

수입산 관상 금붕어(*Carassius auratus*)의 CyHV-2 감염 증례

노을빛 · 진지혜* · 최희주 · 김광일 · 김보성**†

부경대학교 수산생명의학과

*다온수산질병관리원

**군산대학교 수산생명의학과

A Case report of Cyprinid Herpesvirus 2(CyHV-2) in Imported Ornamental Goldfish *Carassius auratus*

Eul Bit Noh, Ji Hye Jin*, Hee Ju Choi, Kwang Il Kim and Bo Seong Kim***

Department of Aquatic Life Medicine, College of Fisheries Science,
Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

*DaOn Fisheries Diseases management, Incheon 22379, Republic of Korea

**Department of Aquatic Life Medicine, College of Ocean Science and Technology,
Kunsan National University, Gunsan 54150, Republic of Korea

In this study, imported ornamental goldfish (Oranda and black moor) with high mortality was investigated with histopathological analysis. Fishes showed clinical symptoms characterized by gill necrosis and cumulative mortality ranging from 60% to 90% within a month after import from Thailand and China in 2021. CyHV-2 was detected in gill, kidney, spleen and liver of goldfishes. Histopathological analysis revealed epithelial necrosis, intranuclear inclusion bodies associated with viral symptoms in epithelial cell, macrophage infiltration and vacuolation in secondary lamella. In addition, disseminated granuloma formation was observed in various organs such as kidney, heart and mesenchymal membranes. These lesions refer to coinfections with CyHV-2 and other pathogens that cause chronic inflammation, which leads to mortality. Therefore, early disease monitoring needs to reduce the mortality when ornamental goldfish is imported.

Key words: CyHV-2, Granuloma, Goldfish, High mortality, Imported ornamental goldfish

국내 관상어 산업은 1970년대 열대어가 본격적으로 수입되면서 기반이 갖추어졌으며(Kim and Jung, 2011), 현대에는 관상어가 개, 고양이와 함께 3대 애완동물의 하나로 지정되어 품질에 따라 수억원까지 거래되는 고부가가치 산업 대상으로 발전하였다(MOF, 2015). 최근 국내 관상어 산업 규

모는 2019년 기준 약 4,870억원으로(MOF, 2019), 제2차 관상어산업 육성 종합계획(2021-2025년)을 발표하면서 꾸준한 성장세를 이어가고 있다. 국내 관상어 생산 품종은 구피가 46.7%로 1위, 엔젤피쉬 33.3%, 비단잉어 26.7%, 금붕어가 13.3%를 차지하고 있다(Kim and Kang, 2012). 이 중 금붕어는 국내 생산량과 대비하여 대다수가 수입에 의존하는 주요 관상어 품종으로 2021년 기준 국내 생산량은 30톤(FIPS, 2021), 무역량은 359톤(569건)이며

†Corresponding author: Bo Seong Kim
Tel: +82-63-469-1884, Fax: +82-63-469-7444
E-mail: fishpath@kunsan.ac.kr

(NFQS, 2021), 주로 중국, 싱가포르, 일본으로부터 수입된다고 알려져 있다(Jung *et al.*, 2022). 특히 황금붕어의 최근 5년간(2017-2021) 수입검역건수는 2,933건(1,180톤)이고, 이중 태국산이 1,014건(433톤)으로 가장 많다(NFQS, 2021).

Cyprinid herpesvirus 2 (CyHV-2)는 금붕어(Goldfish, *Carassius auratus*)에서 조혈기관인 신장의 괴사를 유발하는 금붕어조혈기괴사증(Herpesviral haematopoietic necrosis, HVHN)의 원인체이다(Hanson *et al.*, 2011). CyHV-2는 *Cyprinid herpesvirus 1* (CyHV-1), *Cyprinid herpesvirus 3* (CyHV-3), *Anguillid herpesvirus 1* (AngHV-1)과 함께 *Alloherpesviridae* 과에 속하는 바이러스이지만 다른 cyprinid herpesvirus와 다르게 잉어(Common carp, *Cyprinus carpio*)와 비단잉어(Koi, *Cyprinus rubrofuscus*)에 감수성이 없다(Hedrick *et al.*, 2006). 다만 프러시아 잉어(Prussian carp, *Cyprinus gibelio*)에서는 감수성이 있다고 알려져 있다(Daněk *et al.*, 2012). CyHV-2는 1992년과 1993년 봄 일본의 양식 금붕어에서 처음으로 보고(Jung and Miyazaki, 1995)된 이후 영국(Jeffery *et al.*, 2007), 헝가리(Doszpoly *et al.*, 2011), 독일(Adamek *et al.*, 2017), 이탈리아(Fichi *et al.*, 2013), 프랑스(Boitard *et al.*, 2016), 체코(Danek *et al.*, 2012), 네덜란드(Ito *et al.*, 2017) 등의 유럽 및 인도(Sahoo *et al.*, 2016), 미국(Groff *et al.*, 1998), 호주(Stephens *et al.*, 2004), 뉴질랜드(Hine *et al.*, 2006) 등 전세계의 다양한 나라에서 보고되고 있다. 국내에서는 양식 금붕어와 수입 진주린(Song *et al.*, 2018), 중국에서 수입된 식용 붕어(Kwon, 2020), 지역 수족관 및 온라인 시장에 판매중인 금붕어(Jung *et al.*, 2022)에서 CyHV-2가 검출된 사례가 있다. 본 연구에서는 2021년 9월 및 10월에 태국 및 중국으로부터 수입된 관상 금붕어에서 입고 후 1달 이내에 광범위한 아가미 괴사 소견을 특징으로 한 폐사가 발생하여 이에 대한 조직병리학적 고찰을 하고자 한다.

2021년 9월 및 10월에 중국 및 태국으로부터 인 천 소재 수족관으로 수입된 금붕어에서 1달 이내에 각각 60%, 90%의 누적 폐사가 발생하였다. 폐사의 원인을 분석하기 위해 중국으로부터 수입된 흑눈금붕어(Black moor, *Carassius auratus*) 2마리

와 태국으로부터 수입된 오란다(Oranda, *Carassius auratus*) 4마리를 현장에서 채집하여 실험실로 운반하였고, 운반 과정 중 흑눈붕어 1마리와 오란다 1마리가 폐사하였다. 실험어는 MS-222 (Sigma, USA)로 마취한 후 해부를 실시하였으며, 외·내부 임상 소견을 관찰하였다. 그 결과 샘플링 개체 모두 아가미의 괴사 또는 퇴색 소견을 보였으며, 일부 개체에서 장간막, 비장 및 신장에서 파종성 육아종 형성 소견이 관찰되었다(Fig. 1). CyHV-2에 감염 시 행동학적으로 건강한 개체와 감염개체를 구별하기 어렵지만(Haenen *et al.*, 2018), 임상소견에서 아가미 빈혈과 괴사소견이 두드러지게 나타난다고 알려져 있다(Adamek *et al.*, 2017; Luo *et al.*, 2013). 본 연구를 위해 채집된 개체들에서도 외관상 표출되는 증상은 없었으나 아가미 퇴색 및 괴사 소견이 공통적으로 나타났다.

해부한 개체들은 PCR 분석 및 조직병리학적 분석을 위해 주요 장기를 분리하였다. PCR 분석을 위해 생존 개체의 경우 신장, 비장, 아가미, 간 조직, 폐사 개체의 경우 신장, 비장, 간 조직을 실험 전까지 -80°C에서 RNAlater™ (Invitrogen, Waltham,

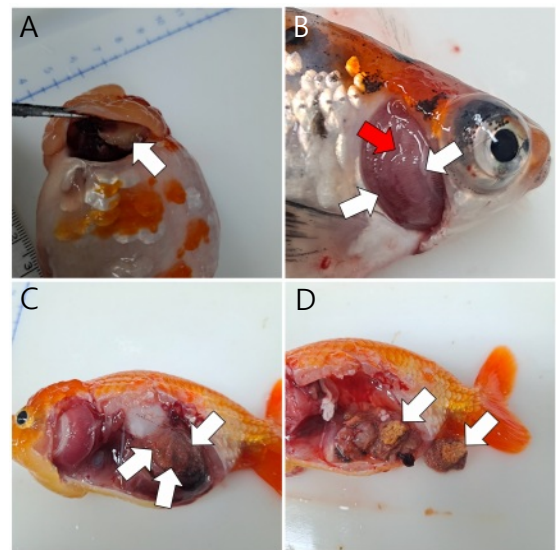


Fig. 1. Gross observation of Oranda (*C. auratus*) and Black moor (*C. auratus*). A: Massive necrosis of gill (arrow); B: Discoloration (white arrows) and erosion (red arrow) of gill lamella; C and D: Disseminated granuloma in mesenchymal membrane (white arrows)

MA, USA)에 보관하였으며, 이후 각 조직의 DNA 및 RNA를 분리하였다. DNA는 yesGTM Cell Tissue mini kit (GenesGen, Korea)를 사용하여 추출하였고, RNA는 yesRTM Total RNA extraction kit (Genes Gen, Korea)를 사용하여 추출 후 실험 전까지 -80 °C에서 보관하였다. PCR 검사는 Exprime Taq premix(2X) (genetbio, Korea)을 사용하여 제조사의 protocol을 따라 PCR mixture를 구성하였고, CyHV-1, CyHV-2, CyHV-3, CEV (Carp edema virus), SVCV (Spring viraemia of carp virus)를 검출하기 위한 PCR 조건은 Table 1과 같이 진행하였다. 증폭된 PCR product는 1.5% agarose gel 상에서 전기영동 후 Davinch-K Gel Imaging System (YOUNG IN Labplus Co. Ltd, Korea)로 양성여부를 확인하였다(Fig. 2).

CyHV-1, CyHV-2, CyHV-3, CEV, SVCV를 표적으로 PCR 분석한 결과 CyHV-2에서만 모든 개체가 양성반응을 보였다(Table 2).

조직병리학적 분석을 위해 생존 개체들의 아가미, 심장, 간, 신장, 비장, 장 조직을 10% Neutral

buffered formalin (BBC chemicals, Mount Vernon, USA)에 고정하였다. 이후 고정된 장기들은 동일 고정액에 재고정하였으며, 탈수, 투명화, 파라핀침투, 박절의 통상적인 조직 절편 제작과정을 거쳐 Hematoxylin and eosin (H&E) 염색 후 광학현미경 (BX50, Olympus LT, Japan)으로 관찰하여 디지털 카메라(DP72, Olympus LTD., Japan)로 촬영하였다.

조직병리학적 분석 결과에서는 CyHV-2가 검출된 오란다 및 특눈붕어 개체의 아가미 이차새엽에서 상피세포의 융합(Fig. 3A), 상피세포의 핵내 봉입체 형성(Fig. 3B, 3C), 상피세포 괴사에 따른 핵농축(Fig. 3C), 대식세포의 침윤 및 포식작용 활성화에 따른 공포화 소견이 관찰되었다(Fig. 3C). 신장에서는 대식세포의 침윤 및 활성화에 따른 파종성 MMC 생성(Fig. 3D, 3F), 조혈모세포의 괴사에 따른 핵농축(Fig. 3E, 3F), 조혈세포의 기능적 항진에 따른 체세포분열 증가(Fig. 3E), 대식세포의 적혈구 포식작용이 관찰되었다(Fig. 3F). 일부개체에서 파종성 육아종 생성 소견이 심장의 심근(Fig. 4A),

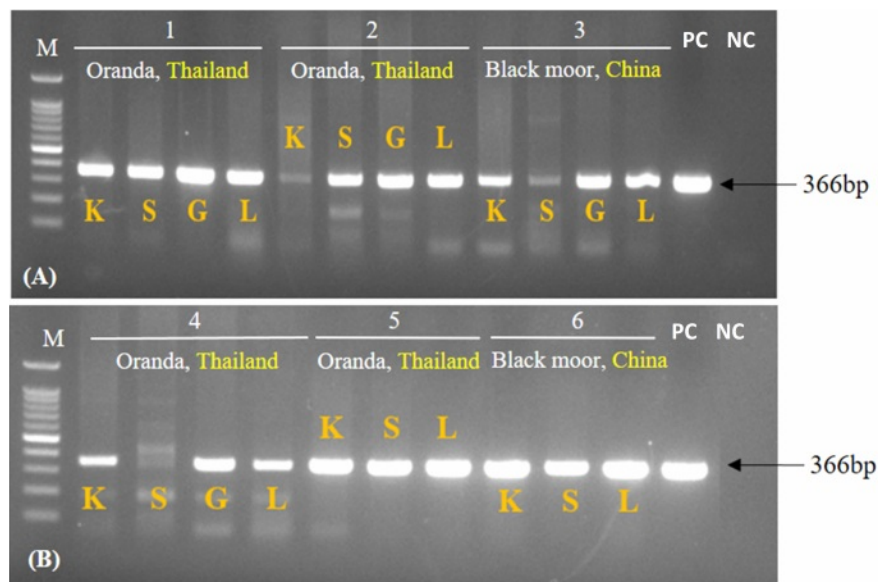


Fig. 2. Agarose gel electrophoresis of PCR products generated from tissue samples of goldfishes, using specific primers targeting the helicase gene (Waltzek *et al.* 2009). Arrow indicates the position of the 366bp amplicon. Number means each sample. 1, 2, 4: Live Oranda (*C. auratus*) imported from Thailand; 3: Live Black moor (*C. auratus*) imported from China; 5: Dead Oranda (*C. auratus*) imported from Thailand; 6: Dead Black moor (*C. auratus*) imported from China. M: Ladder (HiQ™ DNA Marker, BioD); K: Kidney; S: Spleen; G: Gill; L: Liver; PC: Positive control; NC: Negative control.

Table 1. PCR primers and conditions used in this study

Virus	Primer	Sequence (5' to 3')	size	PCR condition	Reference
CyHV-1	F	CATGCAAGCTCGGAGACATA	198bp	94°C 10 min-(94°C 30 sec, 59°C 40 sec, 72°C 45 sec) × 35 cycles-72°C 10 min	Rahmati-Holasoo <i>et al.</i> (2020)
	R	CGCAGTGGGGTATCAACTTT			
CyHV-2	HelF	GGAATTGCGAAGAGTTTGATTCTAC	366bp	94°C 5 min-(94°C 30 sec, 58°C 45 sec, 72°C 45 sec) × 35 cycles-72°C 10 min	Waltzek <i>et al.</i> (2009)
	HelR	CCATAGTCACCATCGTCTCATC			
CyHV-3	TK-F	GGGTACCTGTACGAG	409bp	95°C 5 min-(95°C 1 min, 52°C 1 min, 72°C 1 min) × 40 cycles-72°C 10 min	Bereovier <i>et al.</i> (2005)
	TK-R	CACCCAGTAGATTATGC			
CEV	For B	ATGGAGTATCCAAAGTACTTAG	528bp	95°C 5 min-(95°C 1 min, 55°C 1 min, 72°C 1 min) × 35 cycles-72°C 10 min	Matras <i>et al.</i> (2017)
	Rev J	CTCTTCACTATTGTGACTTTG			
SVCV	F1	TCTTGGAGCCAAATAGCTCARRTC	714bp	95°C 5 min-(95°C 1 min, 55°C 1 min, 72°C 1 min) × 35 cycles-72°C 10 min	Stone <i>et al.</i> (2003)
	R2	AGATGGTATGGACCCCAATACATHACNCAY			

Table 2. Result of PCR detection of CyHV-2 and other viruses

Imported country	Commercial name (Species)	Cumulative mortality	Sample status	CyHV-1	CyHV-2				CyHV-3	CEV	SVCV
					Kidney	Spleen	Gill	Liver			
Thailand	Oranda (<i>C. auratus</i>)	90%	Live	-	+(3/3)	+(3/3)	+(3/3)	+(3/3)	-	-	-
			Dead	-	+(1/1)	+(1/1)	N.d.	+(1/1)	-	-	-
China	Black moor (<i>C. auratus</i>)	60%	Live	-	+(1/1)	+(1/1)	+(1/1)	+(1/1)	-	-	-
			Dead	-	+(1/1)	+(1/1)	N.d.	+(1/1)	-	-	-

+: Positive; - : Negative; N.d.: Not determined

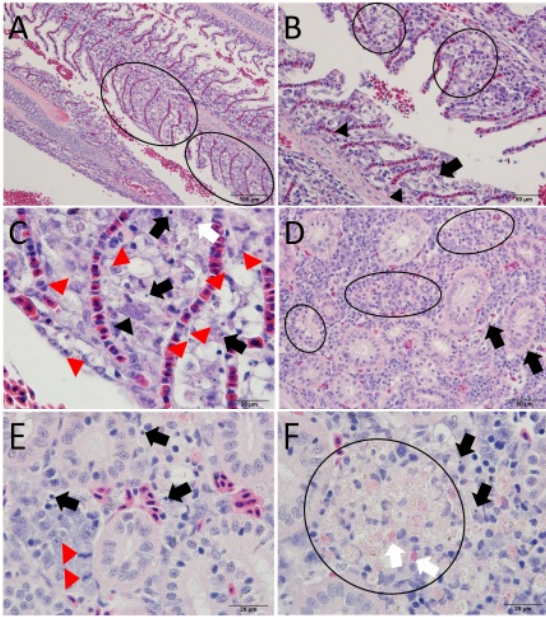


Fig. 3. Histopathological observation of gill and kidney in Oranda (*C. auratus*) and Black moor (*C. auratus*) infected with CyHV-2. A: lamella fusion and macrophage infiltration (ellipse) in secondary lamella of gill; B: macrophage infiltration (ellipse), intranuclear inclusion bodies (arrow heads) and pyknotic nucleus (arrow) in gill epithelium; C: karyorrhexis (white arrow), vacuolation of macrophages (red arrowhead), pyknotic nucleus (arrows) and intranuclear inclusion body (black arrowhead) in gill epithelium; D: macrophage infiltration (ellipses) and pyknotic nucleus (arrows) in interstitial tissue of kidney; E: mitotic cells (red arrowheads) and pyknotic nucleus (arrows) in interstitial tissue of kidney; F: massive macrophage infiltration (ellipse), engulfed erythrocyte in macrophage cytoplasm (white arrows), pyknotic nucleus (arrows) in interstitial tissue of kidney.

장간막(Fig. 4B), 비장 실질조직 내부(Fig. 4C), 신장 간질조직(Fig. 4D)에서 관찰되었다.

어류에서 아가미는 호흡 기능뿐만 아니라(Hughes and Morgan, 1973), 질소산화물의 배출(Lauren, 1991), 담수어류에서 Na^+ 와 Cl^- 의 이온 재흡수(Kerstetter *et al.*, 1970; Dymowska *et al.*, 2012) 등 다양한 기능을 수행하는 것으로 알려져 있다(Maina, 2002). 본 연구에서 아가미 이차세엽의 염증세포 침윤 소견과 상피세포 융합 소견이 관찰되었는데, 이는 가스

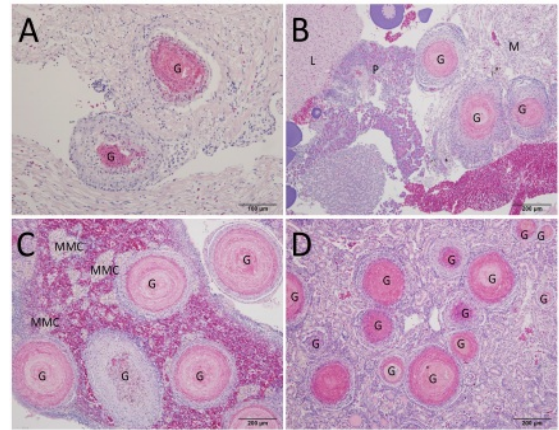


Fig. 4. Histopathological observation of internal organs in Oranda (*C. auratus*) and Black moor (*C. auratus*). A: Granulomas (G) in myocardium of heart; B: granulomas (G) in mesenchymal membrane (M) between internal organs (Liver-L, Pancreas-P); C: Granulomas (G) and Melanomacrophage centers (MMC) in spleen; D: Granulomas (G) in kidney.

교환 표면적을 감소시켜 호흡장애를 유발하고(Hemalatha and Banerjee, 1997), 질소산화물 배설장애 등을 초래할 수 있다(Huh and Jung, 1993). 또한 아가미 상피세포의 괴사 소견은 다른 기회감염성 병원체의 이차적 침투 경로로서 작용할 수 있다(Foscarini, 1989; Kotob *et al.*, 2017). Wu *et al.* (2013)에 따르면 CyHV-2는 주로 아가미, 신장, 비장에서 복제 및 조합되는데 본 연구에서도 아가미 괴사부위 인근에서 상피세포의 핵내 봉입체가 관찰되었다.

CyHV-2 급성 감염 시 아가미 외에도 조혈조직에서 주요 병변이 나타나는데(Groff *et al.*, 1998), 신장 간질조직의 광범위한 괴사와 비대된 조혈세포의 핵에서 염색체가 가장자리로 몰리는 특징이 있다(Thangaraj *et al.*, 2021). 본 연구에서도 태국에서 수입된 진주린의 신장에서 조혈세포의 핵농축 소견이 나타났으며 이는 Lu *et al.* (2016)에서 나타난 조직학적 결과와 일치한다. 또한 신장의 간질조직에서 대식세포에 의한 적혈구의 포식활성과 조혈기능의 활성화에 따른 세포분열상이 관찰되었는데, 이는 적혈구 파괴에 따른 보상적 기전에 의한 증상으로 생각된다.

분석한 일부 개체에서 다발적으로 발생한 육아

종 생성은 CyHV-2 이외의 기타 병원체 감염에 의한 만성염증 결과로 판단된다. 어류에서 세균성 육아종의 주요 원인 세균으로는 *Mycobacterium* spp. (Gómez *et al.*, 1993), *Francisella* spp. (Colquhoun and Duodu, 2011), *Nocardia* spp. (Maekawa *et al.*, 2018), *Cutibacterium acnes* (Mandrioli *et al.*, 2022) 등이 있고, 다양한 관상어종에서도 세균성 육아종 발생이 보고되고 있다(Novotny *et al.*, 2010). 관상어종의 육아종 생성은 세균 감염 이외에도 기생충 감염 (Voelker *et al.*, 1977)과 진균 감염(Yanong, 2003)으로 발생할 수 있다. Dykova *et al.* (1996)의 연구에서 육아종성 염증 병변이 나타난 금붕어의 신장, 간, 뇌, 아가미, 장에서 amoeba-like organism인 *Rosculus ithacus*가 검출되었으며, 육아종성 진균 중 *Aphanomyces laevis* (Chauhan *et al.*, 2014)와 *Ichthyophonus hoferi* (Öztürk *et al.*, 2010)가 금붕어에 감염된 보고가 있다. 조직병리학적 분석 결과 진균 및 기생충은 관찰되지 않았으며, 다발성 장기 손상 및 만성염증으로 나타난 육아종 생성은 세균 감염과 연관이 깊은 것으로 생각된다. 하지만 본 연구에서는 세균 배양 및 세균 검사를 실시하지 않아 원인 세균을 추정할 수 없는 한계가 있다.

CyHV-2는 숙주에 따라 다양한 폐사율이 나타나는데, *Carassius* sp.가 CyHV-2 감염 시 90-100%의 높은 누적 폐사율이 나타난다고 보고되었다(Jiang *et al.*, 2020; Wei *et al.*, 2019). 본 증례에서도 1달 이내에 60-90%의 높은 폐사율이 관찰되었으며, 장시간 수송으로 인한 스트레스적 환경에 의한 CyHV-2 병원성 증가 및 기회감염성 병원체의 복합감염에 기인한 결과로 추정된다. 관상어가 국제 교류를 통해 수입되는 경로는 항공을 통한 운반이 대부분으로(Monticini, 2010), 수송과정에서 어체가 수온, 밀도, 염분, 수송기간, 핸들링(Lim *et al.*, 2003) 등으로 인한 스트레스적 환경에 지속적으로 노출되면 병원체 감수성이 증가하고 잠재적 질병을 심화시켜 어체를 폐사에 이르게 할 수 있다(Masud *et al.*, 2019; Bernoth and Crane, 1995). 특히 핸들링 관련 스트레스로 인해 Angel fish에서 잠재적 감염 상태였던 herpesvirus가 발병한 사례가 있다(Mel-lergaard and Bloch, 1988).

CyHV-2의 잠복기(Latent period)에 대해서는 정

확히 알려지지 않았지만 포유류의 herpesvirus처럼 단독 감염 시 잠복기를 갖는다는 사실이 입증되었으며(Chai *et al.*, 2020), 잠복기에는 바이러스의 발현이 제한되고 무증상 상태를 유지한다(Virgin *et al.*, 2009). 게다가 CyHV-2 무증상 감염 개체는 면역력이 저하되어 2차 세균성감염이 촉발될 수 있다(Ren *et al.*, 2021). 어류에서 바이러스와 세균의 복합감염은 흔하게 발생하는 것으로 알려져 있으며(Kotob *et al.*, 2017), 붕어(Crucian carp, *Carassius Carassius*)에서 CyHV-2와 함께 기회성 세균인 *Aeromonas hydrophila* 및 *Aeromonas sobria*의 검출이 보고된 바 있다(Fichi *et al.*, 2013).

수입산 금붕어에서 CyHV-2 등 기회감염성 병원체의 발병을 막기 위해, 국제 교역 과정 중 발생할 수 있는 다양한 스트레스 요인들을 제어하는 것이 필요하다(Goodwin *et al.*, 2009; Davison *et al.*, 2013). 금붕어의 수송 중 스트레스 완화를 위해 적절한 밀도 유지(Belema *et al.*, 2017), 수온의 급변화 방지(Cole, 1999), 수입과정 이후 회복 기간의 준수(Lim *et al.*, 2003), 관상어의 핸들링 주의 사항 준수(Stevens *et al.*, 2017) 적용을 통한 스트레스 발생 억제와 CyHV-2의 잠복성 감염에 대비한 선제적인 질병검사가 수입 금붕어의 CyHV-2에 의한 대량 폐사를 줄이기 위해 유효할 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 2022년도 군산대학교 수산과학연구소 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

- Adamek, M., Hellmann, J., Jung-Schroers, V., Teitge, F., & Steinhagen, D.: CyHV-2 transmission in traded goldfish stocks in Germany—A case study. *Journal of Fish Diseases*, 41(2):401-404, 2018.
- Belema, M., Idowu, K.O., Aghogho, K.D., Ndubuisi, A., Oluwakemi, A., & Stella, U.: Handling and packaging of ornamental fishes for successful transportation. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5):263-265, 2017.
- Bercovier, H., Fishman, Y., Nahary, R., Sinai, S., Zlotkin, A., Eynigor, M., Gilad, O., Elder, A., & Hedrick,

- R.P.: Cloning of the koi herpesvirus (KHV) gene encoding thymidine kinase and its use for a highly sensitive PCR based diagnosis. *BMC microbiology*, 5(1):1-9, 2005.
- Bernoth, E.M., & Crane, M.S.J.: Viral diseases of aquarium fish. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 4(2):103-110, 1995.
- Boitard, P.M., Baud, M., Labrut, S., de Boissésion, C., Jamin, M., & Bigarré, L.: First detection of cyprinid herpesvirus 2 (CyHV-2) in goldfish (*Carassius auratus*) in France. *Journal of Fish Diseases*, 39(6):673-680, 2016.
- Chai, W., Qi, L., Zhang, Y., Hong, M., Jin, L., Li, L., & Yuan, J.: Evaluation of Cyprinid herpesvirus 2 latency and reactivation in *Carassius gibel*. *Microorganisms*, 8(3):445, 2020.
- Chauhan, R., Bhatt, M.H., & Lone, S.A.: Pathogenic effects of three species of fungi (*Aphanomyces laevis*, *Aspergillus niger* and *Saprolegnia parasitica*) on goldfish (*Carrasius auratus* L.). *Indo Global J. Pharmacol. Sci*, 4(2):41-46, 2014.
- Cole, B.E.: Shipping practices in the ornamental fish industry. 1999.
- Colquhoun, D.J., & Duodu, S.: *Francisella* infections in farmed and wild aquatic organisms. *Veterinary research*, 42(1):1-15, 2011.
- Daněk, T., Kalous, L., Veselý, T., Krásová, E., Reschová, S., Rylková, K., Kulich, P., Petrýl, M., Pokorová, D., & Knytl, M.: Massive mortality of Prussian carp *Carassius gibelio* in the upper Elbe basin associated with herpesviral hematopoietic necrosis (CyHV-2). *Diseases of Aquatic Organisms*, 102(2):87-95, 2012.
- Davison, A.J., Kurobe, T., Gatherer, D., Cunningham, C., Korf, I., Fukuda, H., Hedrick, R.P., & Waltzek, T.B.: Comparative genomics of carp herpesviruses. *Journal of Virology*, 87(5):2908-2922, 2013.
- Doszpoly, A., Benko, M., Csaba, G., Dan, A., Lang, M., & Harrach, B.: Introduction of the family Alloherpesviridae: the first molecular detection of herpesviruses of cyprinid fish in Hungary. *Magyar Allatorvosok Lapja*, 133(3):174-181, 2011.
- Dykova, I., Lom, J., Machackova, B., & Sawyer, T.K.: Amoebic infections in goldfishes and granulomatous lesions. *Folia Parasitologica*, 43(2):81-90, 1996.
- Dymowska, A.K., Hwang, P.P., & Goss, G.G.: Structure and function of ionocytes in the freshwater fish gill. *Respiratory physiology & neurobiology*, 184(3):282-292, 2012.
- Fichi, G., Cardeti, G., Cocumelli, C., Vendramin, N., Toffan, A., Eleni, C., Siemoni, N., Fischetti, R., & Susini, F.: Detection of cyprinid herpesvirus 2 in association with an *Aeromonas sobria* infection of *Carassius carassius* (L.), in Italy. *Journal of Fish Diseases*, 36(10):823-830, 2013.
- FIPS (Fisheries information portal system). Statistics of fishery production. 2021. Retrieved from <https://www.fips.go.kr/p/S0204/>
- Foscarini, R.: Induction and development of bacterial gill disease in the eel (*Anguilla japonica*) experimentally infected with *Flexibacter columnaris*: pathological changes in the gill vascular structure and in cardiac performance. *Aquaculture*, 78(1):1-20, 1989.
- Gómez, S., Bernabé, A., Gómez, M.A., Navarro, J.A., & Sanchez, J.: Fish mycobacteriosis: morphopathological and immunocytochemical aspects. *Journal of Fish Diseases*, 16(2):137-141, 1993.
- Goodwin, A.E., Sadler, J., Merry, G.E., & Marecaux, E.N.: Herpesviral haematopoietic necrosis virus (CyHV-2) infection: case studies from commercial goldfish farms. *Journal of Fish Diseases*, 32(3):271-278, 2009.
- Groff, J.M., LaPatra, S.E., Munn, R.J., & Zinkl, J.G.: A viral epizootic in cultured populations of juvenile goldfish due to a putative herpesvirus etiology. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 10(4):375-378, 1998.
- Haenen, O., Bigarré, L., Ito, T., Avarre, J.C., & Vendramin, N.: Neglected viral diseases in freshwater fish farming. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 38(3):105-115, 2018.
- Hanson, L., Dishon, A., & Kotler, M.: Herpesviruses that infect fish. *Viruses*, 3(11):2160-2191, 2011.
- Hedrick, R.P., Waltzek, T.B., & McDowell, T.S.: Susceptibility of koi carp, common carp, goldfish, and goldfish× common carp hybrids to cyprinid herpesvirus-2 and herpesvirus-3. *Journal of Aquatic Animal Health*, 18(1):26-34, 2006.
- Hemalatha, S., & Banerjee, T.K.: Histopathological analysis of sublethal toxicity of zinc chloride to the respiratory organs of the airbreathing catfish *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Biological Research*, 30:11-22, 1997.
- Hine, P.M., Tham, K.M., & Morrison, R.: Cyprinid herpesvirus 2 in New Zealand goldfish. *Surveillance*, 33(4):3-5, 2006.
- Hughes, G.M., & Morgan, M.: The structure of fish gills in relation to their respiratory function. *Biological reviews*, 48(3):419-475, 1973.
- Huh, M.D., & Jung, H.D.: Review: The histological

- structure and the pathological lesions of gill in teleosts. *Journal of fish pathology*, 6(1):65-70, 1993.
- Ito, T., Kurita, J., & Haenen, O.L.M.: Importation of CyHV-2 infected goldfish into the Netherlands. *Diseases of Aquatic Organisms*, 126(1):51-62, 2017.
- Jeffery, K.R., Bateman, K., Bayley, A., Feist, S.W., Hulland, J., Longshaw, C., Stone, D., Woolford, G., & Way, K.: Isolation of a cyprinid herpesvirus 2 from goldfish, *Carassius auratus* (L.), in the UK. *Journal of Fish Diseases*, 30(11):649-656, 2007.
- Jiang, N., Yuan, D., Zhang, M., Luo, L., Wang, N., Xing, W., Li, T., Huang, X., & Ma, Z.: Diagnostic case report: Disease outbreak induced by CyHV-2 in goldfish in China. *Aquaculture*, 523:735156, 2020.
- Jung, S.J., & Miyazaki, T.: Herpesviral haematopoietic necrosis of goldfish, *Carassius auratus* (L.). *Journal of fish diseases*, 18(3):211-220, 1995.
- Jung, M.H., Ryu, J.W., Nikapitiya, C., & Jung, S.J.: Detection of herpesviral hematopoietic necrosis virus (Cyprinid herpesvirus 2, CyHV-2) from goldfish, *Carassius auratus* (L.) in Korea. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 25(7):403-408, 2022.
- Kerstetter, T.H., Kirschner, L.B., & Rafuse, D.D.: On the mechanisms of sodium ion transport by the irrigated gills of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *The Journal of General Physiology*, 56(3):342-359, 1970.
- Kim, D.Y., & Kang, J.H.: Improvement of ornamental fish industry through analysis of recognition and market scale of the ornamental fish. *水産經營論集*, 43(3):89-106, 2012.
- Kim, D.Y., & Jung, M.M.: A study on development direction for ornamental fish industry in Korea. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 23(4):626-641, 2011.
- Kotob, M.H., Menanteau-Ledouble, S., Kumar, G., Abdelzaher, M., & El-Matbouli, M.: The impact of co-infections on fish: a review. *Veterinary research*, 47(1):1-12, 2017.
- Kwon, S.R.: Monitoring of carp edema virus disease and herpesviral hematopoietic necrosis in *Cyprinus carpio* and *Carassius auratus* imported from China. *Journal of fish pathology*, 33(1):1-6, 2020.
- Lauren, D.J.: Fish gill. A sensitive target for waterborne pollutants. *ASTM Special Technical Publication*, (1124):223-244, 1991.
- Lu, J., Lu, H., & Cao, G.: Hematological and histological changes in Prussian Carp *Carassius gibelio* infected with Cyprinid Herpesvirus 2. *Journal of Aquatic Animal Health*, 28(3):150-160, 2016.
- Luo, Y.Z., Lin, L., Liu, Y., Wu, Z.X., Gu, Z.M., Li, L.J., & Yuan, J.F.: Haematopoietic necrosis of cultured prussian carp, *carassius gibelio* (bloch), associated with cyprinid herpesvirus 2. *Journal of Fish Diseases*, 36(12):1035-1039, 2013.
- Lim, L.C., Dhert, P., & Sorgeloos, P.: Recent developments and improvements in ornamental fish packaging systems for air transport. *Aquaculture Research*, 34(11):923-935, 2003.
- Maina, J.N.: Structure, function and evolution of the gas exchangers: comparative perspectives. *Journal of anatomy*, 201(4):281-304, 2002.
- Mandrioli, L., Codotto, V., D'Annunzio, G., Volpe, E., Errani, F., Eishi, Y., Uchida, K., Morini, M., Sarli, G., & Ciulli, S.: Pathological and tissue-based molecular investigation of granulomas in cichlids reared as ornamental fish. *Animals*, 12(11):1366, 2022.
- Masud, N., Ellison, A., & Cable, J.: A neglected fish stressor: mechanical disturbance during transportation impacts susceptibility to disease in a globally important ornamental fish. *Diseases of Aquatic Organisms*, 134(1):25-32, 2019.
- Matras, M., Borzym, E., Stone, D., Way, K., Stachnik, M., Maj-Paluch, J., Palusińska, M., & Reichert, M.: Carp edema virus in Polish aquaculture-evidence of significant sequence divergence and a new lineage in common carp *Cyprinus carpio* (L.). *Journal of fish diseases*, 40(3):319-325, 2017.
- Maekawa, S., Yoshida, T., Wang, P.C., & Chen, S.C.: Current knowledge of nocardiosis in teleost fish. *Journal of fish diseases*, 41(3):413-419, 2018.
- Møllergaard, S., & Bloch, B.: Herpesvirus-like particles in angelfish *Pterophyllum altum*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 5:151-155, 1988.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). Statistics of domestic ornamental fish trade. 2019. Retrieved from <https://www.mof.go.kr/statPortal>
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 제1차 관상어 산업육성 5개년 종합계획(2016-2020년). 2015. Retrieved from <https://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=36355&boardKey=81&menuKey=1033>
- Monticini, P.: Production and commerce of ornamental fish: technical managerial and legislative aspects, 102:58-62, FAO-GLOBEFISH, Italy, 2010.
- NFQS (National Fishery Products Quality Management Service). Imports (exports) quarantine statistics. 2021.
- Novotny, L., Halouzka, R., Matlova, L., Vavra, O., Bartosova, L., Slany, M., & Pavlik, I.: Morphology and distribution of granulomatous inflammation in freshwater ornamental fish infected with mycobacteria.

- Journal of Fish Diseases, 33(12):947-955, 2010.
- Öztürk, T., Özer, A., Taşkaya, G., Öz, M., & Aral, O.: *Ichthyophonus hoferi* infection in goldfish (*Carassius auratus*). Journal of Fisheries Sciences. com, 4(4):304-309, 2010.
- Rahmati-Holasoo, H., Ahmadvand, S., Shokrpoo, S., & El-Matbouli, M.: Detection of carp pox virus (CyHV-1) from koi (*Cyprinus carpio* L.) in Iran: clinico-pathological and molecular characterization. Molecular and cellular probes, 54:101668, 2020.
- Ren, W., Pan, X., Dai, C., Shu, T., Li, L., & Yuan, J.: Investigation of Cyprinid herpesvirus 2 and bacterial coinfection in *Carassius gibel*. Aquaculture, 537: 736521, 2021.
- Sahoo, P.K., Swaminathan, T.R., Abraham, T.J., Kumar, R., Pattanayak, S., Mohapatra, A., Rath, S.S., Patra, A., Adikesavalu, H., Sood, N., Pradhan, P.K., Das, B.K., Jayasankar, P., & Jena, J.K.: Detection of goldfish haematopoietic necrosis herpes virus (Cyprinid herpesvirus-2) with multi-drug resistant *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish: First evidence of any viral disease outbreak in ornamental freshwater aquaculture farms in India. Acta tropica, 161:8-17, 2016.
- Song, H.D., Park, J.S., & Kwon, S.R.: Molecular evidence of cyprinid herpesvirus 2 (CyHV-2) in domestic goldfish *Carassius auratus* and imported pearl scale goldfish *Carassius auratus*. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 51(4):383-388, 2018.
- Stephens, F.J., Raidal, S.R., & Jones, B.: Haematopoietic necrosis in a goldfish (*Carassius auratus*) associated with an agent morphologically similar to herpesvirus. Australian Veterinary Journal, 82(3):167-169, 2004.
- Stevens, C.H., Croft, D.P., Paull, G.C., & Tyler, C.R.: Stress and welfare in ornamental fishes: what can be learned from aquaculture?. Journal of fish biology, 91(2):409-428, 2017.
- Stone, D.M., Ahne, W., Denham, K.L., Dixon, P.F., Liu, C.Y., Sheppard, A.M., Taylor, G.R., & Way, K.: Nucleotide sequence analysis of the glycoprotein gene of putative spring viraemia of carp virus and pike fry rhabdovirus isolates reveals four genogroups. Diseases of Aquatic Organisms, 53(3):203-210, 2003.
- Thangaraj, R.S., Nithianantham, S.R., Dharmaratnam, A., Kumar, R., Pradhan, P.K., Thangalazhy Gopakumar, S., & Sood, N.: Cyprinid herpesvirus-2 (CyHV-2): a comprehensive review. Reviews in Aquaculture, 13(2):796-821, 2021.
- Waltzek, T.B., Kurobe, T., Goodwin, A.E., & Hedrick, R.P.: Development of a polymerase chain reaction assay to detect cyprinid herpesvirus 2 in goldfish. Journal of Aquatic Animal Health, 21(1):60-67, 2009.
- Virgin, H.W., Wherry, E.J., & Ahmed, R.: Redefining chronic viral infection. Cell, 138(1):30-50, 2009.
- Voelker, F.A., Anver, M.R., McKee, A.E., Casey, H.W., & Brenniman, G.R.: Amebiasis in goldfish. Veterinary Pathology, 14(3):247-255, 1977.
- Wei, C., Iida, H., Chuah, Q.Y., Tanaka, M., Kato, G., & Sano, M.: Persistence of cyprinid herpesvirus 2 in asymptomatic goldfish *Carassius auratus* (L.) that survived an experimental infection. Journal of Fish Diseases, 42(6):913-921, 2019.
- Wu T, Ding Z, Ren M, An L, Xiao Z., & Liu P.: The histo- and ultra-pathological studies on a fatal disease of Prussian carp (*Carassius gibelio*) in mainland China associated with cyprinid herpesvirus 2 (CyHV-2). Aquaculture 4:8-13, 2013.
- Yanong, R.P.: Fungal diseases of fish. Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice, 6(2):377-400, 2003.

Manuscript Received : Oct 08, 2022

Revised : Oct 26, 2022

Accepted : Nov 02, 2022