

# 육상수조 순치 중의 전갱이 두부에 발생한 젤리 모양 조직 괴(塊)에 관한 조직병리학적 고찰

이남실 · 최 진\* · 도정완†

국립수산과학원(연구원) · \*국립수산과학원(연구사) · †국립수산과학원(연구사)

## Histopathological Study About Jelly-Like Tissue Mass Formation on Head of Japanese Jack Mackerel (*Trachurus Japonicus*, Temminck & Schlegel, 1884) Maintained in Inland Tank

Nam-Sil LEE · Jin CHOI\* · Jeong Wan DO†

National Institute of Fisheries Science(researcher · \*†senior researcher)

### Abstract

An abnormal symptom of the formation of a jelly-like tissue mass on the head of jack mackerel (*Trachurus japonicus*) maintained in inland tank was observed. Histopathological examination revealed that the tissue mass was matrix structure formed by fibroblasts, collagenous fibers and matrix substance between the epithelium and dermal layer, and the causative agent was acid fast bacteria. It is speculated that causative bacteria acted as a irritant in the canal organs which are sensory organ concentrated in the head region of the jack mackerel, and then intensively produce collagen fibers and matrix substances as a defense mechanism from unusually proliferated fibroblasts. This condition appears to be noncancerous tumor-like condition in soft tissue in medical term. If jack mackerel is considered as a aquaculture fish species, more information on this fish and countermeasure on the environment will be needed.

**Key words** : Acid fast bacteria, Head region, Jack mackerel, Jelly-like tissue, Histopathology

### I. 서론

전갱이(*Trachurus japonicus*)는 한국과 일본 근해, 동중국해에서 서식하는 어종으로(Fukataki, 1960; Sassa et al., 2006), 최근 고수온 대응 양식을 위한 연구 대상으로 해상 가두리에서 시험 사육하거나 일부 육상수조에 옮겨와 사육하며 연구에 활용하고 있다. 일본에서는 이미 태평양 근해 서식종인 흑점줄전갱이(*Pseudocaranx dentex*)의 가두리양식이 활발하게 이루어지고 있으며

(Kunihiko, 1998), 우리나라에서도 한때 제주지역에서 새로운 고소득 양식어종으로 시험 연구를 시행했던 종이었으나 실패를 거두지 못했다. 최근 연구시설 내 수조에서 순치 중이던 전갱이의 체표에 두부를 주로 하는 투명 혹은 반투명한 젤리 모양의 덩어리(괴:塊)가 증식하기 시작하여 점점 혹처럼 부풀어 오르는 형태를 보이거나, 체부까지 투명막을 둘러친 듯한 증상을 보이는 이상 증상이 관찰되었다. 초기에는 이로 인한 폐사는 없었으나 증상이 3개월 이상 계속되면서 대다수

† Corresponding author : 051-720-2473, microcoms@korea.kr

\* 이 논문은 국립수산과학원 수산생물 질병 특성 연구(R2024054)에 의해 연구되었음.

(80% 이상) 개체에서 정도를 달리하며 증상이 관찰되고 폐사하는 개체도 나타나는 것을 확인하였다. 지금까지 다른 유사한 형태의 변형 증상이 해산 어중에 나타나는 사례는 확인되지 않았으며, 금붕어와 같은 담수산 어종에서도 유전적으로나 바이러스감염으로 인해 혹과 같은 구조물이 생기는 경우는 있지만(Rezaie et al., 2017) 투명한 젤리 형태로 형성되는 사례는 없었다. 따라서 이에 대한 자료 조사와 분석이 필요하였다.

본 보고는 전갱이 두부에 나타난 젤리 모양 조직 껍데에 대한 조직병리학적 조사를 바탕으로 이러한 이상 조직이 형성되는 원인을 밝히고자 하였으며, 지금까지 결과를 정리하여 본 사례를 알리고 이에 대한 치료 또는 예방에 관하여 고찰하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험어

2021년 10월, 해상 가두리로부터 연구시설 내 육상 유수식 원형수조(1ton 용량, 원형 PVC 수조, 15 cycles/day)로 이송하여 연안 해수(평균수온 24°C)를 사용하여 순치 사육 중이던 전갱이(전장 20cm 전후) 가운데에서 두부에 젤리 모양 조직 껍데 형성이 두드러진 개체 2마리를 대상으로 1차 검사를 실시하였고, 1개월 후 같은 수조에서 2마리를 재조사(2차 검사)하였다. 3개월 후 같은 수조에서 같은 증상으로 빈사 상태에 있는 개체와 증상이 거의 없는 개체를 각 1마리씩 조사(3차 검사)하였다.

### 2. 육안적 검사 및 시료 채취

외부 증상을 육안으로 관찰하고, 축진과 생검을 실시하였다. 또한, 젤리형 구조물 내 액성물질이 있는지 확인하기 위해 1회용 주사기(1ml, 26G)로 젤리 모양 조직 내부를 찔러 확인하였다. 외부 조사 후, 개체를 해부하여 조직병리학적 검사

를 위해 각 장기의 일부를 고정하고, 감염성 질병 검사를 위한 시료를 채취하였다.

### 3. 조직병리학적 검사

검사 개체의 해부와 동시에 두부에 젤리 모양 덩어리가 두껍게 형성된 부위와 얇게 형성된 부분을 채취하고, 아가미뚜껑 부위의 일부도 채취하였다. 또한, 아가미, 간, 비장, 신장, 심장 그리고 소화관의 일부 조직도 함께 10% 중성완충포르말린(Neutral buffered formalin, Sigma) 고정액에 고정하였다. 이 가운데 아가미뚜껑과 같은 골조직이 포함된 일부 조직은 브완액(Bouin's fixative solution, Sigma)으로 추가 고정하였다. 고정 시료는 24시간 이내에 세절하여 같은 고정액으로 재고정 하였으며 8~12시간 후 수세와 단계별 알코올(70~100%)을 거쳐 탈수하고, Xylene으로 투명화한 후 조직 내에 파라핀을 침투시켜 파라핀 블록을 제작하였다. 제작된 파라핀 조직 블록은 마이크로톰(HistoCore MULTICUT, Leica)을 사용하여 박절(4 $\mu$ m)하고 슬라이드글라스에 조직 절편을 붙여 건조하였다가 H&E(Hematoxylin and Eosin, Leica)염색을 실시하여 봉입제로 봉입한 후 보관하였다가 현미경으로 관찰하였다. 조직 내 세균 감염 확인을 위해 그람 염색(Becerra et al, 2016)과 항산성 세균(afb; acid fast bacteria) 염색(afb stain kit, Abcam)을 일부 조직 절편에 대하여 실시하였으며, 젤리모양 조직의 성분을 확인하기 위해 Picro Sirius Red stain kit(Abcam)를 사용하여 염색하고 편광현미경(Polarized light microscopy) 검경법으로 구분하였다. 현미경 관찰에는 Axioimager A1(Zeiss)과 디지털 촬영장치(Zen 2.0 software, Zeiss)를 사용하여 이미지를 저장하였다.

### 4. 감염성 질병 검사

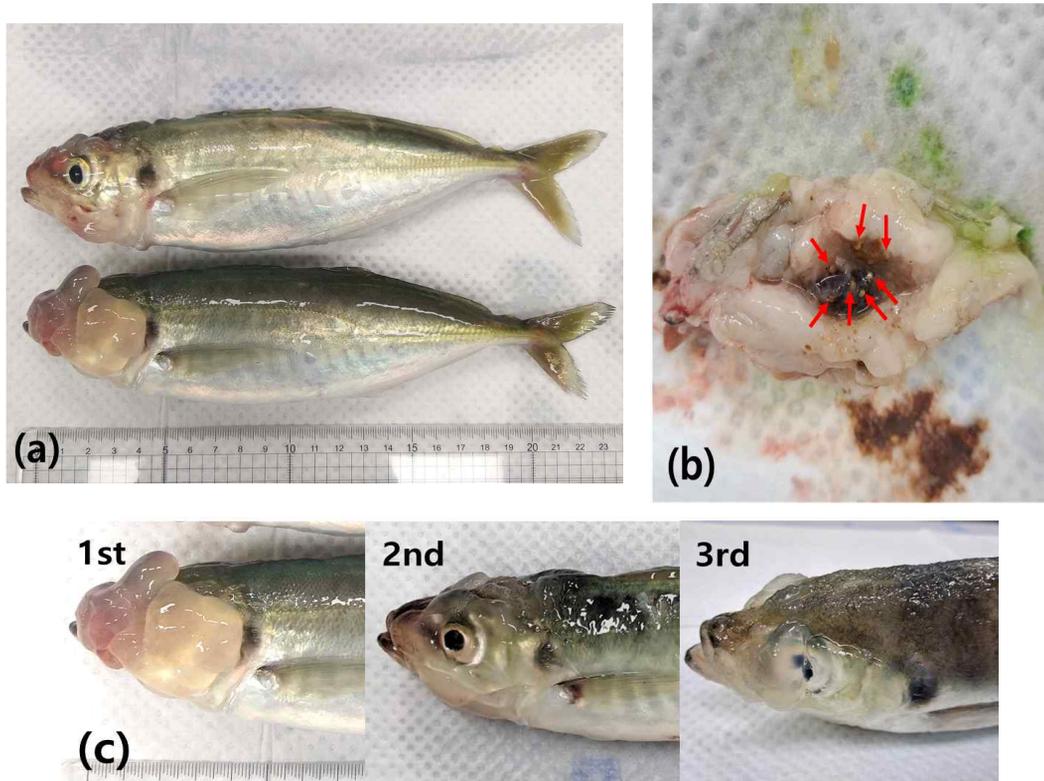
비장과 신장을 무균적으로 잘라내고 조직 내부를 평판배지(TSA: tryptic soy agar, BHIA: brain

heart infusion agar)에 배양(25°C, 24h)하여 형성된 세균 집락(colony)을 성장 별로 순수분리하여 16S rRNA PCR(primer set: 27F, 1492R)을 시행하여 염기서열을 분석하였으며(Frank et al. 2008), 비장, 신장 그리고 피부로부터 핵산을 추출하여(Patho Gene-spin DNA RNA extraction kit, iNtRON) 어류에 발생하는 종양 형성 바이러스(Cy-HV1; Cyprinids herpesvirus1, LCDV; Lymphocystis diseases virus, WEHV; Walleye epiderma hyperplasia virus)에 대한 PCR(polymerase chain reaction) 검사를 실시하였다(Viadanna et al., 2017; Cano et al., 2007; LaPierre et al., 1998).

육안 관찰에서 체표에 부착생물은 없었으며 젤리 모양 조직 괴를 만졌을 때 한친과 유사한 정도의 경도가 느껴졌다. 이상 조직의 내부에는 혈관으로 보이는 구조가 관찰되었으며, 주사기로 뽑을 수 있는 액성물질은 없었다.

체표와 아가미의 현미경적 관찰에서도 부착된 미세한 기생체는 확인되지 않았으며, 젤리 모양의 구조물은 조직 일부의 과형성(hyperplasia)으로 만들어진 종양과 유사한 상태로 추정되었다(Fig. 1 a). 1차로 실시한 조직학적 검사에서는 이들 이상 조직은 상피 과형성과 함께 상당 부분이 상피와 근층 사이에 일정한 모양의 섬유조직이 기질 물질과 두꺼운 망(matrix)을 형성하고 있는 것으로 확인되었다(Fig. 2 a&b).

### Ⅲ. 연구 결과



[Fig.1] (a): External appearance at the first sampling. (b): Nodules(arrows) at mesentery around spleen at 3<sup>rd</sup> sampling. (c): Profile change of jelly-like tissue masse on head region over time.

섬유조직의 과형성을 보이는 부분은 상피조직 바로 아래층인 진피 상층부 결합조직으로, 진피층이 얇은 두부 가운데에서도 하악골 혹은 새개골과 같은 골조직이 연접한 부위에서 주로 관찰되었다. 두부에서 몸체 방향으로 이동하면 이상 조직 덩어리의 양은 적어지며, 육안적으로도 젤리 모양 조직 피의 분포 차이로 알아볼 수 있을 정도였다([Fig. 1 a]). 사진([Fig. 1 c])에서 나타나는 것처럼, 안면부의 젤리 모양 조직 피는 1차 검사에서는 안면부 전체를 가릴 정도로 형성되었지만 2차, 3차로 갈수록 그 크기가 작아지고 몸체에 얇은 막이 거칠게 형성된 것이 확인되었다.

감염성 질병에 대한 검사를 위한 세균배양과 16S rRNA PCR 검사에서 *Vibrio* sp. 2종(*V. azureus*, *V. crassostreae*)과 *Photobacterium* sp. 4종(*P. angustum*, *P. carnosum*, *P. kishitanii*, *P. phosphoreum*)이 확인되었으나 질병과 무관한 것으로 판단되었고, 중앙 관련 바이러스에 대한 검사에서도 모두 음성의 결과를 보였다. 1차 검사에서 이상 조직 피 부위의 조직학적 관찰에서는 과형성된 상피층과 일부 상피층에 연접한 혈관 주변에 약한 염증반응이 관찰되었고, 2차 검사에서는 간 조직 일부 울혈과 혈관주위에서 괴사가 관찰되었으나, 이는 젤리 모양 조직 피의 과형성으로 인해 어체의 대사 이상이 나타났을 가능성을 추측하였고 물리적인 자극이 세포의 이상 증식을 유발한 것으로 의심하였다. 그러나 사육환경에서 추측 가능한 물리적 자극원을 발견하지 못했고, 육안적 관찰에서도 상처가 생기거나 이물질에 의한 자극이 주어진 정황도 없어 피부 자극의 원인을 특정하기 어려웠다.

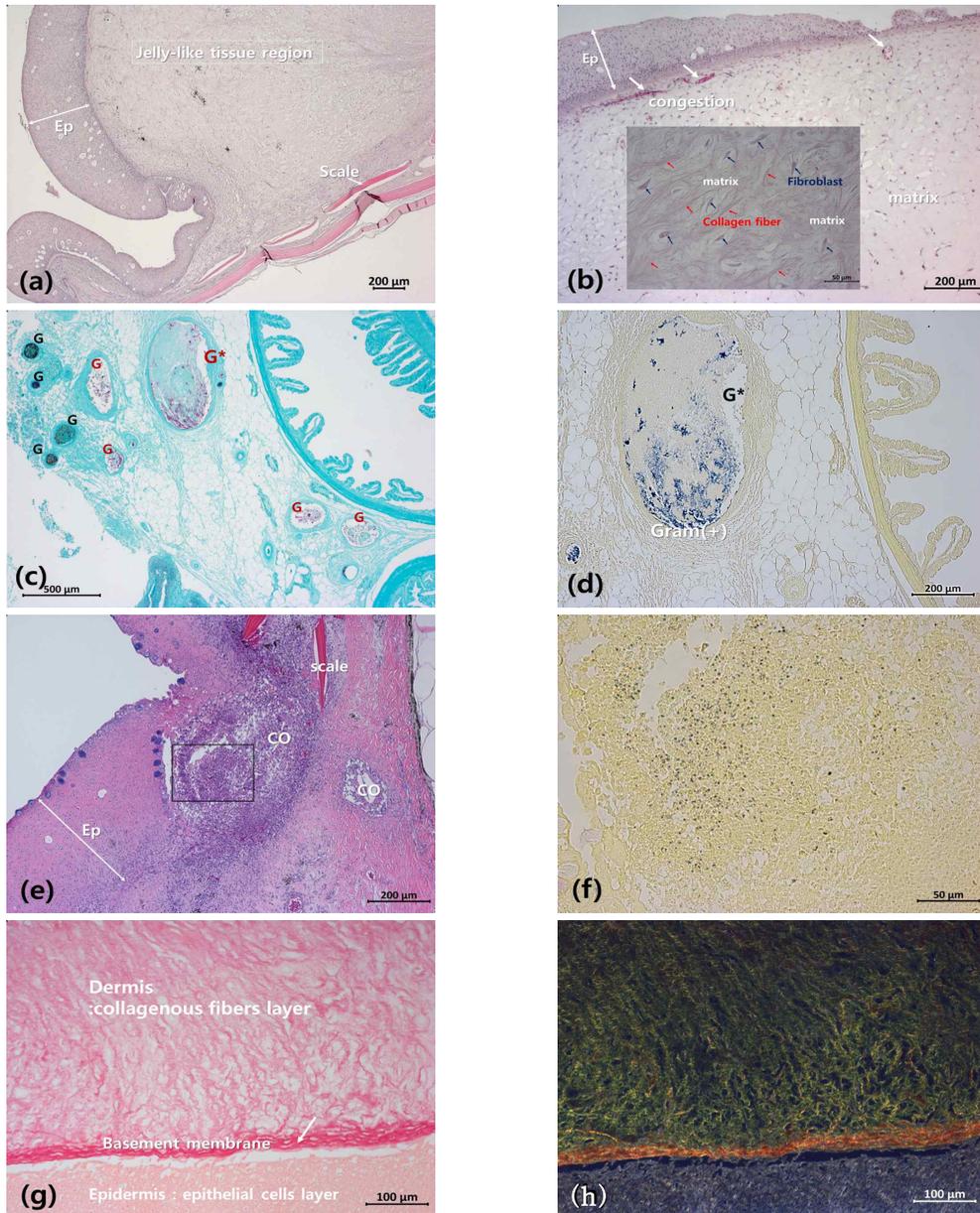
1차 검사 3개월 후, 폐사 개체가 관찰되기 시작하여 3차 검사를 하였으며, 빈사어의 해부 과정에서 비장을 둘러싼 장간막에서 결절이 관찰되었다([Fig. 1 b]). 조직병리학적 관찰에서 간, 비장, 신장과 소화관 조직 내를 비롯하여 주변 장간막 조직에서 세균에 의한 육아종 형성이 확인되었다([Fig. 2 c]). 3차 검사에서 외부적으로 증상

이 없는 개체의 조직표본에서는 육아종이 관찰되지 않았다. 육아종이 관찰된 조직표본에 대한 AFB 염색과 Gram 염색으로 육아종 내에서 항산성 세균과 그 외 일부 소수의 Gram 음성균이 관찰되어 지속적인 자극원이 세균이었을 것으로 생각하였다([Fig. 2 c&d]). 특히 1, 2차 검사에서 일반 영양배지인 TSA나 BHIA에서 배양되지 않는 항산성 세균이 조직병리학적 검사에서 육아종으로 확인됨으로써 이상 조직 형성의 주요 원인으로 판단되었다. 3차 시료와 함께 1, 2차 시료에 대한 H&E 조직표본의 재 검경과 일부 조직에 대한 Gram 염색을 통하여 체표, 아가미 상피, 간 그리고 두부 측면에 다수 분포하는 감각기관인 관기(canal organ) 주변으로 세균감염의 정황과 조직변성을 확인하였다([Fig. 2 e&f]).

젤리 모양의 조직 피가 두껍게 형성된 체표 조직을 대상으로 실시한 Picro Sirius Red 염색에서 섬유조직이 두껍게 형성된 부분은 짙은 분홍색으로 염색되어 콜라겐성 섬유조직임을 확인하였고([Fig. 2 g]), 이 표본을 편광현미경검사법으로 관찰함으로써 콜라겐 섬유 가운데에서도 Type I (yellow~orange)과 Type III(green)가 혼재하고 있다는 것을 알 수 있었다([Fig. 2 h]).

#### IV. 결론

전갱이는 자연상태에서 빠른 속도로 넓은 해역을 유영하며 두부에 특히 발달한 측선감각기관(latera canal organs system)으로 수온, 수류, 먹이 생물 등의 환경수에 대한 정보를 받아들여 행동 반응을 하게 된다(Nofrizal & Takafumi, 2017). 두부에 젤리모양의 조직 피가 두드러지게 형성된 것은 조직병리학적 관찰에서 두부 측면 전체에 발달된 감각기관인 관기(canal organ)에 조직변성과 염증반응 그리고 세균이 관찰된 것과 매우 관련성이 깊을 것으로 판단되었다. 사육 중인 수조가 큰 규모라고 하더라도 실내 육상수조에서는



[Fig. 2] (a): Jelly-like tissue mass on head region. (b): Fibroblast, collagenous fibers and matrix materials in proliferated connective tissue. arrow; congestion in capillary, Ep; epithelium. (c): Mesentery around intestine, Red G; Granuloma containing acid fast bacteria, Black G; Granuloma containing macrophage. (d): The largest granuloma(G\*) of (c) and is showing Gram(+) reaction. (e): Necrosis around carnal organ(CO). (f): Bacterial cells in necrotic region (rectangle region of (e)). (g) Collagenous fibers layer in dermis. (f): Yellowish and greenish fibers of the same field of view as (g) using polarized microscopy (a,b&e: H&E stain, c,: AFB stain, d&f: Gram stain, e&f: Picro Sirius red stain). Size bar in illustration.

수질이나 수류가 자연상태를 대신하지 못하였을 것이며, 두부가 체부와 달리 방어층이 되는 비늘이 거의 없어 빠른 속도로 유영하면서 수류와 강하게 맞닿으면서 환경수 내의 오염된 세균이 지속적으로 관기를 통해 접촉되었을 것으로 생각된다. 이러한 자극이 감각기관인 관기에 전달되어 어체의 행동 반응과 직결되어 방어기전이 더욱 민감하게 작용하여 콜라겐 섬유망의 대량생산으로 발현된 것으로 보이며, 두부 체표에 콜라겐 성분의 두꺼운 섬유망(fibrous network)을 형성하여 세균의 침투를 방어하려 한 것으로 해석된다. 두부의 증상이 두드러지게 나타나기 시작한 감염 초기에는 상피 하층의 울혈과 약한 괴사를 제외하고 내부 장기에는 뚜렷한 변성을 인지하기 어려웠지만, 세균의 전신감염이 만성적으로 진행되자 면역력이 저하되고 두부의 젤리 모양 조직 괴의 형성은 감소하고 내부 장기의 곳곳에서 육아종이 증가하고 폐사가 시작된 것으로 보인다.

어류의 외피는 어체의 외벽을 감싸는 다양한 기능을 수행하는 기관이며(Elliott, 2011), 1차 방어벽(primary barrier)의 역할을 하는 부위로 다양한 자극으로 인한 스트레스에 반응을 일으킨다. Britt(2016)는 연어의 사육 조건을 달리한 스트레스가 피부의 형태학적 변화와 세포의 기능에 미치는 영향을 언급하였다. Sveen et al. (2020)을 인용하면 체표 영역에 따라 구성에 차이가 있는데 체부를 덮고 있는 비늘이 지느러미에는 없거나 두부에는 드물게 분포하는 차이를 들 수 있으며, 각 영역을 구성하는 세포들은 그 기원도 다르다. 상피는 표면 외배엽(surface ectoderm)으로부터 발생되었으며, 진피층의 결합조직은 중배엽(mesoderm)이 기원이다(Le Guellec et al., 2004; Elliott 2011). 따라서 각 조직은 그 기원이 따라 자극을 받았을 때 반응도 달라지는 것이며(Richardson et al., 2013, 2016; Davidson et al., 2021), 이번 전갱이의 경우도 비늘이 거의 없으며 관기라는 감각기관이 집중적으로 분포하는 두부의 특성에 의해 체표 조직 내 분포하는 섬유아세

포의 활성이 가장 먼저 방어기전으로 작용한 것으로 판단된다(Leerberg et al., 2019; Jin et al., 2023).

Sveen et al.(2020)는 다양한 어류를 대상으로 인위적인 체표의 상처치유와 관련된 자료를 정리하여 상처가 재생되기까지의 과정을 4단계(상피 형성, 염증, 육아조직, 재건)로 정리하였다. 일반적으로 상처치유, 항상성 유지, 염증, 증식, 재생 등의 과정에 중요한 역할을 하는 섬유세포는 섬유아세포 혹은 단구(monocyte)로부터 유래되어 피부의 치유 활성을 높인다(Silver, 2009; Diller and Tabor, 2022; Xiong et al., 2020). 이들 관련 세포들의 활성으로 생산된 콜라겐 섬유는 어류의 피부조직에 다량 분포하며 주로 Type I으로 설명하고 있다(Matsumoto et al., 2015; Furtado et al., 2022). 본 조사에서 실시한 Picro Sirius Red 염색에서 젤리 모양의 조직은 콜라겐성 섬유조직임을 확인하였고, 이 조직 내 주요 구성 세포인 섬유아세포(fibroblast)는 콜라겐성 섬유의 생산과 면역 반응 관련 물질 생산에 중요한 역할을 한다(Davidson et al., 2021; Bucala, 2015). 또한 섬유망(fibrous matrix) 내 물질에는 상처치유와 관련이 높은 세포외 기질(ECM:Extracellular matrix)이 포함될 것으로 보이며 이 또한 염증이나 상처치유와 직결되는 주요 물질이다(Yue 2014; Diller and Tabor, 2022).

본 사례의 경우, 외부 증상만으로 보았을 때는 체표에 이상 증식한 종양으로 보일 수도 있다. 일반적으로 종양은 한 종류의 비정상 세포의 증식으로 만들어지는 세포 덩어리를 말하지만, 근육, 인대, 지방, 혈관 등과 같은 연조직(soft tissue)에서 발생하는 종양에는 전형적인 종양의 특징을 벗어난 비암성(non-cancerous) 연조직 종양(soft-tissue tumor)이 있다. 이와 유사하게 염증이 나 상처와 같은 연조직에서의 어떤 변화가 연조직 종양 덩어리를 형성하게 되는 상태를 연조직의 유사종양상태(Tumor-like condition of soft tissue)로 설명하기도 하는데 한정된 부위 또는 근

치 조직으로는 확산되지만 혈액이나 림프계를 통해 확산되지는 않는다(Hsueh and Santa Cruz, 1982; Wikipedia, 2024; William et al., 2014). 이번 전갱이의 두부에서 나타난 종양과 유사한 젤리 모양의 이상 조직의 경우도 사육수에 오염된 세균에 의한 지속적인 표면 자극이 염증반응을 일으키고 이 부위의 조직에서 섬유아세포의 증식과 콜라겐 과형성을 일으킨 유사종양상태로 볼 수 있을 것이다.

육상 동물의 경우, 체표에 생기는 비암성 종양은 외과적 절제나 박리 등의 방법으로 치료하기도 하지만(Anderxon and Vanel, 2009), 수중에서 생활하는 어류의 경우 새로운 상피가 재생되기까지 2차 감염을 차단하기에 어려움이 있으며, 본 사례와 같이 두부 전면을 뒤덮은 정도의 크기는 더욱 힘들다. 양식 어류와 같이 개체가 많은 수조 내에서 길러지는 어류에서는 개별 사육이 아니라면 더욱 치료에 어려움이 있을 것으로 생각된다. 감염성 질병의 예방을 위해서는 오염원을 차단하는 방역과 철저한 수질 관리가 어류 사육에 있어 중요한 항목이며, 전갱이와 같이 무리지어 빠르게 유영하고 감각기관이 발달한 어류일 경우는 공간과 수량이 한정된 실내사육을 꼭 필요로 한다면 사육 조건에 대한 더욱 세심한 주의가 있어야 할 것으로 보인다.

조직 내 형성된 육아종의 원인이었던 항산성 세균의 경우, 양식 전갱이와 관련하여 보고된 내용으로 일본의 양식 흑점줄전갱이에서 분리된 *Mycobacterium* 속의 세균에 관한 것이 있으나, 당시에는 생화학적 특징에 따른 분류에 그쳤다(Kusuda et al., 1993). 이후 유전형을 비교한 연구에서는 전갱이나 방어에서 분리되는 *Mycobacterium* 속의 종을 구분할 수 있게 되었다(Masayuki et al., 2012). 최근 흑점줄전갱이(*Pseudocaranx dentex*)와 전갱이(*Trachurus japonicus*)를 포함한 해양 어류 10 여종을 한 수조에서 사육하는 수족관에서 발생한 *Mycobacterium pseudoshottsii*의 감염사례를 보고한 예도 있다(Komine et al., 2022). 본 사례의

전갱이 조직 내 관찰된 항산성 세균의 종을 확인하기 위해서는 유전물질의 확보와 분석이 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

## References

- Anderson SE and Vanel D(2009). Soft-tissue tumors an tumor-like lesions, In: Hodler J, Zollikofer CL, Von Schulthess GK(eds), Musculoskeletal Disease 2009~2012, Springer, Milano.  
[http://doi.org/10.1007/978-88-470-1378-0\\_11](http://doi.org/10.1007/978-88-470-1378-0_11).
- Becerra SC, Roy DC, Sanchez CJ, Christy RJ and Burmeister DM(2016). An optimized staining technique for the detection of Gram positive and Gram negative bacteria within tissue. BMC Research Notes, 9, 216.  
<http://doi.org/10.1186/s13104-016-1902-0>.
- Britt DG Sjöqvist(2016). The skin barrier of Atlantic salmon (*Salmo salar*); Characterization and effects of husbandry related chronic and acute stress. Degree project for Master of science in Biology, Zoophysiology 60hec Autumn 2015~Spring 2016, Department of Biological and Environmental Sciences, University of Gothenburg.
- Bucala R(2015). Fibrocytes at 20 years. Molecular Medicine, 21(Supplement 1), s3-s5.  
<http://doi.org/10.2119/molmed.2015.00043>.
- Cano I, Ferro P, Alonso MC, Bergmann SM, Romer-Oberdorfer A, Garcia-Rosado E, Castro D and Borrego JJ(2007). Development of molecular techniques for detection of lymphocystis disease virus in different marine fish species. Journal of Applied Microbiology. 102(1), 32~40.  
<http://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03066.x>.
- Davidson S, Coles M, Thomas T, Kollias G, Ludewig B, Turley S, Brenner M. and Buckley CD(2021). Fibroblasts as immune regulators in infection, inflammation and cancer. Nature Reviews Immunology, 21, 704~717.  
<http://doi.org/10.1038/s41577-021-00540-z>.
- Diller RB and Tabor AJ(2022). The role of the extracellular matrix(ECM) in wound healing: A review. Biomimetics, 7, 87.  
<http://doi.org/10.3390/biomimetics7030087>.
- Elliott DG(2011). The skin: Functional morphology of

- the integumentary system in fishes. In: Farrell AP(ed), Encyclopedia Fish Physiology, Academic Press, San Diego, pp. 476-488.  
<http://doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00108-8>.
- Frank JA, Reich CI, Sharma S, Weisbaum JS, Vilson BA and Olsen GJ(2008). Critical evaluation of two primers commonly used for amplification of bacterial 16S rRNA genes, Applied and Environmental Microbiology, 74(8), 2461~2470.  
<http://doi.org/10.1128/AEM.02272-07>.
- Fukataki H(1960). Consideration of the recruiting process of the jack mackerel population in the Tsushima Current region-I. Consideration from occurrence and distribution of larva. Annual Report of Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, 6, 69~85(in Japanese with English abstract).
- Furtado M, Chen L, Chen Z, Chen A and Cui W(2022). Development of fish collagen in tissue regeneration and drug delivery. Engineered regeneration, 3, 217~231.  
<http://doi.org/10.1016/j.engreg.2022.05.002>.
- Hsueh S and Snata Cruz DJ(1982). Cartilaginous lesions of the skin and superficial soft tissue. Journal of cutaneous pathology, 9(6), 405~416.  
<http://doi.org/10.1111/j.1600-0560.1982.tb01079.x>.
- Jin C, Yan K, Wang M, Song W, Kong X and Zhang Z(2023). Identification, characterization and functional analysis of fibroblast growth factors in Black rockfish(*Sebastes sxhlegeii*). Int Journal of Molecular Sciences, 24, 3626.  
<http://doi.org/10.3390/ijms24043626>.
- Komine T, Ihara H, Ono K., Yoshida M, Sugimoto Y, Inohana M, Fukano H., Kurata O and Wada S(2022). A case of mycobacteriosis associated with Mycobacterium pseudoshottsii in aquatium-reared fish in Japan. The Journal of Veterinary Medical Science, 84(12), 1617~1620.  
<http://doi.org/19.1292/jvms.22-0318>.
- Kunihiko F(1998). Recent Development in Aquaculture in Japan, pp. 117-124. In: Bagarinao TU, Flores EEC (eds) Towards Sustainable Aquaculture in Southeast Asia and Japan. SEAFDEC Aquaculture Department, ADSEA '94 Proceeding.
- Kusuda R, Inoue M, Sugiura H and Kawai K(1993). Characteristics of a pathogenic Mycobacterium sp. Isolated from cultured Striped jack, *Pseudocaranx dentex*. Suisanzoshoku 41(1), 125~131.  
<http://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.41.125>.
- LaPierre LA, Holzschu DL, Wooster GA, Bowser PR and Casey JW(1998). Two closely related but distinct retroviruses are associated with Walleye discrete epidermal hyperplasia. Journal of Virology, 72(4), 3484~3490.  
<http://doi.org/10.1128/jvi.72.4.3484-3490.1998>.
- Le Guellec D, Morvan-Dubois G and Sire J-Y(2004). Skin development in bony fish with particular emphasis on collagen deposition in the dermis of the zebrafish(*Danio rerio*). The International Journal of Development and Biology, 48, 217~231.  
<http://doi.org/10.1387/ijdb.15272388>.
- Leerberg DM, Hopton RE and Drape, BW(2019). Fibroblast growth factor receptors function redundantly during Zebrafish embryonic development. Genetics, 212, 1301~1319.  
<http://doi.org/10.1534/genetics.119.302345>.
- Masayuki I, Sugiura H, Hashidam Y, Hashida Y, Hatai K, Oshima S, Kaibata M. and Kawai K(2012). Genotypic characteristics of a *Mycobacterium* sp. Isolated from yellowtail Seriola quinqueradiata and striped jack *Pseudocaranx dentex* in Japan. Microbiology and Immunology, 57, 13~20.  
<http://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2012.00514.x>.
- Matsumoto R, Uemura T, Xu Z, Yamaguchi I, Ikoma T and Tanaka J(2015). Rapid oriented fibril formation of fish scale collagen facilitates early osteoblastic differentiation of human mesenchymal stem cells. Journal of Biomedical Materials Research A, 103A, Issue 8, 2531~2539.  
<http://doi.org/10.1002/jbm.a.35387>.
- Nofrizal and Takafumi A(2017). Histological approach on the lateral line organ of Jack mackerel (*Trachurus japonicus*) for mechanical sensing in swimming behavior. Journal of Sustainability Science and Management, 12(1), 23~29.
- Rezaie A, Tulaby Dezfuly A and Deyghan R(2017). Fibrosarcoma in a goldfish(*Carassius auratus*). Iranian Journal of Veterinary Science and Technology, 9(1), 45~48.  
<http://doi.org/10.22067/veterinary.v9i1.58619>.

- Richardson R, Metzger M, Knyphausen P, Rmezani T, Slanchev, K., Kraus, C., Schmelzer, E. and Hammerschmidt M(2016). Re-epithelialization of cutaneous wounds in adult zebrafish combines mechanisms of wound closure in embryonic and adult mammals. *Development*, 143, 2077~2088.  
<http://doi.org/10.1242/dev.130492>.
- Richardson R, Slachev K, Kraus C, Knyphausen P, Eming S, Hammerschmidt M(2013). Adult zebrafish as a model system for cutaneous wound healing research. *The Journal of Investigative Dermatology*, 133, 1655~1665.  
<http://doi.org/10.1038/jid.2013.16>.
- Sassa C, Konishi Y and Mori K(2006). Distribution of jack mackerel(*Trachurus japonicus*) larval and juveniles in the East China Sea, with special reference to the larval transport by the Kuroshio current. *Fisheries Oceanography*, 15, 508~518.  
<http://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2006.00417.x>.
- Silver FH(2009). The importance of collagen fibers in vertebrate biology. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4(2), 9~17.  
<http://doi.org/10.1177/1558925009000400203>.
- Sveen L, Karlsen C and Ytteborg E(2020). Mechanical induced wounds in fish—a review on models and healing mechanisms. *Reviews in Aquaculture*, 12, 2446~2465.  
<http://doi.org/10.1111/raq.12443>.
- Viadanna PHO, Miller-Morgan T, Peterson T, Way K, Stone DM, Marty GD, Pilarski F, Hedrick RP and Waltzek TB(2017). Development of a PCR assay to detect cyprinid herpesvirus 1 in Koi and common carp. *Disease of Aquatic Organisms*, 123, 19~27.  
<http://doi.org/10.3354/dap03066>.
- Wikipedia(2024). Soft-tissue sarcoma.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/soft-tissue\\_sarcoma](http://en.wikipedia.org/wiki/soft-tissue_sarcoma)
- William G, Ward SR, Corey RM and Watkins-Castillo SI(2014). Benign soft tissue tumors, in United States Bone and Joint Initiative Homepage.  
<http://boneandjointburden.org/2014-report/viiiad2/benign-soft-tissue-tumors>.
- Xiong X, Liang J, Xu Y, Liu J and Liu Y(2020). The wound healing effects of the Tilapia collagen peptide mixture TY001 in streptozotocin diabetic mice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100, 2848~2858.  
<http://doi.org/10.1002/jsfa.10104>.
- Yue B(2014). Biology of the Extracellular Matrix: An overview. *Journal of Glaucoma* S20~S23.  
<http://doi.org/10.1097/IJG.000000000000108>.
- 
- Received : 17 June, 2024
  - Revised : 19 July, 2024
  - Accepted : 25 July, 2024