelican, K. M. 2015. Disease risk in a dynamic environment: the spread of tick-borne pathogens in Minnesota, USA. *Ecohealth* 12, 152-163.
- Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., Casassa, G., Menzel, A., Root, T. L., Esrella, N., Seguin, B., Tryjanowski, P., Liu, C., Rawlins, S., and Imeson, A. 2008. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* 453, 353-358.
- Ryang, Y. S., Yoo, J. C., Lee, S. H., and Chai, J. Y. 2000. The palearctic oystercatcher *Haematopus ostralegus*, a natural definitive host for *Gymnophalloides seoi*. *J Parasitol* 86(2), 418-419.
- Schmunis, G. A., and Yadon, Z. E. 2010. Chagas disease: a Latin American health problem becoming a world health problem. *Acta Trop* 115, 14-21.
- Seo, M., Shin, D. H., Guk, S. M., Oh, C. S., Lee, E. J., Shin, M. H., Kim, M. J., Lee, S. D., Kim, Y. S., Yi, Y. S., Spigelman, M., and Chai, J. Y. 2008. *Gymnophalloides seoi* eggs from stool of a 17th century female mummy found in Hadong, Republic of Korea. *J Parasitol* 94(2), 467-472.
- Shin, D. H., Oh, C. S., Min, J. J., Lee, H. J., Seo, M. 2012. Sixteenth century *Gymnophalloides seoi* infection on the coast of the Korean peninsula. *J Parasitol* 98(6), 1283-1286.
- Short, E. E., Caminade, C., and Thomas, B. N. 2017. Climate change contribution to the emergence of re-emergence of parasitic diseases. *Infect Dis Res Treat* 10, 1-7.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. I., and Malcolm, R. W. 2004. Status and trends of amphibian declines on predation of *Rana clamitans* larvae. *Amphibia-Reptilia* 23, 13-20.
- Suwannatrai, A., Pratumchart, K., Suwannatrai, K., Thinkhamrop, K., Chaiyos, J., Kim, C. S., Suwanweerakamtorn, R., Boonmars, T., Wongsaroj, T., and Sripa, B. 2017. Modeling impacts of climate change on the potential distribution of the carcinogenic liver fluke, *Opisthorchis viverrini*, in Thailand. *Parasitol Res* 116, 243-250.
- Utaaker, K. S., and Robertson, L. J. 2015. Climate change and foodborne

- transmission of parasites: a consideration of possible interaction and impacts for selected parasites. *Food Res Int* 68, 16-23.
- van Dijk, J., Sargison, N. D., Kenyon, F., and Skuce, P. J. 2009. Climate change and infectious disease: helminthological challenges to farmed ruminants in temperate regions. *Animal* 4(3), 377-392.
- Weaver, H. J., Hawdon, J. M., and Hoberg, E. P. 2010. Soil-transmitted helminthiases: implications of climate change and human behavior. *Trends Parasitol* 26(12), 574-581.
- Zhou, X. N., Yang, G. J., Yang, K., Wang, X. H., Hong, Q. B., Sun, L. P., Malone, J. B., Kristensen, T. K., Bergquist R., and Utzinger, J. 2008. Potential impact of climate change on schistosomiasis transmission in China. *Am J Trop Med Hyg* 78(2), 188-194.

