

Halélősködő nyálkaspórák (Myxozoa) okozta fertőzések összehasonlító vizsgálata

Zárójelentés

Budapest, 2014. január 25.

1. A projekt összefoglalása

A nyálkaspórák (Myxozoa) mikroszkopikus méretű halélősködők egy gazdaságilag jelentős csoportja. A nyálkaspórák kutatásának aktualitását a kétségtelen kórtani jelentőség mellett a bonyolult fejlődési ciklusuk adja, melynek még napjainkban is vannak homályos pontjai. A nyálkaspórák esetében a gazdafelismerésnek és a gazdában való megtelepedésnek különleges jelentősége van. Ezért a kutatómunka kísérletes része a nyálkaspórák kevéssertéjű fereg gazdában (Annelida, Clitellata, Oligochaeta) való megtelepedésének és eltérő fogékonyságú férgekben zajló fejlődésének eddig nem vizsgált részleteire koncentrált. A fereg gazdafajok között jelentős fogékonyságbeli eltérést mutattunk ki, és elsőként igazoltuk kísérletekkel, hogy a kevéssertéjű feregpulációk faji összetétele befolyásolja a parazita fertőzés prevalenciáját és intenzitását, ami epidemiológiai szempontból is meghatározó lehet. A természetes vízi és halgazdasági halakból gyűjtött nyálkaspórák vizsgálata során, eddig nem tanulmányozott fajok megismerése mellett újabb adatokat gyűjthettünk elterjedésükről, élőhelyi preferenciájukról. Felmérő vizsgálataink igazolták, hogy a gazdaságilag hasznosított vízterületek parazitológiai szempontból negatív hatással lehetnek a környező természetes vizekre. Ezenkívül a számos új nyálkaspórák faj leírása és rokonsági kapcsolataik filogenetikai elemzése jelentősen bővítette a parazita csoportról eddig szerzett taxonómiai ismereteket.

2. A projekthez kapcsolódó publikációs tevékenység összefoglalása

A projekt eredményeiből 11 db, impakt faktoral rendelkező, referált folyóiratban megjelent cikk született (ezekből 1 magyar nyelven). Egy közlemény megjelenés alatt van. A megjelent közlemények összes impakt faktora 17,796. A vezető kutató 7 közleményben első vagy senior szerző, a projekthez kapcsolódó három szakdolgozati és egy doktori munka témavezetője. A projekt eredményeiből hazai és nemzetközi fórumokon összesen 14 db előadás/poszter került bemutatásra. Ezekből 8 minősül legmagasabb megjelenési formának jelen pillanatban. Az elvégzett munkából még egy angol nyelvű közlemény megjelenése (a már megjelenés alatt lévő kézirat mellett) és egy BSc szakdolgozat elkészülte várható.

3. Személyi változások és eltérések a kutatás időzítésében

A szerződésben rögzített pályázati résztvevők számában és személyében a következő kérelmezett és engedélyezett változások történtek:

Marton Szilvia a projekt elejétől 2012 augusztusáig vett részt a munkában. Forró Barbara 2012 májusában, és Guti Csaba Ferenc pedig 2012 októberében csatlakozott a projekthez.

A személyi változásokra és az intézetünket is érintő MTA kutatóhálózati átszervezésre tekintettel 2012-ben 1 év hosszabbítást engedélyezett az Élettudományi Kollégium elnöke. Így a projekt 2013. december 31-én zárult. A kutatási tervben vállalt feladatokat teljesítettük.

4. Eredmények

4.1. Természetes vízi nyálkaspórák fertőzések vizsgálata

4.1.1. Új nyálkaspórák fajok megismerése, leírása

Új nyálkaspórák fajok kimutatása és leírása cápaharcsából (Baska et al. 2009)

A cápaharcsát (*Pangasianodon hypophthalmus*), ami Ázsiában kedvelt étkezési hal, rendszeresen importálják Európába elsősorban akvarisztikai célból. A Thaiföldről érkezett szállítmányok parazitológiai vizsgálata során több nyálkaspórák parazitát is sikerült

kimutatnunk. Ezek közül kettő új fajnak bizonyult. A cápaharcsa ivadékok bőréen cisztát képező *Myxobolus hakyi*, és az ivadékok veséjében spórát képző *Hoferellus pulvinatus* morfológiai és molekuláris jellemzését végeztük el. Szövettani vizsgálatokkal a paraziták kórtani szerepét is vizsgálatuk.

***Henneguya tunisiensis* faj leírása (Bahri et al. 2010)**

Tunézia partjainál fogott földközi-tengeri ajakos hal (*Symphodus tinca*) részletes parazitológiai vizsgálata során eddig nem azonosított nyálkaspórást találtunk. A vizsgált halak 15-20%-ában volt kimutatható nagyméretű ciszták jelenléte a kopoltyúíveken. A cisztában található érett spórák morfológiai és molekuláris biológiai jellemzése után a faj a *Henneguya tunisiensis* nevet kapta. Az új faj filogenetikai vizsgálata a tengeri *Henneguya* fajokkal való közeli rokonságot igazolta. A szövettani vizsgálatok a kopoltyúív szöveti deformációját mutatták ki a szabadszemmel is látható ciszták hatására, aminek viszont feltételezhetően nincs jelentős kórtani szerepe.

***Ceratomyxa aegyptiaca* faj leírása (Yemmen et al. 2012)**

Tunéziai kollégákkal együttműködésben az egyiptomi nyelvhal (*Solea aegyptiaca*) parazita faunáját vizsgálva egy új tengeri nyálkaspórást a *Ceratomyxa aegyptiaca* fajt írtuk le és jellemeztük. Az epehólyag falához rögzülő kései fejlődési alakok és az epében szabadon megtalálható érett spórák morfológiai jellemzése mellett, a parazita DNS szintű vizsgálatát is elvégeztük. Eredményeink azt mutatták, hogy a rendkívül rövid, 1690 bp hosszú 18S riboszomális DNS-sel (18S rDNS) rendelkező faj legközelebbi rokonai érdekes módon nem földközi-tengeri fajok, hanem Japán partjainál kimutatott tengeri *Ceratomyxa* fajok.

***Zschokkella soleae* faj leírása (Yemmen et al. 2013)**

A földközi-tengeri halak nyálkaspórást faunája vizsgálatának következő eredménye volt a *Zschokkella soleae* faj leírása nyelvhalból (*Solea solea*). Az epehólyagban és az epevezetékben fejlődő parazita az első kimutatott *Zschokkella* faj volt Tunézia partjainál. A faj morfológiai és molekuláris jellemzése mellett, a fertőzöttség prevalenciáját, szezonálisát is vizsgálatuk. Eredményeink azt mutatták, hogy a legnagyobb fertőzöttség nyáron fordul elő a fiatal nyelvhal egyedekben, ami arra utal, hogy a parazitával lárvakorban találkoznak, abban az életszakaszukban, amikor még úszó életmódot folytatnak és planktonokat fogyasztanak.

Két új *Myxobolus* faj leírása hazai karikakeszeg állományból (Molnár et al. in press)

A dévérkeszeg mellett a karikakeszeg az egyik leggyakrabban fogott őshonos keszegféle horgászhal hazánkban. Gyakori előfordulása miatt parazitológiai szempontból is jól tanulmányozott fajnak tekinthető. Vizsgálati eredményeink ennek ellenére azt igazolták, hogy még mindig előfordulnak eddig nem azonosított élősködők e halfajban. A balatoni karikakeszeg állományon végzett parazitológiai felmérő vizsgálatok eredményeként két új nyálkaspórást sikerült kimutatnunk. A *Myxobolus bjoerknae* a kopoltyúívek kötőszövetes rétegeiben képez cisztát, míg a *Myxobolus lamellobasis* a kopoltyú filamentumok tövében, a többrétegű hámban fejlődik. A morfológiai, szövettani és molekuláris biológiai jellemzés mellett elvégeztük a fajok filogenetikai vizsgálatát is. A két új faj és a már korábbiakban tanulmányozott édesvízi *Myxobolus* fajok rokonsági viszonyainak elemzése során arra a következtetésre jutottunk, hogy a parazita fajok szöveti specificitása mellett a spóra morfológiája és a gazda faja is meghatározó szerepet játszik a rokonsági viszonyok kialakulásában, ezért evolúciós szerepük nem elhanyagolható.

4.1.2. Tógazdaság hatása természetes víz halállományának parazitáltságára

Gazdaságilag hasznosított vízterületek hatása a Benta-patak halfaunájának parazitáltságára (Bernáth Gergely, szakdolgozat, 2010)

A természetes és mesterséges vízi élőhelyek egymásra való hatásának vizsgálata gazdasági okok miatt és a természetes környezet megóvása szempontjából is fontos. Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy befolyásolják-e a mesterséges vízterületek egy természetes víz halfaunájának parazitáltságát. A halak parazitás fertőzöttségét hasonlítottuk össze a Benta-patak két, Százhalombatta környéki szakaszán, egy tógazdaság és egy horgásztó kifolyóihoz közel, és folyásiránnyal ellentétesen a hasznosított vizektől több kilométer távolságra. A halgazdaság hatását mutatta, hogy az alsó szakaszon a nyálkaspórások prevalenciája tavaszi, kora nyári emelkedést mutatott a gazdaságtól távoli felső szakasz halaihoz képest. A parazitákat szervenkénti és szervcsoportonkénti előfordulásuk alapján vizsgálva azt kaptuk, hogy a felső szakaszon fogott halaknál a bél és a belső szervek nagyobb mértékben voltak fertőzöttek az alsó szakaszcsoporttal szemben. Az alsó szakaszon gyűjtött halakban viszont az izomzatban is előfordultak nyálkaspórások, ellentétben a felső szakasz halaival. A hím és nőstény halak parazitáltságában nem találtunk jelentős különbséget. Eredményeink azt mutatták, hogy a vizsgált terület közelében lévő mesterséges vizek hatással voltak a Benta-patak halállományának parazitáltságára.

Különböző élőhelyeken előforduló ezüstkárászok (*Carassius gibelio*) összehasonlító parazitológiai vizsgálata (Sánta et al. 2012)

Munkánk célja a hazánkban egyre gyorsabban terjedő invazív ezüstkárász különböző élőhelyeken előforduló populációinak parazitológiai összehasonlítása volt, annak kiderítésére, hogy élőhelyi különbségek befolyásolják-e e rendkívül jó alkalmazkodó képességű halfaj parazitáltságát. Három élőhelyet, a Kis-Balaton I. ütemét (Hídvégi-tó), az Öszödi-bereket és a Nagybereket választottunk, amelyek biotikus és abiotikus környezeti tényezők ill. az elárasztás idejét tekintve különböznek egymástól. Az évi 3 mintavétel (tavasz, nyár, ősz) során összesen 102 darab főleg kétnyaras ezüstkárászon végeztünk teljes parazitológiai vizsgálatot. Vizsgálataink során öt parazitacsoport (egysejtűek, nyálkaspórások, kopoltyúférgesek, mótelyek és fonálférgesek) előfordulását mutattuk ki. A paraziták legnagyobb fajszaiban a szélsőséges vízellátottságú Nagybereken fordultak elő. Az erősen eutrofizálódott Öszödi-berek a kopoltyúférgesség szezonális változásában mutatott jelentős eltérést a többi élőhelytől. Bár számos élősködő jelenlétét kimutattuk a vizsgált ezüstkárász állományokban, összességében kórtani elváltozásokat nem tapasztaltunk, a parazita fertőzöttség a klinikai tünetek megjelenésének szintje alatt maradt minden esetben. Eredményeink azt mutatták, hogy a Kelet-Ázsiából behurcolt ezüstkárász szélsőséges élőhelyekhez is képes alkalmazkodni, és az őshazájában tömeges elhullásokat okozó nyálkaspórás és egyéb paraziták nincsenek jelen a vizsgált hazai vizekben.

4.2. Nyálkaspórások rokonsági viszonyainak vizsgálata

Hazai bodorka állományokból származó *Myxobolus* fajok elkülönítése és rokonsági viszonyaik vizsgálata (Molnár et al. 2010)

Hazai bodorka állományok több éves parazitológiai vizsgálata során nyolc *Myxobolus* fajt mutattunk ki. A legtöbb kimutatott parazita faj specifikus szöveti és/vagy szervi lokációban fejlődik. Az ismert *Myxobolus* fajok közül a vázizomzat izomsejtjeiben fejlődő *M. pseudodispar* faj előfordulása volt a leggyakoribb. A kopoltyúlemezek kapilláris hálózatában cisztát képező *M. intimus* és *M. diversicapsularis* és a kopoltyúsugarak porcos elemeiben fejlődő *M. feisti* a legnagyobb, 10% körüli prevalenciát a Balatonban mutatott. A kopoltyú filamentumokban fejlődő *M. rutili* a balatoni régióban több élőhelyen is előfordult. A vizsgálatok eredményeként három új faj a *M. fundamentalis*, *M. wootteni* és a *M.*

sommervillae került leírásra. A kimutatott fajok filogenetikai vizsgálata a halon belüli szöveti lokalizáció elsődleges szerepét igazolta a rokonsági viszonyok meghatározásában.

Természetes fertőzöttségéből származó nyálkaspórák (Myxozoa) halélősködők taxonómiai és filogenetikai vizsgálata (Sipos Dóra, szakdolgozat, 2011)

A kutatómunka a Benta-patak halállományában talált nyálkaspórák halparaziták molekuláris biológiai és filogenetikai jellemzését célozta. A vizsgált minták 18S rDNS szekvenciáját kétkörös (semi-nested) PCR-rel sokszorozítottuk fel, majd a kapott DNS szekvenciákat az NCBI, valamint kutatócsoportunk saját nyálkaspórák adatbázisával vetettük össze. Az illesztett szekvenciákat filogenetikai módszerekkel elemeztük. A szélhajtó kűszből (*Alburnus alburnus*), ezüstkárászból (*Carassius gibelio*), bodorkából (*Rutilus rutilus*) és jászkeszegből (*Leuciscus idus*) származó nyálkaspórák minták közül kilencet sikerült faj szinten is azonosítani. Bodorka és szélhajtó kűsz izomzatából sikerült a *Myxobolus pseudodispar* jelenlétét megerősíteni. A két bodorka izomból származó *M. pseudodispar* izolátum DNS szekvenciája 99,8%-ban megegyezett egymással, de csak 95,2%-ban a szélhajtó kűsz izomból származóval. Ezen eredmények, a filogenetikai elemzések, valamint a génbanki *M. pseudodispar* DNS szekvenciák közötti különbségek is jól szemléltetik a faj genetikai változékonyságát. Azonosítottuk a szélhajtó kűsz kopoltyúján élősködő *Myxobolus susanlimae* fajt két mintából is, valamint a *Myxobolus shaharomae* fajt szélhajtó kűsz veséjéből és májából, ezzel alátámasztottuk, hogy az utóbbi faj több belső szervben is előfordul. Genus szinten sikerült meghatározni egy *Sphaerospora*, egy *Chloromyxum* és két *Myxobolus* fajt. Az ezüstkárász vesecsatornájában fejlődő *Sphaerospora* faj molekuláris vizsgálata során hosszú inzerciókat tartalmazó génszakaszokat sikerült kimutatnunk. Vizsgálataink eredményei az ezüstkárász kopoltyújáról származó *Myxobolus* sp. esetében is azt valószínűsítik, hogy új fajról van szó. A jászkeszeg epehólyagjában élősködő és a hazai faunára nézve új *Chloromyxum* faj a törzsfán a szöveti élősködő *Myxobolus*-ok között helyezkedett el, megerősítve a genus polifiletikus eredetét. Vizsgálatunk segítségével pontosabb képet kaphattunk a Benta-patak nyálkaspórák faunájáról. Bizonyosodott, hogy a Magyarországon gyakori fajok itt is előfordulnak, ám a terület alapos tanulmányozottságának ellenére három, eddig ismeretlen fajt is találtunk.

Hazai és portugál márnaállományok *Myxobolus* fertőzöttségének összehasonlítása (Molnár et al. 2012)

A Duna Budapest környéki szakaszán fogott márna (*Barbus barbus*) állomány és az portugáliai Este folyó ibériai márna (*Luciobarbus bocagei*) állományának összehasonlító parazitológiai vizsgálatát végeztük el. A hazai márna állományból öt ismert nyálkaspórák fajt (*Myxobolus branchialis*, *M. caudatus*, *M. musculi*, *M. squamae* és *M. tauricus*) sikerült azonosítani, és egy új fajt, a *M. branchilateralis*-t leírni. A vizsgált ibériai márnákban hat *Myxobolus* fajt (*M. branchialis*, *M. branchilateralis*, *M. cutanei*, *M. musculi*, *M. pfeifferi* és *M. tauricus*) találtunk. Az azonos fajhoz tartozó, de különböző élőhelyről származó parazita izolátumok a spórák morfológiájában és 18S rDNS szekvenciájukban kisebb-nagyobb eltéréseket mutattak. Nagyfokú genetikai eltérés (2-3%-os) volt megfigyelhető a *M. musculi* esetében. Ez a különbség azonban egy adott élőhelyen belül is kimutatható volt. A földrajzi elkülönülés valószínűsíthető hatása a *M. caudatus* és a *M. cutanei* fajoknál volt szembetűnő, mivel a két morfológiájában, szöveti lokációjában szinte azonos faj csak egy-egy élőhelyen volt megtalálható. A különböző élőhelyekről származó *M. tauricus* izolátumok esetében a kimutatott 3,1%-os genetikai különbség szintén faj szintű elkülönülésre utalt.

***Sphaerospora* sensu stricto taxonómiai és filogenetikai vizsgálata (Bartosová et al. 2011)**

A *Sphaerospora* genus tagjai édesvízi és tengeri halak és kételtűek parazitái, melyek közül néhány faj komoly elhullásokért felelős a tenyésztett halállományokban. A genus filogenetikai szempontból a leginkább polifiletikus csoportnak tekinthető a nyálkaspórások között. A típusfaj *S. elegans* és közeli rokon *Sphaerospora* fajok alkotta *Sphaerospora* sensu stricto csoport mellett számos olyan faj fordul elő, melyek e csoporttól filogenetikailag meglehetősen távol helyeződnek. A munka során a génbankban megtalálható DNS szekvenciák és tucatnyi egyéb faj 18S, 28S rDNS és fehérjekódoló elongációs faktor (EF-2) gén szekvenciák alapján történt törzsfa-rekonstrukció eredményeként egyrészt megerősítést nyert a *Sphaerospora* s.s. csoport ősi, „bazális” helyeződése a filogenetikai fán. Másrészt bizonyítottuk, hogy a tengeri fajokat tömörítő *Polysporoplasma* genus, mely morfológiailag alig különbözik a *Sphaerospora* genustól, a *Sphaerospora* genus-szal egy rokonsági körbe tartozik. A nagyfokú morfológiai és genetikai hasonlóságra tekintettel javaslatot tettünk a *Polysporoplasma* genus átnevezésére, és beolvasztására a *Sphaerospora* genus-ba.

Pontyfélékből származó *Sphaerospora* fajok molekuláris biológiai és filogenetikai vizsgálata (Holzer et al. 2013)

A pontyféléket fertőző *Sphaerospora* fajok közül a legismertebb a *S. dykova* (korábbi nevén *S. renicola*), ami a pontyivadékok testtömeg-gyarapodásának jelentős csökkenésével és az ivadékok tömeges elhullásával járó úszóhólyag-gyulladás fő okozójaként tartanak számon. A munka során molekuláris biológiai módszerek segítségével bizonyítottuk, hogy a pontyban fejlődő *S. dykova* és az ezüstkárászt illetve aranyhalat fertőző *S. angulata* valóban külön fajoknak tekinthetőek annak ellenére, hogy morfológiai alapon gyakorlatilag megkülönböztethetetlen fajokról van szó. Vizsgálatunk további fontos eredménye volt, hogy az úszóhólyag-gyulladás tüneteit mutató ponty ivadékok vérmintáinak vizsgálata során kiderült, hogy a klinikai tünetek kialakulásáért felelős parazita véralakok nagy része nem a *S. dykova*, hanem a pontyok kopoltyú sphaerosporosis-át okozó *S. molnari* fajhoz tartoztak. Ezzel az úszóhólyag-gyulladás korábban bizonyítottnak tekintett kóroktani elmélete kérdőjeleződött meg.

A ponty kopoltyú sphaerosporosis-át okozó *Sphaerospora molnari* molekuláris jellemzése és filogenetikai vizsgálata (Eszterbauer et al. 2013)

A pontyivadékok kopoltyú nekrózist okozó, elhullással is járó megbetegedéséért a paraziták közül a *Sphaerospora molnari* is felelőssé tehető. A faj és az okozott klinikai tünetek régóta ismertek, jól tanulmányozottak. A DNS szekvenálás terjedésével, ez a faj az elsők között volt, aminek 18S rDNS szekvenciája bekerült a génbankba. Az évek során számos filogenetikai vizsgálat eredményeként, a faj extrém filogenetiai helyeződése miatt többször felmerült annak lehetősége, hogy a parazita eddigi molekuláris jellemzése hibás. Munkánk során több parazita izolátum morfológiai, molekuláris jellemzését végeztük el. Ezt egészítettük ki faj-specifikus DNS próbákkal történő *in situ* hibridizációval, mely során igazoltuk a fejlődő spórák lokalizációját a kopoltyúhamban, illetve kimutattuk véralakjait a vese glomerulusokban és kapillárisokban. Az extrém hosszú (3000 bp-nál hosszabb) 18S rDNS-sel rendelkező faj filogenetikai vizsgálatával bizonyítottuk, hogy a korábbi eredményekkel ellentétben a *S. molnari* a *Sphaerospora* sensu stricto klád tagja.

***Sphaerospora molnari* véralakok motilitásának vizsgálata (Hartigan et al. 2013)**

Korábbi vizsgálataink során kimutattuk, hogy a pontyivadékok kopoltyú sphaerosporosis-át okozó *Sphaerospora molnari* véralakjai nagy mennyiségben fordulhatnak elő úszóhólyag-gyulladás tüneteit mutató egyedek vérében. A vérminták natív tanulmányozása során vált ismertté évtizedekkel ezelőtt, hogy ezek a véralakok aktív mozgásra képesek, állandó pörgő-forgó mozgást végeznek a vérben. A jelenség okára és mikéntjére azonban csak feltételezések

vannak. A munka célja ezért annak felderítése volt, hogy milyen fehérjék felelősek a parazita véralakok mozgásáért. Fehérje inhibitorok alkalmazásával olyan aktív mozgásban fontos szerepet játszó fehérjék voltak kizárhatóak mint például az aktin, de további ultrastrukturális és genomikai vizsgálatok vannak folyamatban a mozgásért felelős fehérjék azonosítására.

4.3. Gazdafajlagosság kísérletes vizsgálata (Marton & Eszterbauer 2011, 2012; Marton 2012a,b)

A *Myxobolus pavlovskii* nyálkaspórák faj fejlődésének kísérletes vizsgálata (Marton & Eszterbauer 2011; Marton Szilvia, PhD disszertáció 2012)

A százhalombattai halastavakból származó kevéssertéjű féregállományban talált echinactinomyxon típusú aktinospórákról bizonyítottuk, hogy azok a *Myxobolus pavlovskii* aktinospórái. Molekuláris biológiai módszerekkel meghatároztuk a faj 18S rDNS-ének közel teljes szekvenciáját, emellett sikeres fertőzési kísérlettel igazoltuk, hogy valóban a talált echinactinomyxon a *M. pavlovskii* aktinospóra alakja, ezzel cáfolva német kutatók korábbi eredményét, melyben hexactinomyxont írtak le a parazita aktinospóra típusaként. Szintén új eredmény volt a kevéssertéjű féreg gazdafaj, a *Limnodrilus udekemianus* azonosítása. Ezenkívül a kísérletes fertőzés során szövettani vizsgálatokkal igazoltuk, hogy a parazita a busa ivadékok kopolyúlemezkéinek hámfájában nagyszámú cisztát képez. Az igen intenzív fertőzöttség a légzőhám súlyos károsodásához vezetett, ezért a parazita kórtani jelentősége megerősítést nyert.

A *Myxobolus pseudodispar* parazita faj kevéssertéjű férgekben zajló fejlődésének és gazdaspecificitásának összehasonlító vizsgálata (Marton & Eszterbauer 2012; Marton Szilvia, PhD disszertáció 2012)

Munkánk során a *Myxobolus pseudodispar* esetében igyekeztünk felderíteni a parazita kevéssertéjű féreg (Annelida: Clitellata: Oligochaeta) gazdaspektrumát, és vizsgáltuk, hogy a féregtenyészetek fajösszetétele milyen hatással van a parazita fertőzés kimenetelére. Eredményeink azt mutatják, hogy a *M. pseudodispar* gerinctelen gazdaspektruma a gerinces gazdáinak köréhez hasonlóan széles. A már korábban is leírt fogékony oligochaeta gazdákon kívül újabb fogékony gazdafajokat sikerült azonosítanunk. A féregtenyészetek faji összetételét és a *Tubifex tubifex* gyűjtőfaj különböző leszármazási vonalainak fogékonyágát kísérletesen vizsgálva jelentős fogékonyágbeli eltéréseket tapasztaltunk. Az erősen fogékony és nem-fogékony fajok/leszármazási vonalak mellett találtunk olyan vonalakat is, melyekben a parazita DNS kimutatható volt, de érett aktinospórák nem alakultak ki a gazdában. Valószínűsíthető, hogy ezekben az esetekben a parazita bejutott ugyan a kevéssertéjű féregbe, de a továbbfejlődését a féreg immunrendszere blokkolta, így nem alakultak ki a halakat fertőzni képes aktinospóra stádiumok. *In situ* hibridizációs vizsgálataink eredményei is ezt a feltételezést erősítik meg, a kevéssertéjű férgek sejtes immunválaszában részt vevő amöbociták bekebelezték a bejutó parazita sejteket. Mivel a halakat fertőzni képes aktinospóra stádiumok nem fejlődtek ki ezekben a férgekben, valószínűsíthető, hogy ezek az oligochaeták egyfajta „biológiai szűrőként” funkcionálnak, csökkentve a kibocsátott fertőzőképes paraziták mennyiségét azáltal, hogy a myxospórákat felveszik, de érett aktinospórákat nem termelnek. Fertőzési kísérleteink eredményei azt mutatják, hogy a fogékony fajok jelenléte mellett nagyon fontos a kevésbé fogékony illetve esetleges biológiai szűrőként funkcionáló fajok és típusok jelenléte és aránya a fertőzött féregállományban. Kísérletes vizsgálatainkkal sikerült bizonyítanunk, hogy egy féregpopuláció fajösszetétele fontos befolyásoló tényezője a fertőzés kimenetelének. Az *in situ* hibridizációs vizsgálataink eredményei alapján úgy tűnik, hogy a *M. pseudodispar* a bélcsatornán keresztül jut be a féregbe, és fejlődése nagyrészt a bélhamban zajlik. Emellett a bélhámot körülvevő

extracelluláris mátrix erős festődését tapasztaltuk a fertőzést követő első héten, ami valószínűsíti, hogy ez a réteg részt vehet a parazita hosszanti irányú terjedésében a bélhám mentén.

5. A projekt eredményeiből született közlemények listája

- Bahri, S., Marton, Sz., Marques, A., Eszterbauer, E. (2010): *Henneguya tunisiensis* n. sp. (Myxosporea: Bivalvulida), a new gill parasite of *Symphodus tinca* (L.) (Teleostei: Labridae) off Tunisia. Syst. Parasitol. 76:93-101.
- Bartosová, P., Fiala, I., Cinková, M., Sipos, D., Eszterbauer, E., Jirků, M., Caffara, M., Fioravanti, M.L., Holzer, A.S. (2011): *Sphaerospora* sensu stricto clade (Myxozoa): taxonomy and phylogeny based on the ribosomal and protein-coding data. 15th EAFP International Conference on Diseases of Fish and Shellfish, 12-16 September 2011, Split, Croatia. Abstract No. O-050.
- Baska, F., Voronin, V. N., Eszterbauer, E., Müller, L., Marton, Sz., Molnár, K. (2009): Occurrence of two myxosporean species, *Myxobolus hakyi* sp. n. and *Hoferellus pulvinatus* sp. n., in *Pangasianodon hypophthalmus* fry imported from Thailand to Europe as ornamental fish. Parasitol. Res. 105:1391-1398.
- Bernáth G. (2010) Gazdaságilag hasznosított vízterületek hatása a Benta-patak halfaunájának parazitáltságára. BSc szakdolgozat. SZIE ÁOTK, Budapest
- Eszterbauer, E., (2009): Mit mondanak a gének a nyálkaspórák halparaziták eredetéről? Akadémiai beszámoló, 2009. január 28., Budapest.
- Eszterbauer, E., Kallert, D., Marton, Sz (2011):. Difficulties in life-cycle studies of Myxosporea, 27. Ichthyoparasitologisches Symposium. 6 Mai 2011, Ilmitz, Österreich
- Eszterbauer, E. (2013): Intraspecific variability of freshwater *Myxobolus* (Myxozoa) species on the basis of SSU rDNA: does tissue preference affect parasite speciation? 16th EAFP International Conference on Diseases of Fish and Shellfish. 2-6th September 2013, Tampere, Finland. Abstract No. O-061
- Eszterbauer, E., Marton, Sz., Forró, B., Kallert, D.M. (2012): Host specificity of Myxozoa: Empirical data vs taxonomy? 28. Ichthyoparasitologisches Symposium der AG Ichthyoparasitologie der Deutschen Gesellschaft für Parasitologie e.V., 08. 06. 2012, Boiensdorf, Germany.
- Eszterbauer, E., Sipos, D., Forró, B., Bartosová, P., Holzer, A.S. (2013): Molecular characterization of *Sphaerospora molnari* (Myxozoa), the agent of gill sphaerosporosis in common carp (*Cyprinus carpio carpio*). Dis. Aquat. Org. 104:59-67
- Hartigan, A., Pecková, H., Eszterbauer, E., Holzer, A.S. (2013): Dancers in the blood: A functional approach to understanding the motility of *Sphaerospora molnari* (Myxozoa) proliferative stages in the blood of common carp. 16th EAFP International Conference on Diseases of Fish and Shellfish. 2-6th September 2013, Tampere, Finland. Abstract No. O-058
- Holzer, A.S., Bartosová, P., Pecková, H., Tysl, T., Atkinson, S., Bartholomew, J., Sipos, D., Eszterbauer, E. and Dyková, I. (2013): 'Who is who' in renal sphaerosporids (Bivalvulidae: Myxozoa) from common carp, Prussian carp and goldfish: Molecular identification of cryptic species, blood stages and new members of *Sphaerospora* sensu stricto. Parasitology 140:46-60
- Marton Sz. (2012a) Hazai és nemzetközi eredmények a halparazita nyálkaspórák (Myxozoa) gazdafajlagosságának kísérletes vizsgálatában. Magyar Állatorvosok Lapja 136:203-212

- Marton Sz. (2012b) Nyálkaspórák (Myxozoa) halparaziták gazdafajlagosságának kísérletes és molekuláris vizsgálata. PhD disszertáció. SZIE Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Budapest.
- Marton, Sz., Eszterbauer, E. (2011): The development of *Myxobolus pavlovskii* (Myxozoa: Myxobolidae) includes an echinactinomyxon-type actinospore. *Folia Parasitol.* 58:157-163.
- Marton, Sz., Eszterbauer, E. (2012): The susceptibility of diverse species of cultured oligochaetes for the fish parasite *Myxobolus pseudodispar* Gorbunova (Myxozoa). *J. Fish Dis.* 35:303-314.
- Molnár, K., Eszterbauer, E., Marton, Sz., Székely, Cs., Eiras, J.C. (2012): Comparison of the *Myxobolus* fauna of common barbel from Hungary and Iberian barbel from Portugal. *Dis. Aquat. Org.* 100:231-248
- Molnár, K., Marton, Sz., Székely, Cs., Eszterbauer, E. (2010): Differentiation of *Myxobolus* spp. (Myxozoa: Myxobolidae) infecting roach (*Rutilus rutilus*) in Hungary. *Parasitol. Res.* 107:1137-1150.
- Molnár, K., Székely, Cs., Guti, Cs F., Eszterbauer, E (in press) Two new *Myxobolus* spp. (Myxozoa: Myxobolidae) from white bream, *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758) developing in basifilamental location of gills. *Acta Protozoologica*
- Sánta B., Ferincz Á., Paulovits G., Eszterbauer E. (2013): Különböző élőhelyeken előforduló ezüstkárászok (*Carassius gibelio*) összehasonlító parazitológiai vizsgálata. Akadémiai Beszámoló, 2013. január 30., Budapest.
- Sipos D. (2011) Természetes fertőzöttségből származó nyálkaspórák (Myxozoa) halélősködők taxonómiai és filogenetikai vizsgálata. MSc szakdolgozat. SZIE ÁOTK, Budapest
- Yemmen, C., Marton, Sz., Bahri, S., Eszterbauer, E. (2013): Morphology, seasonality and phylogeny of *Zschokkella soleae* sp. n. (Myxozoa, Myxosporea) parasite of *Solea solea* L. (Pleuronectiformes, Soleidae) from Ghar El Melh Lagoon, Tunisia. *J. Fish Dis.* Epub 27 Feb 2013
- Yemmen, C., Marton, Sz., Eszterbauer, E., Bahri, S. (2012): *Ceratomyxa aegyptiaca* n. sp. (Myxozoa: Myxosporea) from the gall-bladder of *Solea aegyptiaca* Chabanaud (Pleuronectiformes: Soleidae) in a Tunisian coastal lagoon. *Syst. Para.* 83:21-28.