

Maíra Portella Ragno

**Distribuição e morfologia dos canais da linha
lateral em raias e sua relevância sistemática
(Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea)**

Distribution and morphology of lateral line canals in rays and its systematic relevance

(Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea)

São Paulo

2013

Maíra Portella Ragno

**Distribuição e morfologia dos canais da linha
lateral em raias e sua relevância sistemática
(Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea)**

Distribution and morphology of lateral line canals in rays and its systematic relevance

(Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea)

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Ciências Biológicas, na Área de Zoologia.

Orientador: Marcelo Rodrigues de Carvalho

São Paulo

2013

Ragno, Máira Portella

Distribuição e morfologia dos canais da linha lateral em raias e sua relevância sistemática (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea)

X + 184 páginas

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia.

1. Morfologia 2. Linha Lateral 3. Batoidea

Universidade de São Paulo.

Instituto de Biociências. Departamento de Zoologia.

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof. Dr. Marcelo Rodrigues de Carvalho

Orientador

Cló, Nainou e Zozi – Sempre vocês.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Clóvis Augusto Ragno e Zilda Portella Ragno, e ao meu irmão, Gabriel Portella Ragno, agradeço pelo apoio incondicional, pelas horas ao meu lado quando precisei e quando não precisei, pelo amor, companheirismo e amizade a mim dedicados, por serem os únicos capazes de me aguentar, por acreditarem em mim, por me permitirem, sempre. Nada disso seria possível sem vocês.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo de Carvalho, pela confiança em mim depositada, pela oportunidade de realizar um trabalho ao mesmo tempo intrigante e divertido, pelo suporte acadêmico sempre que precisei e por todo o conhecimento e experiência transmitidos.

Aos amiguinhos de laboratório, André Casas, Akemi Shibuya, Carmen Paradedda, Carolina Laurini, João Paulo Capretz, João Pedro Fontenelle, Kleber Mathubara e Victor Giovannetti pela ajuda com discussões e ideias pertinentes ou não, pelos momentos de descontração e almoços rodeados de peixes e formol. Aos colegas Flavia Petean, Diego Vaz, Thiago Loboda, Sarah Viana pelas conversas e colaborações. Ao amigo Mateus Soares, por ter tido paciência para ler tudo isso, paciência comigo, por todas as sugestões acatadas ou não e pelas incansáveis conversas sobre absolutamente qualquer coisa.

Às minhas sempre amigas Camila Bonin, Elisa Jordão, Fernanda Sodré, Laura Sette, Samantha Teixeira, Tarsila Amorim e Thais Hamaji, por estarem sempre ao meu lado nestes últimos 7 anos e nos próximos 70.

À Prof. Dra. Mônica Toledo-Piza por ter me permitido ser monitora da disciplina de Ictiologia Básica, onde tive a oportunidade de aprender muito com todo o seu conhecimento sobre o grupo e também por todo o apoio fornecido em todas as

etapas do meu trabalho. Ao Prof. Dr. Ralf Britz e novamente à Prof. Dra. Mônica Toledo-Pisa pelo oferecimento da disciplina Anatomia Comparada de Peixes onde pude aprofundar meus conhecimentos sobre o assunto, intimamente ligado ao meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Ulisses Leite Gomes, pelo empréstimo de material proveniente da coleção da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) e por ter me recebido em visitas ao seu laboratório. Ao Prof. Dr. José Lima Figueiredo, pelo material examinado proveniente do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP).

Ao Dr. Luis Rocha, por me permitir visitar a incrível coleção ictiológica da California Academy of Sciences (CAS) em San Francisco e por ter me recebido tão bem. Ao Dr. David Catania e a Ms. Mysi Hoang, por toda a ajuda com o material examinado nesta instituição. À Ms. Sasha Li, por me hospedar em San Francisco e me proporcionar momentos muito divertidos durante minha estadia na California.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zoologia do Instituto de Biocências da Universidade de São Paulo, por financiar às visitas à coleção ictiológica da Universidade Estadual do Rio de Janeiro através de verba da CAPES/PROAP.

A realização deste projeto só foi possível graças ao financiamento direto proveniente da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sob a forma de bolsa de mestrado (FAPESP 2011/04647-3).

Muito Obrigada!

ÍNDICE

1. Introdução	1
1.1. Filogenia de Batoidea	1
1.2. O Sistema Sensorial da Linha Lateral	3
2. Objetivos	5
3. Material e Métodos	6
4. Resultados	9
4.1. Família Squatinidae	10
4.2. Família Pristiophoridae	10
4.3. Família Pristidae	11
4.3.1. <i>Anoxypristis cuspidata</i>	12
4.3.2. <i>Pristis pristis</i>	13
4.4. Família Rhinidae	13
4.5. Família Rhynchobatidae	15
4.6. Família Rhinobatidae	16
4.6.1. <i>Rhinobatos horkelli</i>	18
4.6.2. <i>Rhinobatos productus</i>	18

4.6.3. <i>Zapteryx brevirostris</i>	19
4.7. Família Platyrrhinidae	
20	
4.8. Família Zanobatidae	21
4.9. Família Narcinidae	23
4.10. Família Narkidae	23
4.11. Família Torpedinidae	23
4.12. Família Rajidae: Subfamília Arhynchobatinae	23
4.12.1. <i>Atlantoraja cyclophora</i>	25
4.12.2. <i>Bathyraja interrupta</i>	26
4.12.3. <i>Psammobatis extenta</i>	27
4.12.4. <i>Rioraja agassizi</i>	27
4.12.5. <i>Sympterygia bonapartii</i>	28
4.13. Família Rajidae: Subfamília Rajinae	29
4.13.1. <i>Dactylobatus clarkii</i>	30
4.13.2. <i>Gurgesiella dorsalifera</i>	31
4.13.3. <i>Okamejei hollandi</i>	32
4.13.4. <i>Raja binocolata</i>	32
4.13.5. <i>Raja inornata</i>	33
4.13.6. <i>Rajella fuliginea</i>	33
4.14. Família Hexatrygonidae	34
4.15. Família Urotrygonidae	35
4.15.1. <i>Urobatis jamaicensis</i>	37
4.15.2. <i>Urotrygon aspidura</i>	38
4.15.3. <i>Urotrygon rogersi</i>	39

4.16.	Família Dasyatidae	40
4.16.1.	<i>Dasyatis guttata</i>	41
4.16.2.	<i>Dasyatis zugei</i>	42
4.16.3.	<i>Himantura imbricata</i>	43
4.16.4.	<i>Himantura schmardae</i>	44
4.16.5.	<i>Neotrygon kuhlii</i>	45
4.16.6.	<i>Pteroplatytrygon violácea</i>	46
4.16.7.	<i>Taeniura lymma</i>	47
4.17.	Família Potamotrygonidae	48
4.17.1.	<i>Paratrygon aiereba</i>	49
4.17.2.	<i>Heliotrygon gomesi</i>	50
4.17.3.	<i>Plesiotrygon iwamae</i>	51
4.17.4.	<i>Plesiotrygon nana</i>	52
4.17.5.	<i>Potamotrygon falkneri</i>	53
4.17.6.	<i>Potamotrygon motoro</i>	53
4.17.7.	<i>Potamotrygon orbignyi</i>	53
4.17.8.	<i>Potamotrygon schroederii</i>	54
4.18.	Família Gymnuridae	54
4.18.1.	<i>Gymnura altavela</i>	56
4.18.2.	<i>Gymnura crebripunctata</i>	56
4.18.3.	<i>Gymnura marmorata</i>	57
4.18.4.	<i>Gymnura micrura</i>	57
4.18.5.	<i>Gymnura zonura</i>	58
4.19.	Família Urolophidae	58
4.19.1.	<i>Urolophus halleri</i>	60

4.19.2. <i>Urolophus maculatus</i>	60
4.20. Família Myliobatidae	61
4.20.1. <i>Aetomylaeus nichoffi</i>	62
4.20.2. <i>Myliobatis californica</i>	63
4.20.3. <i>Myliobatis freminvillei</i>	64
4.21. Família Rhinopteridae	64
5. Discussão	66
5.1. Proposta de sinonímias a partir de hipóteses de homologia	66
5.1.1. Justificativa para propostas de sinônimos dos canais ventrais da linha lateral em Batoidea	66
5.1.2. Lista de sinônimos para os canais ventrais do sistema de linha lateral em Batoidea	69
5.2. Caracteres filogenéticos dos canais ventrais do sistema de linha lateral em Batoidea	79
5.3. Anatomia comparada dos canais ventrais do sistema de linha lateral e caracteres compartilhados entre as espécies de Batoidea	97
5.4. Considerações acerca da filogenia de Batoidea	111
6. Conclusões	118
7. Resumo	120
8. Abstract	121
9. Referências Bibliográficas	122
10. Anexos	128

1. INTRODUÇÃO

1.1 Filogenia de Batoidea

O grupo monofilético Batoidea, que engloba as raias, é composto por cerca de 574 espécies (Compagno 1973, 1977, 1999, 2005; Heemstra & Smith, 1980; McEachran *et al.* 1996; McEachran & Aschliman, 2004; Ebert & Compagno, 2007; Aschliman *et al.*, 2012a). Apesar do monofiletismo do grupo ser bem corroborado, as inter-relações filogenéticas dentro do grupo ainda são discutíveis (Compagno, 1973, 1977; Nishida, 1990; Shirai, 1992, 1996; McEachran *et al.*, 1996; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012a; Naylor *et al.* 2012). Compagno (1973) reconheceu apenas quatro ordens em Batoidea – Rajiformes, Pristiformes, Torpediniformes e Myliobatiformes, com Rajiformes dividida em duas subordens: Rhinobatoidei e Rajoidei. Em outro trabalho, Compagno (1977) considera Rhinobatoidei como uma ordem à parte (Rhinobatiformes), ou seja, Batoidea passa a apresentar cinco grupos internos. Heemstra & Smith (1980), acompanham a filogenia de Compagno (1973) no que diz respeito a Rhinobatoidei ser um grupo interno de Rajiformes mas divide o grupo Myliobatiformes em dois subgrupos: Myliobatoidei e Hexatrygonoidei.

Compagno (1973) propôs uma filogenia na qual Pristiformes seria o grupo basal de Batoidea, considerando a condição da cartilagem antorbital das outras ordens mais derivada. Heemstra & Smith (1980) também assumiram Pristiformes como grupo basal e uniram Myliobatiformes e Rajiformes (Rajoidei + Rhinobatoidei) em um único clado, sendo este grupo-irmão de Torpediniformes. Na filogenia proposta por Nishida (1990), Pristiformes é considerado grupo basal de Batoidea, fundamentado em caracteres esqueléticos e miológicos. Da mesma forma, com base em caracteres anatômicos, Shirai

(1992) classificou Pristiformes como grupo basal em Batoidea e considerou os gêneros *Rhina* e *Rhynchobatus* grupos-irmãos de todos os outros batóides.

Em uma segunda análise, Compagno (1977) considerou Torpediniformes como grupo basal em Batoidea, com base em apenas um caráter: o arranjo primitivo do ceratohyal nas raias elétricas da família Narkidae. Maisey (1984) corroborou esta hipótese ao perceber semelhanças no arranjo das cartilagens hipobranquiais das raias *Torpedo* e das raias do Jurássico *Spathobatis* e *Belemnobatis*. Este arranjo também é o mesmo encontrado em *Pristiophorus*, um tubarão que pode ser considerado grupo-irmão das raias segundo algumas hipóteses (Shirai, 1992, 1996; Carvalho, 1996; Carvalho & Maisey, 1996). McEachran *et al.* (1996) e McEachran & Aschliman (2004), baseados em novos caracteres morfológicos, corroboraram a hipótese levantada por Compagno (1977) com relação ao posicionamento dos Torpediniformes. Estas duas hipóteses acerca do grupo basal de Batoidea são conflitantes pelo fato de tanto Pristiformes como Torpediniformes serem grupos muito especializados, apresentando caracteres únicos no grupo dos Batoidea, como o caso do esqueleto afetado pelos órgãos elétricos em Torpediniformes e do rostro longo e dentado de Pristiformes.

Os conflitos filogenéticos em Batoidea, contudo, existem não apenas em suas ordens, mas também entre seus grupos internos. Rhinobatiformes, por exemplo, já foi considerado um grupo polifilético e, portanto, não natural, por Nishida (1990), com base em caracteres que classificam os gêneros *Rhina* e *Rhynchobatus* como grupo-irmão de todas as outras raias, com exceção de Pristiformes. Shirai (1992), McEachran *et al.* (1996), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012a), apesar de confirmarem o polifiletismo de Rhinobatiformes, obtiveram filogenias diferentes de Nishida (1990): em Shirai (1992), os gêneros *Rhynchobatus* e *Rhina* formam uma tricotomia com Torpediniformes; em McEachran *et al.* (1996) *Rhina* e *Rhynchobatus* são

classificados em grupos diferentes (Rhiniformes e Rhyncobatiformes, respectivamente); em McEachran & Aschliman (2004), *Platyrhina* + *Platyrhinoidis* e *Zanobatus* são grupos-irmãos sucessivos de Myliobatiformes, enquanto os outros rhinobatídeos (inclusive *Rhyncobatus* e *Rhina*) formam um clado com os rajídeos. Em Aschliman *et al.* (2012a), os grupos que seriam pertencentes à Rhinobatiformes (*Rhynchobatus*, *Rhina*, *Rhinobatos*, *Zapteryx* e *Trygonrrhina*) formam uma politomia que também inclui os Rajiformes e o grande grupo formado por Platyrrhinidae, Zanobatidae e Myliobatiformes.

Naylor *et al.* (2012), em sua filogenia com base em dados moleculares, propuseram a união dos Rhinobatiformes de Compagno (1973) com *Zanobatus*, excluindo-se *Platyrhina*. A este novo grupo foi dado o nome de Rhinoprístiformes e *Platyrhina* foi incluída em Torpediniformes. Em Myliobatiformes, Nishida (1990) considera *Urotrygon* como basal dentro do grupo enquanto Lovejoy (1996) considera o clado *Hexatrygon* + *Plesiobatis* e Carvalho *et al.* (2004), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012a) consideram apenas *Hexatrygon* como grupo mais basal.

Dentre todos os caracteres morfológicos e moleculares já utilizados para propor soluções para o relacionamento entre os grupos de Batoidea, os canais ventrais do sistema de linha lateral presentes em Chondrichthyes apresentam importância filogenética e, assim, podem ajudar na solução destes problemas.

1.2 O Sistema Sensorial da Linha Lateral

O sistema da linha lateral é composto por mecanorreceptores que detectam movimentos na água próximos à superfície do corpo do animal (Harris & Van Bergeijk,

1962; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001), contribuindo com o controle da velocidade e direção da navegação e com a identificação de presas e parceiros sexuais.

Os neuromastos são as unidades funcionais deste sistema e em elasmobrânquios são encontrados três tipos: os *pit organs*, localizados na superfície da pele, em contato direto com o meio externo (Maruska & Tricas, 1998; Peach & Marshall, 2000; Maruska, 2001); os canais dorsais e ventrais de neuromastos os quais se encontram abaixo da epiderme, em contato com o ambiente externo através de túbulos que terminam em poros superficiais ou isolados do ambiente (Maruska, 2001); as vesículas de Savi, as quais consistem em bolsas de neuromastos, também subepidérmicas (Chu & Wen, 1979; Maruska, 2001).

A literatura sobre linha lateral em Chondrichthyes, porém, é escassa. Garman (1888) publicou um extenso e minucioso estudo sobre este sistema, estabelecendo metodologia e nomenclatura que continuam a ser utilizadas atualmente. Outro grande trabalho acerca deste assunto foi publicado por Chu & Wen (1978), no qual uma filogenia de elasmobrânquios é proposta com base em análises do sistema de linha lateral. Mais recentemente, Lovejoy (1996), McEachran *et al* (1996), Maruska & Tricas (1998), Peach & Marshall (2000), Maruska (2001), Carvalho *et al.*, (2004); McEachran & Aschliman (2004), Peach & Rouse (2004), Gobbo, (2006); Jordan (2008); Peach & Marshall (2009); Shibuya *et al.* (2010) e Carvalho & Lovejoy (2011) realizaram estudos taxonômicos e morfológicos utilizando o sistema da linha lateral como caráter informativo.

A distribuição dos componentes da linha lateral apresenta grande diferença entre os cinco grupos de Batoidea (Pristiformes, Torpediniformes, Rajiformes, Rhinobatiformes e Myliobatiformes), constituindo uma importante fonte de caracteres filogenéticos. Chu & Wen (1979) observaram que em Torpediniformes o sistema de

canais ventrais está ausente, confirmando a observação de Garman (1888). McEachran *et al* (1996) e McEachran & Aschliman (2004) utilizaram-se de alguns caracteres do sistema de linha lateral para elaborarem suas filogenias de Batoidea. Lovejoy (1996) analisou, superficialmente, os canais ventrais da linha lateral de Myliobatiformes, para propor relações entre as raias neotropicais de água doce. Rosenberger (2001) também analisou a distribuição dos canais em sua revisão de *Dasyatis* para elucidar as relações filogenéticas dentro do gênero. Gobbo (2006) utilizou os padrões da linha lateral para a identificação e agrupamento de espécies na família Potamotrygonidae. Por fim, Jordan (2008) estudou a morfologia deste sistema em Myliobatiformes, comparando três espécies como representantes da ordem.

Apesar de existirem trabalhos recentes sobre a filogenia dos diferentes grupos de Batoidea, até o momento não houve um estudo comparado e exclusivo sobre a distribuição da linha lateral dentro de toda a classe para avaliar sua importância filogenética, mesmo sabendo que este sistema é bastante informativo quanto a isso. Como exposto acima, ainda existe muita discordância em relação ao parentesco entre os grupos de Batoidea e dentro deles e o sistema de canais da linha lateral pode ajudar a solucionar estes conflitos.

2. OBJETIVOS

- Descrever e ilustrar a distribuição e a morfologia dos canais dorsais e ventrais da linha lateral em representantes das cinco ordens de Batoidea e comparar os resultados entre suas famílias e gêneros.
- Com base nos resultados obtidos, levantar possíveis caracteres dos canais ventrais da linha lateral que auxiliem a elucidar as relações entre os grupos de Batoidea.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais aqui utilizados pertencem a 56 espécies de 40 gêneros e 19 famílias de Batoidea (Tabela 1), representando aproximadamente 9% das cerca de 630 espécies de raias válidas (Aschliman *et al*, 2012a), além de exemplares de *Squatina guggenheim* e *Pristiophorus japonicus*.

Para aquisição destes animais, coleções ictiológicas nacionais e internacionais foram visitadas para análise e dissecação de material e empréstimo de exemplares: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) e California Academy of Science (CAS), em San Francisco, Estados Unidos. Um exemplar de *Hexatrygon bickelli* foi adquirido por meio de coleta realizada pelo Laboratório de Ictiologia da Universidade de São Paulo na província de Donggang, Taiwan e um exemplar de *Zanobatus schoeleinii* foi obtido a partir de doação realizada pelo Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), em Paris, França.

Para estudo dos canais ventrais da linha lateral foram realizadas disseções com a utilização de bisturi, pinças anatômicas e tesouras. O processo baseia-se na retirada da epiderme e tecidos superficiais ventrais, expondo os canais que ficam sobre a musculatura (Lovejoy, 1996). Como não foram ressaltadas grandes diferenças na morfologia dos canais entre os lados direito e esquerdo do animal, padronizou-se a dissecação do lado esquerdo ventral.

A observação dos canais foi feita a olho nu ou com a utilização de estereomicroscópio. Injeções de solução de azul de metileno nos exemplares foram

realizadas para melhor identificação das conexões entre os canais (Shibuya *et al.*, 2010) (Figura 1). Ilustrações foram realizadas a partir destas observações.

Os exemplares de *Pristiophorus japonicus*, *Anoxypristis cuspidata* e *Pristis pristis* foram analisados apenas com a injeção de azul de metileno em seus canais, sem a retirada da epiderme ventral. Para o estudo dos exemplares da família Potamotrygonidae foram usadas ilustrações já produzidas em trabalhos anteriores: Gobbo, 2006 (*Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbignyi* e *P. schroederi*), Carvalho & Lovejoy, 2011 (*Heliotrygon gomesi*) e Carvalho & Ragno, 2011 (*Plesiotrygon iwamae* e *P. nana*). Algumas modificações nestas ilustrações se fizeram necessárias após análise dos exemplares desta família.

As descrições foram realizadas de acordo com os padrões observados em cada família, com descrições mais detalhadas para cada espécie, mostrando suas peculiaridades em relação ao proposto para a família. A terminologia dos canais e seus componentes segue o proposto por Garman (1888), Ewart & Mitchell (1895) e Chu & Wen (1979), com algumas modificações que se fizeram necessárias. Para os componentes dos canais de potamotrigonídeos foi utilizada a nomenclatura proposta por Gobbo (2006). Sinonímias dos canais são apresentadas, citando autor e data de cada trabalho. A citação completa pode ser encontrada na seção Bibliografia.

A figura 2 mostra o esquema dos canais ventrais da linha lateral de um exemplar hipotético com todos os canais e componentes supracitados. Na tabela 2, podem ser encontradas as abreviaturas utilizadas para cada componente. Além de nomeados e sinonimizados, os canais também foram coloridos, para melhor entendimento do percurso seguido por estes. Assim, o canal hiomandibular foi colorido de vermelho, o supraorbital aparece marrom, o infraorbital é verde, o canal nasal está em azul, o pré-nasal em amarelo, o mandibular em ciano e o abdominal, violeta.

A origem ou início de cada um dos canais foi padronizada para melhor compreensão das descrições.

Canal hiomandibular: origem definida como sendo sua extremidade mais anterior, geralmente não conectada a nenhum outro canal

Canal supraorbital: origina-se no mesmo ponto em que se encerra o hiomandibular, o que ocorre próximo à narina na maioria dos exemplares observados.

Canal infraorbital: origina-se no mesmo ponto em que se encerra o hiomandibular e se origina o supraorbital.

Canal nasal: origina-se em uma ramificação do hiomandibular em direção à linha média do disco, a qual, na maioria das espécies analisadas, encontra-se entre a narina e a boca.

Canal pré-nasal: origina-se no mesmo ponto em que o canal nasal se encerra, próximo à linha média do disco, anterior à boca.

Canal mandibular: sempre localizado posteriormente à boca.

Canal abdominal: sempre seguindo a barra escápulo-coracóide.

Para os canais também foram definidos componentes, novamente com o intuito de facilitar o entendimento das descrições:

Componente externo do canal hiomandibular: porção do hiomandibular mais próxima à margem do disco.

Componente interno do canal hiomandibular: porção do hiomandibular mais próxima à região branquial.

Volta lateral do canal hiomandibular: dobra do componente externo do hiomandibular que ocorre na linha da primeira fenda branquial, em direção à linha média do disco; encontrada apenas em alguns grupos de Myliobatiformes.

Volta subpleural do canal hiomandibular: porção mais posterior do hiomandibular, onde este se curva em direção à região anterior do corpo; exclusiva de raias.

Volta jugular do canal hiomandibular: dobra do componente interno do hiomandibular em direção à linha média do disco, anterior à região branquial; encontrada apenas em alguns grupos de Myliobatiformes.

Volta pré-nasal do canal supraorbital: alça formada pela curva do canal supraorbital em direção à boca

Volta naso-interior do canal supraorbital: curva do canal supraorbital em direção ao focinho, próxima ao canal pré-nasal.

Volta infraorbital do canal infraorbital: curva do infraorbital em direção à região anterior do corpo, próxima à volta jugular do hiomandibular; encontrada apenas em alguns grupos de Myliobatiformes.

Volta suborbital do canal infraorbital: curva do infraorbital em direção à região posterior do corpo, próxima a porção anterior do hiomandibular; encontrada apenas em alguns grupos de Myliobatiformes.

4. RESULTADOS

Nesta seção serão descritos os padrões morfológicos encontrados para as 55 espécies de Batoidea analisadas. Como as relações de parentesco neste trabalho seguem a hipótese proposta por Carvalho & Maisey (1996), na qual Squatiniformes, Pristiophoriformes e Batoidea são considerados parte da superordem Hypnosqualea, *Squatina guggenheim* e *Pristiophorus japonicus* foram analisados como grupo externo à Batoidea. Nenhuma espécie de Galeomorphii foi aqui analisada.

4.1. Família Squatinidae

Em *Squatina guggenheim*, apenas o canal mandibular está presente, posicionado paralelamente à abertura da boca, posteriormente à cartilagem mandibular. Este canal apresenta apenas um componente que se estendem desde o nível de uma margem lateral da boca à outra.

4.2. Família Pristiophoridae

Em *Pristiophorus japonicus* (Figura 3), o canal hiomandibular é um canal simples, com apenas um componente, o qual se origina anteriormente à primeira fenda branquial, próximo à linha da boca, seguindo paralelamente à margem lateral do corpo em direção ao rostro, até próximo às narinas. O hiomandibular se encerra um pouco posterior às narinas, ponto de referência para a origem dos canais supraorbital e nasal.

O canal supraorbital dá continuidade ao caminho adotado pelo canal hiomandibular, seguindo paralelo à margem lateral do rostro em direção ao focinho até quase atingi-lo. O canal é curto e não equivale à metade do comprimento do canal hiomandibular. Não há canal infraorbital neste exemplar. O canal nasal segue em direção à linha mediana do corpo, apresentando uma suave curvatura em direção à região posterior do corpo, encontrando-se com seu antímero em sua extremidade terminal.

O pré-nasal tem origem como um canal único, no mesmo ponto que os antímeros do canal nasal se encontram. Direciona-se anteriormente, com seus dois componentes seguindo paralelos até o focinho, apresentando um leve desvio do trajeto próximo à sua origem. O canal mandibular se situa posteriormente à abertura da boca, posteriormente à

cartilagem mandibular e apresenta dois componentes, com origem na margem lateral da abertura da boca, seguindo medialmente, mas sem se encontrarem.

Os padrões de distribuição aqui descritos confirmam o que foi registrado por Chu & Wen (1979) para *Pristiophorus japonicus*. Estes autores, contudo, registraram a presença de túbulos subpleurais no hiomandibular, o que não pode ser confirmado pelo presente estudo.

4.3. Família Pristidae

Nesta família, o canal hiomandibular tem origem anterior à boca, próximo à margem lateral do corpo. Este canal segue posteriormente paralelo à margem lateral do corpo até apresentar uma acentuada curvatura na região anterior às brânquias, formando a volta subpleural. Lateralmente à narina, o componente interno do hiomandibular se ramifica, dando origem ao canal nasal, e logo se bifurca dando origem aos canais supraorbital e infraorbital.

O canal supraorbital segue seu trajeto em direção ao rostro, acompanhando a margem lateral do corpo até curvar-se em direção à boca, formando a volta pré-nasal. Em seguida, ainda anteriormente à narina, uma nova curvatura, a volta naso-interior, faz com que o supraorbital siga colateral à margem do rostro até a extremidade anterior do rostro.

O canal infraorbital se origina do ramo mais externo da bifurcação do canal hiomandibular e segue rente à margem lateral do corpo até se encerrar, posteriormente à volta pré-nasal. É um canal curto, ocupando apenas 4% do comprimento do rostro, enquanto o canal supraorbital ocupa 90% dessa região.

O canal nasal se inicia no ponto em que o canal hiomandibular se ramifica pela primeira vez, entre a boca e a abertura nasal ou lateralmente a esta, em direção à linha

média do corpo. O canal pode penetrar no disco próximo à narina e então volta à superfície ventral na região entre as narinas, encontrando-se com seu antímero. Neste ponto origina-se o canal pré-nasal, o qual se inicia como um ramo simples e então sofre uma bifurcação e seus componentes se distanciam e se curvam levemente, seguindo paralelos entre si até atingirem a extremidade do rosto.

O canal mandibular se estende desde a margem lateral da boca até sua região mediana, paralelamente posterior a esta, não se conectando ao seu antímero.

4.3.1. *Anoxypristis cuspidata*

Nesta espécie, o canal hiomandibular segue o padrão descrito para a família, sendo que neste exemplar foram observados túbulos subpleurais na metade posterior do canal, tanto no componente interno como no externo, sempre voltados para o exterior da volta subpleural (Figura 4).

Os canais supraorbital e infraorbital também apresentam a morfologia descrita para a família. O canal nasal penetra no disco lateralmente à narina, voltando à superfície ventral do disco anteriormente à região mediana da boca, entre as aberturas nasais. O canal nasal se encontra paralelo à boca e então se funde ao seu antímero no ponto onde se origina o canal pré-nasal. Este canal, assim como o mandibular, segue o padrão anteriormente descrito para *Pristidae*.

Chu & Wen (1979) analisaram a mesma espécie de *Anoxypristis* e seus resultados foram bastante semelhantes aos encontrados aqui. No referido trabalho, entretanto, não foram observados os túbulos presentes no canal hiomandibular. Já em Wueringer *et al* (2011) tais túbulos também puderam ser observados nesta espécie.

4.3.2 *Pristis pristis*

Nesta espécie, o canal hiomandibular segue o padrão descrito para o grupo, mas não foram observados túbulos neste exemplar. Os canais supraorbital e infraorbital se originam entre a narina e a boca, seguindo padrões de distribuição semelhantes aos de *Anoxypristis*.

O canal nasal diferencia-se por não penetrar no disco, mantendo-se visível durante todo o seu trajeto. Sua origem se dá entre a narina e a boca, em direção à linha média do disco. O nasal segue posterior à narina, paralelo à boca até próximo à linha mediana do disco, onde curva-se levemente antes de fundir-se ao seu antímero. O canal pré-nasal origina-se neste ponto, anterior à região mediana da boca e apresentando a distribuição descrita para a família. O canal mandibular não pode ser observado neste exemplar.

Wueringer *et al* (2011) analisou outras espécies de *Pristis* (*P. clavata*, *P. microdon* e *P. zijsron*) e pode observar a presença de uma fenda abdominal na pele destes animais, a qual seria correspondente ao canal abdominal. Garman (1888) analisou um exemplar de *Pristis pectinata* e, assim como no presente trabalho, não encontrou tal canal.

4.4. Família Rhinidae

Da família Rhinidae foi analisado apenas um exemplar, pertencente à espécie *Rhina ancylostoma* (Figura 6). Neste espécime, o canal hiomandibular se origina próximo à margem lateral do disco, entre a narina e a boca, próximo ao nível da boca. O canal então segue posteriormente e se curva acentuadamente, dirigindo-se rumo à região anterior do corpo e formando a volta subpleural, a qual ocorre ao nível da margem posterior da boca. O componente interno segue anteriormente com algumas reentrâncias em seu caminho até o ponto em que se bifurca na altura da margem posterior da narina,

onde da origem ao canal nasal. Pouco anterior a este ponto, o canal hiomandibular bifurca-se novamente, determinando seu final e o início dos canais supraorbital e infraorbital.

O canal supraorbital segue paralelo à margem lateral do disco em direção ao rosto e então se curva, voltando próximo ao trajeto inicial e formando a volta pré-nasal. O supraorbital então se curva obliquamente rumo à região mediana do disco e segue paralelo à margem anterior da narina até se curvar anteriormente, dando origem à volta naso-interior. Neste grupo, a volta naso-interior é bem ampla, se estendendo desde próximo à margem do disco até próximo ao canal pré-nasal.

O canal infraorbital se origina juntamente ao canal supraorbital e segue paralelo a este até a linha da margem anterior da narina. Os canais infraorbital e supraorbital ocupam, respectivamente, 30% e 80% da distância entre a extremidade do rosto e a boca.

O canal nasal surge posterior à narina, no primeiro ponto de bifurcação do canal hiomandibular, seguindo em direção à linha média do corpo com uma leve inflexão em seu trajeto até a margem interior da narina, onde penetra no disco. O canal nasal volta à superfície ventral do corpo apresentando orientação anterior por uma curta distância e então curva-se rumo à linha média do corpo encontrando-se com seu antímero.

O canal pré-nasal inicia seu trajeto em direção anterior fundido ao seu antímero no ponto em que se originam. O canal segue obliquamente rumo à margem lateral do disco e se curva suavemente em direção ao rosto, apresentando uma nova curvatura em direção à margem do disco na altura da volta pré-nasal.

O canal mandibular é único, posicionado linearmente posteriormente à cartilagem mandibular, estendendo-se sem interrupção de uma margem lateral a outra da boca. Nenhum túbulo foi observado neste ou em nenhum outro canal de *Rhina ancylostoma*.

Os padrões gerais de distribuição dos canais ventrais da linha lateral equivalem ao que foi descrito por Chu & Wen (1979) para a mesma espécie de *Rhina*. Diferenças entre os dois estudos foram encontradas na volta pré-nasal e canal infraorbital. Chu & Wen (1979) não descrevem a presença da volta pré-nasal, registrando apenas um componente de canal derivado do supraorbital, paralelo à margem. O canal infraorbital também aparece de maneira diferente, sendo apresentando apenas um vestígio do canal infraorbital dorsal.

4.5. Família Rhynchoatidae

Rhynchoatops djiddensis (Figura 7) foi o exemplar estudado para esta família. O canal hiomandibular se inicia lateralmente à narina, próximo à margem lateral do corpo, seguindo posteriormente rumo à região branquial. Próximo ao primeiro par de fendas o canal se curva abruptamente em direção à região anterior do corpo, formando a volta subpleural. No nível da margem posterior da narina o hiomandibular se ramifica onde se inicia o canal nasal e em seguida se ramifica novamente, onde se originam os canais supraorbital e infraorbital. Túbulos subpleurais podem ser encontrados na região da volta subpleural, direcionados à região posterior do corpo.

O canal supraorbital segue rente à margem do disco em direção ao rostro e se curva em direção à boca, formando a volta pré-nasal aproximadamente na metade da distância entre o rostro e a narina. O supraorbital então se curva novamente, constituindo a volta naso-interior próxima à margem anterior da narina seguindo rumo à extremidade anterior do rostro. O canal infraorbital segue acompanhando a margem do disco, até atingir a extremidade anterior do disco.

O canal nasal tem origem na primeira ramificação do canal hiomandibular, seguindo rumo à linha média do disco. Lateralmente à narina, este canal penetra no

disco, voltando à superfície ventral entre as cápsulas nasais, orientado longitudinalmente e seguindo em direção à região anterior do corpo. O nasal então se curva em direção à linha média do corpo, encontrando-se com o seu antímero no ponto onde se inicia o canal pré-nasal, o qual, por sua vez, começa como um canal único e curto, não ultrapassando a margem anterior da narina. Neste ponto, divide-se em dois componentes que se afastam e seguem paralelos entre si até o focinho. O canal mandibular é um canal único que se estende linearmente de uma margem da boca até a outra.

Neste grupo pode ser observada a presença do canal abdominal, o qual se encontra localizado posterior ao quinto par de fendas, mas bem próximo a este, na mesma posição da barra escapulo-coracóide, componente da cintura peitoral do animal. Este canal se inicia aproximadamente na metade da distância entre a margem posterior da quinta fenda e a axila da nadadeira pélvica, seguindo transversalmente rumo à região branquial. Próximo à quinta fenda, o canal se dobra e, direção à linha média do corpo, seguindo a barra escapulo-coracóide e fundindo-se ao seu antímero.

A mesma espécie de *Rhynchobatus* foi estudada por Chu & Wen (1979) em seu trabalho. Para estes autores, contudo, não foi observada a presença de túbulos na volta subpleural e o canal infraorbital não atinge o focinho, encerrando-se posteriormente à volta pré-nasal. O canal abdominal é dividido em dois antímeros que se encerram na linha mediana do disco sem se encontrarem.

4.6. Família Rhinobatidae

Em Rhinobatidae foram analisados exemplares das espécies *Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus* e *Zapteryx brevirostris* (Figuras 8, 9 e 10). O canal hiomandibular se origina na altura da margem anterior da narina, próximo à lateral do

disco. A partir deste ponto, segue em direção à região branquial e, anterior a esta, se curva rumo à boca, originando a volta subpleural. O componente interno segue então linearmente até a altura da boca ou um pouco anterior a esta, ocupando, aproximadamente, 20% do comprimento total do corpo. Pequenos túbulos estão presentes neste canal em todos os grupos analisados.

O canal hiomandibular se ramifica próximo à narina, originando o canal nasal. Anterior a este ponto, lateralmente à narina, o canal hiomandibular se encerra, dando origem aos canais infraorbital, mais externo, e supraorbital, mais interno.

O canal supraorbital se origina lateralmente à narina, seguindo linearmente em direção à região anterior do corpo e então se curva abruptamente em direção à região posterior do corpo, formando a volta pré-nasal, próxima à margem do disco, na metade da distância entre o focinho e a narina. O supraorbital se curva novamente anteriormente à narina, formando a volta naso-interior e então segue rumo ao focinho até atingi-lo. O canal infraorbital segue rente à margem lateral do corpo em direção ao rosto, mas termina distante deste, posterior à volta pré-nasal. Os canais supraorbital e infraorbital apresentam, quando observados juntos, a forma da letra “w”.

O canal nasal contorna posteriormente a narina seguindo em direção à linha média do disco, penetra no disco e volta à superfície ventral anterior ao ponto médio da boca, onde se funde ao seu antímero. O canal pré-nasal inicia-se como um canal único e curto que se bifurca. Os componentes deste canal se distanciam um do outro, apresentam uma suave inflexão em seu trajeto e então seguem paralelos entre si e ao canal supraorbital até a extremidade do rosto.

O canal mandibular é um canal simples que se estende entre as margens laterais da boca, situado posteriormente à esta. O canal abdominal também é um canal único, o qual acompanha a barra escápulo-coracóide, componente da cintura peitoral do animal.

Este canal se inicia posteriormente à região branquial, direcionado à região anterior do corpo. Logo se curva rumo à linha mediana do disco, seguindo paralelo à boca e podendo apresentar algumas sinuosidades em seu trajeto e encontrando seu antímero na linha média do disco. Este canal pode apresentar túbulos.

4.6.1. *Rhinobatos horkelii*

Em *R. horkelii*, o canal hiomandibular segue o padrão descrito para a família, estendendo-se até próximo à primeira fenda branquial (Figura 8). Os túbulos encontrados tanto no componente externo como no componente interno deste canal são voltados para a margem lateral do corpo.

O canal supraorbital tem componentes bastante longos, ocupando 75% da distância entre o focinho e a boca enquanto que o infraorbital é mais curto e ocupa 25% desta mesma distância. Ambos, assim como os canais nasal e pré-nasal seguem a morfologia descrita para o grupo.

No canal mandibular de *Rhinobatos horkelii* são observados pequenos túbulos em sua face posterior, voltados para a região caudal do corpo. O canal abdominal apresenta suaves ondulações em seu trajeto, antes de se tornar paralelo à boca. Túbulos podem ser encontrados neste canal em toda sua extensão, tanto em sua face anterior como na posterior.

4.6.2 *Rhinobatos productus*

Esta espécie apresenta a anatomia de seus canais semelhantes à de *Rhinobatos horkelii*. Aqui, contudo, não foram observados túbulos associados aos canais mandibular e abdominal (Figura 9). Outras diferenças que podem ser destacadas entre as espécies de *Rhinobatos* são a ausência de ondulações no canal abdominal em *R.*

productus e o fato de que nesta espécie o canal abdominal se encontra bem mais próximo à quinta fenda branquial do que em *R. horkelii*.

Nas espécies de *Rhinobatos* analisadas por Garman (1888), Chu & Wen (1979) e Wueringer & Tibbetts (2008), o padrão de distribuição dos canais é semelhante ao descrito, também apresentando diferenças principalmente na presença e quantidade de túbulos nos canais, na proximidade entre o canal abdominal e a quinta fenda branquial e na presença de sinuosidades neste canal.

4.6.3. *Zapteryx brevirostris*

Em *Zapteryx* o canal hiomandibular é bastante semelhante ao observado nas espécies de *Rhinobatos* (Figura 10). Aqui, porém, tanto os túbulos do componente externo do canal hiomandibular quanto os do componente interno são voltados para o interior da volta subpleural.

Os canais supraorbital e infraorbital seguem os padrões da família, mas são mais curtos do que em *Rhinobatos*, já que em *Zapteryx* o rostro é reduzido. O canal infraorbital neste grupo termina próximo à volta pré-nasal, diferentemente do que ocorre ao mesmo canal em *Rhinobatos*.

O canal nasal volta à superfície ventral do disco obliquamente à boca, e não paralelamente como em *Rhinobatos*. O canal pré-nasal segue o padrão descrito para a família.

No canal mandibular podem ser encontrados túbulos tanto na sua face anterior, como na posterior. O canal abdominal segue o padrão observado para o grupo, apresentando sinuosidades em seu trajeto e túbulos em toda a extensão de suas faces anterior e posterior, como também observado em *Rhinobatos horkelii*.

Garman (1888) também estudou um exemplar de *Zapteryx brevirostris* tendo observado o mesmo padrão de distribuição dos canais. A diferença está na disposição dos túbulos do componente externo do hiomandibular, os quais são voltados para o exterior da volta subpleural no referido trabalho. Não foram encontrados túbulos no canal mandibular e nem na face posterior do canal abdominal.

4.7. Família Platyrrhinidae

Em *Platyrrhina sinensis* (Figura 11) o canal hiomandibular tem origem anterior à narina, aproximadamente no mesmo nível dos canais supra e infraorbital, próximo à margem lateral do corpo e lateralmente direcionado. O canal segue rumo à região posterior do corpo, seguindo colateralmente à margem do disco e, na altura do quarto par de fendas branquiais, se curva anteriormente, formando a volta subpleural. O componente interno segue até a altura das narinas, onde se bifurca no ponto em que se origina o canal nasal. Anteriormente às narinas, próximo à sua origem, o hiomandibular se encerra, determinando o início dos canais supraorbital e infraorbital.

O canal supraorbital se inicia em direção à linha média do corpo e então se curva rumo à região anterior do disco. A volta pré-nasal se encontra reduzida neste exemplar, representada por uma suave sinuosidade no trajeto entre a origem do supraorbital e a volta naso-interior. O canal então se curva rumo a região anterior do corpo, formando a volta naso-interior e seguindo rumo à extremidade do rostro. O canal infraorbital segue obliquo ao canal supraorbital e acompanha a margem lateral do disco, em direção ao focinho.

O canal nasal se inicia lateralmente à narina, rumo à linha média do corpo. Próximo à narina, o canal penetra no disco, voltando a ser observado anteriormente à

região mediana da boca, onde se encontra com o seu antímero. Neste ponto, o canal pré-nasal se inicia como um canal simples que se divide em dois componentes que acompanham a porção terminal do canal supraorbital até atingirem o focinho.

O canal mandibular se estende entre as margens laterais da boca, localizado posteriormente à cartilagem mandibular. Neste grupo também pode ser observado o canal abdominal, o qual se inicia aproximadamente na metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem interna da nadadeira pélvica, seguindo em direção à região anterior do corpo. Próximo à quinta fenda, o canal se curva em direção à linha média do disco, dirigindo-se paralelamente à boca até a região branquial, seguindo o formato da barra escápulo-coracóide, componente da cintura peitoral e encontrando seu antímero.

Platyrrhina sinensis também foi analisada por Chu & Wen (1979) e o mesmo padrão de distribuição dos canais foi encontrado pelos autores. Neste trabalho, porém, o canal hiomandibular tem sua origem e término no mesmo ponto, o canal mandibular não se apresenta de forma contínua (seus antímeros não se encontram) e não foi relatada a presença do canal abdominal.

4.8. Família Zanobatidae

Para esta família foi analisado um exemplar de *Zanobatus schoelenii*, (Figura 12). Nesta espécie, o canal hiomandibular tem origem anterior à narina, direcionado à margem lateral do corpo, para onde segue por uma breve distância. Ao se aproximar da margem, o componente externo do hiomandibular se dobra em direção à região posterior do corpo seguindo sinuosamente até posterior à quinta fenda branquial, mas posterior a esta.

Neste ponto, o canal se curva em direção à região anterior do corpo, originando a volta subpleural, estreita e sem túbulos. O componente interno segue rumo à boca, também apresentando um trajeto bastante sinuoso. O hiomandibular se encerra lateralmente à narina, no mesmo ponto em que se iniciam os canais nasal, supraorbital e infraorbital.

O canal supraorbital segue obliquamente rumo à linha média do disco, formando a volta pré-nasal anteriormente à narina e afastada da margem do disco. A volta naso-interior se forma anteriormente à narina, segue paralela à boca por uma distância curta, tornando esta volta mais ampla do que o observado para os Rajiformes e Myliobatiformes. O supraorbital segue rente ao canal pré-nasal até atingir o focinho.

O infraorbital segue sua rota linearmente rumo ao focinho, apresentando algumas sinuosidades neste trajeto. O canal nasal se inicia juntamente com o supraorbital e infraorbital, seguindo em direção à região branquial. Aproximadamente na linha da boca, o canal se dobra rumo à região anterior do disco e então se dobra novamente, seguindo em direção à linha média do disco, penetrando neste lateralmente à narina.

O nasal volta à superfície ventral do corpo anteriormente à boca, seguindo obliquamente em direção ao seu antímero, até fundir-se a este aproximadamente na mesma linha da margem anterior da narina. Neste ponto se origina o canal pré-nasal, seguindo linearmente rumo ao focinho.

O canal mandibular segue paralelo à boca, estendendo-se de uma margem a outra da cavidade oral. Em *Zanobatos* também pode ser observada a presença do canal abdominal, o qual segue o formato da barra escápulo-coracóide, componente da cintura peitoral. Este canal se inicia na mesma linha da volta subpleural, seguindo obliquamente em direção à região anterior do corpo. Próximo à quinta fenda branquial, o canal se dobra em direção à linha média do disco, seguindo paralelamente à boca até atingir a

quinta fenda branquial do lado oposto do corpo. Neste ponto o canal se curva rumo à região posterior do corpo, encerrando-se na mesma linha em que se forma a volta subpleural.

4.9. Família Narcinidae

Da família Narcinidae foram examinados exemplares de três gêneros e cinco espécies diferentes: *Diplobatis ommata*, *Narcine brasiliensis*, *Narcine timlei*, *Narcine entemedor* e *Benthobatis krefftii*. Em nenhum dos exemplares foram encontrados canais de linha lateral na face ventral dos animais.

4.10. Família Narkidae

Apenas um exemplar da família Narkidae, *Narke dipterygia*, foi examinada e, assim como em outras raias elétricas, não foram encontrados canais de linha lateral na face ventral deste exemplar.

4.11. Família Torpedinidae

Exemplares de *Torpedo californica* e *Torpedo puelcha* foram examinados e, assim como nos exemplares das famílias Narcinidae e Narkidae, não foram encontrados canais do sistema de linha lateral na face ventral destes animais.

4.12. Família Rajidae: Subfamília Arhynchobatinae

Cinco espécies de diferentes gêneros foram examinadas: *Atlantoraja cyclophora*, *Bathyraja interrupta*, *Psammobatis extenta*, *Rioraja agassizii* e *Sympterygia bonapartii* (Figuras 13 a 17).

Nesta família, o canal hiomandibular se inicia próximo à origem dos canais supraorbital e infraorbital e, em alguns grupos, sua origem se encontra conectada ao canal infraorbital (*Sympterygia bonapartii*) ou à porção final do próprio hiomandibular (*Rioraja agassizi*). Este canal segue posteriormente além da região branquial e assim continua até atingir ou ultrapassar a metade do comprimento total do disco, de acordo com a espécie. Neste ponto, o canal se curva em direção à região anterior do corpo, formando a volta supleural.

Após a volta subpleural, o componente interno do hiomandibular contorna externamente a região branquial e se bifurca próximo às narinas, dando origem ao canal nasal. O ramo principal do canal hiomandibular ainda mantém a direção da região anterior do corpo até se encerrar na bifurcação que origina os canais supraorbital e infraorbital, o que acontece na linha da narina ou anteriormente a esta. Poucos túbulos podem ser encontrados ao longo deste canal, de acordo com a espécie.

O canal supraorbital sempre se inicia seguindo rumo à linha média do disco, mas é o canal que mais apresenta variações dentro do grupo. Em alguns grupos, o supraorbital se curva rumo ao focinho do animal, formando a volta naso-interior e seguindo paralelo ao canal pré-nasal. Em outros, segue paralelo à boca, encontra-se com o canal pré-nasal e funde-se a ele. Não há volta pré-nasal bem definida neste grupo. Algumas espécies apresentam uma leve sinuosidade que pode corresponder à volta pré-nasal reduzida (*B. interrupta* e *S. bonapartii*), um prolongamento simples do canal supraorbital (*A. cyclophora* e *R. agassizi*) ou a total ausência deste componente (*P. extenta*).

O canal infraorbital origina-se no mesmo ponto que o canal supraorbital, anterior à narina, e segue como uma continuação do hiomandibular, linearmente rumo ao focinho até quase atingi-lo.

O canal nasal se origina entre a boca e a narina, direcionado à linha média do corpo. Este canal segue paralelamente à boca por uma curta distância, penetra no disco e volta à superfície ventral anterior à região mediana da boca, onde se origina o canal pré-nasal. Em apenas uma das espécies analisadas (*B. interrupta*), o nasal se funde ao seu antímero e, por isso, o pré-nasal se inicia fundido, separando-se em dois componentes. Nas outras espécies, tanto o nasal quanto o pré-nasal são canais independentes dos seus antímeros. Em ambos os casos, os componentes do pré-nasal seguem paralelos rumo à região anterior do corpo até atingir o focinho.

O canal mandibular é um canal geralmente curto, sem conexão com outros canais. Localizado posteriormente à mandíbula, este canal se estende desde a margem da boca até sua região mediana, não se conectando ao seu antímero.

4.12.1. *Atlantoraja cyclophora*

Em *Atlantoraja*, o canal hiomandibular se origina lateralmente à narina, não conectado a nenhum outro canal (Figura 13). A volta subpleural se encontra bastante posterior à região branquial, estendendo-se para além da metade do disco. No componente interno do canal há uma leve sinuosidade posterior à quinta fenda branquial. O canal hiomandibular apresenta aqui uma grande extensão lateral, ocupando grande parte da área da nadadeira peitoral, quando comparado com as outras espécies da mesma família. Poucos túbulos foram observados neste exemplar, todos voltados para o interior da volta subpleural.

O canal supraorbital apresenta a volta pré-nasal reduzida a um prolongamento direcionado obliquamente à margem lateral do disco, aproximando-se do canal infraorbital sem atingi-lo. Em seguida, forma-se a volta naso-interior e o supraorbital

então passa a correr em direção ao focinho, paralelamente ao canal pré-nasal. O canal infraorbital segue o padrão descrito para a família.

O canal nasal volta à superfície ventral do corpo sem se fundir a seu antímero, dando então origem ao canal pré-nasal, o qual segue o descrito para o grupo, apresentando uma suave curvatura em sua região mais posterior

O canal mandibular é bastante curto, posicionado longitudinalmente ao corpo, entre a boca e a primeira fenda branquial.

4.12.2. *Bathyraja interrupta*

Neste exemplar, a origem do canal hiomandibular ocorre próxima ao ponto em que se iniciam os canais supraorbital e infraorbital e não conectado a nenhum outro canal (Figura 14). A volta subpleural se forma posterior ao quinto par de fendas, aproximadamente a 35% da distância entre a quinta fenda branquial e a margem interna da nadadeira pélvica, ficando não tão distante da região branquial como em *Atlantoraja* e *Rioraja*. A área de extensão lateral deste canal é bastante estreita, assim como visto em *Psammobatis*. Não foram encontrados túbulos neste canal.

O canal supraorbital parte de sua origem em direção à linha média do corpo, apresentando uma suave concavidade em seu trajeto, no lugar da volta pré-nasal. Então, como em *Atlantoraja*, o supraorbital se curva em direção ao focinho, formando a volta naso-interior e segue paralelo ao canal pré-nasal. O canal infraorbital segue o padrão descrito para a família, encerrando-se próximo à margem anterior do disco.

O canal nasal volta à superfície ventral do disco entre a narina e a boca, fundindo-se ao seu antímero anterior à linha mediana da boca. O canal pré-nasal se inicia fundido ao canal nasal e ao seu antímero, apresentando uma suave curvatura em sua região mais posterior.

O canal mandibular se estende posteriormente à boca, desde sua margem até sua região mediana, não se conectando ao seu antímero.

4.12.3. *Psammobatis extenta*

Em *Psammobatis*, a origem do canal hiomandibular ocorre anterior ao ponto de origem dos canais supraorbital e infraorbital e não se encontra conectada a nenhum outro canal (Figura 15). A volta subpleural ocorre na altura da quinta fenda branquial. Não são observadas sinuosidades neste canal além da curvatura ao redor da região branquial e pode-se destacar a presença de um único túbulo na volta subpleural, voltado para o interior desta. Neste exemplar, a volta subpleural é estreita, assim como observado para *Bathyraja*.

O canal supraorbital segue rumo à linha média do disco e, próximo ao canal pré-nasal, curva-se em direção à região anterior do corpo, formando a volta naso-interior e seguindo por este caminho até quase atingir o focinho. Não há indícios da presença da volta pré-nasal. O canal infraorbital segue os padrões descritos para Arhynchobatinae.

O canal nasal não se funde ao seu antímero, assim como o canal pré-nasal. Estes dois canais aparecem contínuos como um só componente, sendo de difícil identificação o término de um e início do outro. O canal mandibular se estende longitudinalmente ao corpo até a altura da terceira fenda branquial.

4.12.4. *Rioraja agassizi*

Nesta espécie, o canal hiomandibular se inicia fundido a si próprio, próximo ao ponto em que se originam os canais infraorbital e supraorbital (Figura 16). A volta subpleural se forma posterior à região branquial, aproximadamente na metade da distância entre a quinta fenda e a margem interna da nadadeira pélvica, assim como em

Atlantoraja. Podem ser observadas algumas sinuosidades neste canal, na altura da quinta fenda branquial, tanto no componente externo do canal, como em seu componente interno. Há ainda a presença de túbulos, sempre orientados para o interior da volta subpleural.

O canal supraorbital apresenta a volta pré-nasal reduzida a uma projeção direcionada obliquamente à margem lateral do disco, assim como encontrado em *Atlantoraja*. Não há volta naso-interior definida, já que o canal se conecta ao pré-nasal, como também observado em *Sympterygia*. O canal infraorbital segue os padrões descritos para a família.

Os canais nasal e pré-nasal não se conectam aos seus respectivos antímeros, formando um canal contínuo, com o pré-nasal apresentando uma suave curvatura em seu trajeto rumo ao focinho. O canal mandibular não foi observado neste exemplar.

Garman (1888) analisou a mesma espécie de *Rioraja*, encontrando o mesmo padrão aqui descrito. No referido trabalho, contudo, o canal supraorbital se apresenta de forma bastante diferente: há a presença das voltas pré-nasal e naso-interior, sendo que após esta última, o canal segue paralelo ao pré-nasal rumo ao focinho até atingi-lo, como acontece em *Atlantoraja*. Garman também observou a presença do canal mandibular, o qual, de acordo com o autor, encontra-se posicionado longitudinalmente ao corpo, rente à margem lateral da boca, estendendo-se posteriormente a esta por uma curta distância.

4.12.5. *Sympterygia bonapartii*

Neste espécie, a origem do canal hiomandibular está conectada ao canal infraorbital, um pouco anterior ao ponto de origem deste canal (Figura 17). A volta subpleural aparece próximo ao nível da quinta fenda branquial, como também

encontrado em *Psammobatis*, e uma suave ondulação pode ser destacada neste componente, além de poucos túbulos subpleurais, voltados para o seu interior. A extensão lateral deste canal é bastante ampla, como também observado em *Atlantoraja* e *Rioraja*.

O supraorbital apresenta duas leves sinuosidades em seu trajeto rumo à linha média do disco e então se funde ao canal pré-nasal. A primeira corresponde à volta pré-nasal reduzida e a segunda encontra-se na mesma posição da volta naso-interior em outras espécies. O canal infraorbital segue o padrão descrito para a família.

O canal nasal não se funde ao seu antímero ao voltar para a superfície ventral do corpo, apresentando-se contínuo ao canal pré-nasal. O canal pré-nasal apresenta uma suave curvatura em sua porção mais posterior, assim como observado também em outras espécies deste grupo (*Atlantoraja cyclophora*, *Bathyraja interrupta*, *Rioraja agassizi*).

O canal mandibular aparece posterior à mandíbula, estendendo-se desde a margem lateral da boca até sua região medial, não se conectando ao seu antímero.

4.13. Família Rajidae: Subfamília Rajinae

Para esta família foram analisados indivíduos das espécies *Dactylobatus clarkii*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Okamejei hollandi*, *Raja binocolata*, *Raja inornata* e *Rajella fuliginea* (Figuras 18 a 23). Neste grupo, o canal hiomandibular se origina entre a boca e a narina, seguindo rumo à região das nadadeiras pélvicas. Posterior ao quinto par de fendas branquiais, o canal se dobra em direção à região anterior do corpo formando a volta subpleural. Das espécies analisadas para esta família, três não apresentam o componente externo do canal hiomandibular e, portanto, não apresentam volta

subpleural. Para estas espécies, foi considerado que o hiomandibular se origina posterior à quinta fenda branquial, seguindo rumo à região anterior do corpo.

Entre a boca e a narina, próximo à sua origem, o hiomandibular se bifurca, dando origem ao canal nasal e, anteriormente a este ponto, bifurca-se novamente, determinando seu fim e o início dos canais supraorbital e infraorbital. O canal supraorbital segue obliquamente em direção à linha mediana do disco e então se curva rumo à margem anterior do disco e volta ao percurso inicial, originando a volta pré-nasal. Logo em seguida à volta pré-nasal, o supraorbital se curva novamente, agora em direção ao focinho, formando a volta naso-interior e seguindo rumo à margem anterior do disco.

O canal infraorbital segue em direção à região anterior do corpo, quase atingindo a margem do disco. O nasal segue em direção à linha média do corpo, penetra no disco e volta à superfície ventral do disco anterior à região mediana da boca, fundindo-se (*Gurgesiella*, *Okamejei*, *Raja* e *Rioraja*) ou não (*Dactyloabtus*) ao seu antímero. Neste mesmo ponto se origina o canal pré-nasal, o qual também pode estar ou não fundido ao seu antímero, para então seguir rumo ao focinho, paralelo ao canal supraorbital.

O canal mandibular sempre se estende entre as margens laterais da boca, podendo se encontrar ou não com seu antímero. Nenhum túbulo foi observado nos canais desta família.

4.13.1. *Dactylobatus clarkii*

Em *Dactylobatus* (Figura 18), não há componente externo do canal hiomandibular e, conseqüentemente, não há volta subpleural. Nesta espécie, o canal hiomandibular se

estende desde a altura da quinta fenda branquial até o ponto em que se originam os canais supraorbital e infraorbital, na altura da margem superior da narina.

O canal supraorbital apresenta volta pré-nasal direcionada à região anterior do disco e próxima à margem, seguida pela volta naso-interior, formada aproximadamente na metade da distância entre o focinho e as narinas. O canal infraorbital segue o padrão descrito para a família.

Nesta espécie, o canal nasal volta à superfície ventral do disco transversalmente ao corpo e não se funde ao seu antímero, assim como o canal pré-nasal. O canal mandibular apresenta dois componentes, os quais se estendem desde a margem lateral até a região mediana da boca.

4.13.2. *Gurgesiella dorsalifera*

Assim como em *Dactylobatus*, esta espécie não apresenta o componente externo do canal hiomandibular e nem a volta subpleural (Figura 19). O canal hiomandibular estende-se desde aproximadamente dois terços da medida entre a quinta fenda branquial e a margem interna da nadadeira pélvica até anterior às narinas. O canal supraorbital se curva apenas uma vez em direção ao focinho, formando a volta naso-interior e seguindo paralelo ao canal pré-nasal. Não há volta pré-nasal nesta espécie.

O canal infraorbital segue o padrão descrito para a família. O canal nasal volta à superfície ventral do disco e se funde ao seu antímero. O canal pré-nasal inicia-se fundido ao seu antímero, seguindo rumo ao focinho, como observado para o grupo.

Nesta espécie, o canal mandibular é contínuo, estendendo-se de uma extremidade a outra da boca, seguindo seu contorno e, por isso, apresentando a forma de uma letra v invertida.

4.13.3. *Okamejei hollandi*

Neste exemplar, o canal hiomandibular se inicia próximo à origem dos canais supraorbital e infraorbital. Sua distribuição apresenta o padrão descrito para a família, com a volta subpleural sendo formada posteriormente à região branquial, aproximadamente na metade da distância entre a quinta fenda e a margem interna da nadadeira pélvica (Figura 20).

O supraorbital se dirige medialmente e, anterior à narina, forma a volta pré-nasal, direcionada à região anterior do disco e bastante próxima à margem do disco, seguida pela volta naso-interior. O canal supraorbital então segue paralelo ao pré-nasal, até atingir o focinho. O canal infraorbital segue o padrão esperado para o grupo. O canal nasal retorna à superfície ventral do disco fundido ao seu antímero.

O canal pré-nasal se inicia também fundido ao seu antímero e então segue rumo ao focinho, como descrito para a família. O canal mandibular se apresenta como um canal único que se estende de uma margem a outra da boca, posteriormente à mandíbula, como também encontrado em *Raja inornata* e *Raja binocolata*.

Okamejei hollandi também foi objeto de estudo no trabalho de Chu & Wen (1979). O padrão de distribuição observado no referido estudo é bastante semelhante ao aqui descrito.

4.13.4. *Raja binocolata*

O canal hiomandibular apresenta algumas sinuosidades em seu trajeto (Figura 21), o que faz com que sua morfologia neste exemplar seja diferente do observado em *Okamejei hollandi* e *Raja inornata*. Sua origem ocorre posterior à origem do canal nasal, o que também difere do encontrado nos outros exemplares.

A volta pré-nasal não se apresenta como em *Dactylobatus* e *Okamejei*, pois encontra-se obliquamente direcionada à margem lateral do disco. O canal infraorbital segue a morfologia proposta para o grupo. O canal nasal volta à superfície ventral do disco e se funde ao seu antímero, como também visto em todo o grupo, exceto *Dactylobatus*.

O pré-nasal apresenta o padrão descrito para a família. O canal mandibular se estende de uma margem da boca a outra, apresentando uma suave curvatura, acompanhando o contorno da boca, fazendo com que tome a forma da letra v invertida, como observado também em *Gurgesiella*.

4.13.5. *Raja inornata*

Este exemplar apresenta o canal hiomandibular bastante semelhante ao de *Okamejei hollandi*, iniciando-se próximo à origem dos canais supraorbital e infraorbital e seguindo a morfologia descrita para a família (Figura 22). A volta pré-nasal se apresenta direcionada à margem lateral do disco, como também visto em *Beringraja binoculata* e em *Raja binoculata*, aproximando-se muito da margem lateral do disco. O canal infraorbital segue o padrão observado para a família.

O canal nasal volta à superfície ventral do disco fundido ao seu antímero. O pré-nasal também apresenta o padrão descrito para a família. O canal mandibular se estende linearmente de uma margem da boca à outra, sem nenhuma reentrância em seu trajeto, como também observado em *Okamejei hollandi*.

4.13.6. *Rajella fuliginea*

Como descrito para *Dactylobatus* e *Gurgesiella*, não há componente externo do canal hiomandibular e nem volta subpleural em *Rajella* (Figura 23). O canal

hiomandibular se estende desde aproximadamente metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem interna da nadadeira pélvica até anterior às narinas, apresentando uma suave sinuosidade na altura da quinta fenda. O canal supraorbital é semelhante ao encontrado em *Dactylobatus* e o canal infraorbital segue o padrão descrito para a família.

O canal nasal é como observado em *Gurgesiella*, fundido ao seu antímero ao voltar para a superfície ventral do corpo. O canal pré-nasal segue o descrito para o grupo, apresentando uma suave concavidade próxima ao seu início, posteriormente à volta naso-interior. O canal mandibular não foi observado nesta espécie.

Garman (1888), Ewart & Mitchell (1895), Chu & Wen (1979) e Maruska (2001), dentre outros, também analisaram espécies da família Rajidae. Garman e Maruska encontraram, cada um, uma espécie que também não apresenta o componente externo do hiomandibular e nem a volta subpleural: *Leucoraja ocellata* e *Raja eglanteria*, respectivamente. Em todas as outras espécies analisadas nestes trabalhos, os padrões encontrados são os mesmos aqui descritos, com diferenças sutis como presença ou não de sinuosidades no hiomandibular, mandibular como canal único ou com dois componentes, volta pré-nasal voltada anteriormente ou obliquamente à margem do disco.

4.14. Família Hexatrygonidae

A espécie *Hexatrygon bickelli* (Figura 24) foi a única estudada para esta família. Aqui, o canal hiomandibular se inicia na linha da margem interna da narina, próximo à margem anterior do disco, seguindo rente a esta. Na altura da boca, o hiomandibular dirige-se à região posterior do disco, seguindo linearmente nesta direção. Próximo às nadadeiras pélvicas, o canal se dobra rumo ao focinho, formando a volta subpleural.

Muitos túbulos são observados desde a origem do hiomandibular até a volta subpleural. Os túbulos subpleurais anteriores chegam a atingir a margem do disco e vão aumentando de tamanho conforme o canal se afasta da margem. Os túbulos laterais e posteriores são bastante longos, mas não chegam a atingir a margem do disco.

Após a volta subpleural, o componente interno do hiomandibular segue rumo ao focinho, se encerrando entre a narina e boca, no mesmo ponto em que se originam os canais nasal, supraorbital e infraorbital. O supraorbital segue em direção ao focinho e, anteriormente à narina, próximo à origem do hiomandibular, se curva brevemente em direção à boca, dando origem à volta pré-nasal. Em seguida, curva-se rumo ao focinho, formando a volta naso-interior. Como o rosto de *Hexatrygon* é repleto de ampolas de Lorenzini, o canal supraorbital aparentemente se encerra antes de atingi-lo.

O canal infraorbital se curva lateroanteriormente rumo à margem do disco, formando a volta infraorbital. Ao atingir a porção anterior do hiomandibular, segue rente a este em direção ao focinho até quase atingi-lo, cruzando com o hiomandibular em seu trajeto. O canal nasal segue paralelo à boca e não chega a penetrar no disco, dobrando-se em direção ao focinho anteriormente à linha mediana da boca. Não foi possível visualizar o canal pré-nasal neste exemplar. O mandibular se localiza posterior à mandíbula, estendendo-se paralelamente de uma margem a outra da boca.

4.15. Família Urotrygonidae

Foram analisados três exemplares da família Urotrygonidae, pertencentes às espécies *Urobotis jamaicensis*, *Urotrygon aspidura* e *Urotrygon rogersi* (Figuras 25 a 27). Neste grupo, a origem do canal hiomandibular ocorre próxima ao canal pré-nasal, na linha mediana do disco, de forma oblíqua à margem anterior do disco. O hiomandibular cruza com o canal infraorbital e pode ou curvar-se rumo à região

posterior do disco ou seguir paralelo à margem do disco até próximo a altura da primeira fenda branquial, afastando-se da margem em direção às nadadeiras pélvicas.

Posterior à quinta fenda branquial, o componente externo do hiomandibular apresenta uma concavidade em direção à linha média do corpo. Próximo à axila das nadadeiras pélvicas, o canal se curva em direção à região anterior do corpo, formando a volta subpleural. O componente interno contorna a região branquial e, anterior a esta, forma uma volta em direção à linha média do corpo, chamada volta jugular. Após esta volta, o canal segue em direção à região anterior do disco e se encerra entre a boca e a narina, formando os canais nasal, supraorbital e infraorbital no mesmo ponto.

Em todos os indivíduos de *Urotrygonidae* estudados foram observados muitos túbulos no componente externo do canal hiomandibular. Em uma das espécies, *Urobotis jamaicensis*, estes túbulos se estendem desde a origem do canal até a volta subpleural. Nas espécies de *Urotrygon*, os túbulos se estendem apenas até o ponto em que o canal se curva, abaixo do quinto par de fendas. Ainda nestas espécies, os túbulos subpleurais anteriores chegam a atingir a margem anterior do disco até, aproximadamente, a altura da boca. Em *Urobotis*, os túbulos são mais curtos e, por isso, se aproximam da margem, do disco, mas não chegam a atingi-la.

O canal supraorbital se inicia junto com o final do hiomandibular e a origem dos canais infraorbital e nasal, seguindo obliquamente em direção ao focinho. Anteriormente à narina, o canal se curva em direção à boca, originando a volta pré-nasal, e então se curva novamente em direção à região anterior do corpo, formando a volta naso-interior e seguindo linearmente em direção ao focinho, atingindo-o.

O canal infraorbital, o qual se origina juntamente com o supraorbital, segue lateroposteriormente em direção à margem do corpo, aproximando-se da volta jugular do hiomandibular, e então se curva rumo à região mediano-anterior do disco, formando

a volta infraorbital. Em seguida, o infraorbital segue paralelo ao componente externo do hiomandibular até atingir o canal supraorbital, mas sem se fundir a este.

O canal nasal deixa seu ponto de origem em direção à boca, penetra no disco lateralmente à narina e então volta à superfície ventral anterior à região mediana da boca, fundido ao seu antímero. Este canal pode seguir seu caminho de forma linear ou apresentar sinuosidades no trajeto entre sua origem e o ponto em que penetra no disco, dependendo do indivíduo analisado. Anterior à região mediana da boca, forma-se o canal pré-nasal, o qual se divide em dois componentes e segue paralelo ao supraorbital rumo ao focinho.

O canal mandibular varia bastante entre os três exemplares aqui estudados. Sempre posterior à mandíbula, pode ser encontrado como um canal único que se estende de uma extremidade à outra da boca ou dividido em dois componentes que se estendem desde a margem da boca até sua região mediana, podendo seguir paralelo ou oblíquo à boca.

4.15.1. *Urobatis jamaicensis*

Neste exemplar, o hiomandibular apresenta a menor extensão lateral do grupo, com seus componentes externo e interno bastante próximos um do outro. Exibe uma suave curvatura posterior à quinta fenda branquial e túbulos curtos que não chegam a atingir a margem do disco e se estendem desde a origem do canal até a volta subpleural (Figura 25). O canal supraorbital não apresenta sinuosidades em seu trajeto e, após a volta naso-interior, não atinge o focinho, encerrando-se aproximadamente na metade da distância entre o focinho e a narina. O canal infraorbital segue a morfologia observada para a família.

O canal pré-nasal também segue o padrão observado para a família, apresentando uma suave concavidade próxima à sua origem. O canal mandibular de *Urobatis* apresenta dois antímeros que se estendem desde a margem da boca até sua região mediana, posicionado obliquamente a esta.

Esta mesma espécie foi observada por Lovejoy (1996) e algumas diferenças com relação ao exemplar aqui analisado foram encontradas. Para Lovejoy, os túbulos do canal hiomandibular são bifurcados e se estendem desde a origem do canal até a altura da quinta fenda branquial, onde o componente externo do hiomandibular apresenta uma suave concavidade. Além disso, os túbulos anteriores chegam a atingir a margem do disco, o que não foi aqui observado.

4.15.2. *Urotrygon aspidura*

Em *U. aspidura*, o hiomandibular corre paralelo à margem anterior do disco e então se curva em direção às nadadeiras pélvicas (Figura 26). Posterior à quinta fenda branquial, o hiomandibular se curva abruptamente em direção à região mediana do disco antes de seguir seu caminho em direção às nadadeiras. A extensão transversal do canal é maior do que em *Urobatis jamaicensis*.

Túbulos são observados desde o início de seu componente anterior até a altura da quinta fenda branquial e um único túbulo foi observado na volta subpleural nesta espécie. Os túbulos aqui são mais longos do que em *Urobatis*, sendo que os anteriores chegam a atingir a margem do disco.

O canal supraorbital segue o caminho descrito para a família, apresentando muitas reentrâncias no trajeto entre sua origem e a volta pré-nasal. Após a volta nasointerior, o supraorbital segue linearmente em direção à região anterior do corpo, até atingir o focinho. O canal infraorbital também segue o padrão descrito para o grupo,

porém compreende uma área maior do que em *Urobatis*, já que a extensão transversal do hiomandibular é maior nesta espécie.

O canal nasal apresenta sinuosidades em seu caminho até penetrar no disco. O canal pré-nasal apresenta a morfologia observada para a família. Já o canal mandibular é diferente do encontrado em *Urobatis*, pois se estende de uma margem à outra da boca, paralela a esta.

4.15.3. *Urotrygon rogersi*

Os canais de *U. rogersi* são semelhantes aos de *U. aspidura*, mas apresentam algumas diferenças. O canal hiomandibular, por exemplo, cruza os canais supraorbital e infraorbital e não só o infraorbital, como observado nas outras duas espécies estudadas para esta família (Figura 27).

U. rogersi apresenta dois túbulos na volta subpleural e seu canal nasal é menos sinuoso do que em *U. aspidura*. O canal mandibular aqui corre paralelo à boca, mas apresenta dois antímeros que se estendem desde a margem da boca até sua região mediana, como em *Urobatis*.

A espécie *Urotrygon microphthalmum* foi estudada por Lovejoy (1996), evidenciando as diferenças que podem existir entre espécie na morfologia dos canais. Em *U. microphthalmum* os componentes interno e externo do hiomandibular não se comunicam e, assim, o componente externo se encerra na altura da quinta fenda branquial, enquanto o componente interno se inicia próximo à axila das nadadeiras pélvicas, seguindo rumo à região anterior do corpo. Como consequência desta morfologia, esta espécie não apresenta volta subpleural. Além disso, os túbulos subpleurais são bifurcados, como já observado pelo mesmo autor para *Urobatis jamaicensis*.

4.16. Família *Dasyatidae*

Para esta família foram analisadas sete espécies, pertencentes a cinco gêneros diferentes: *Dasyatis guttata*, *Dasyatis zugei*, *Himantura imbricata*, *Himantura schmardae*, *Neotrygon kuhlii*, *Pteroplatytrygon violacea* e *Taeniura lymma* (Figuras 28 a 34). No geral, o padrão de distribuição dos canais nesta família apresenta muitas semelhanças com o observado em *Urotrygonidae*.

O canal hiomandibular pode ocupar mais de 70% do comprimento total do disco e se inicia anterior à linha da narina, seguindo lateroanteriormente em direção à margem do disco até quase atingi-la. Após cruzar os canais supraorbital e infraorbital, o hiomandibular passa a seguir rente à margem do disco até que, entre a boca e a primeira fenda branquial, se afasta da margem e se dirige rumo à linha média do disco. Em alguns grupos, este afastamento ocorre de forma brusca, originando o componente em forma de gancho aqui denominado volta lateral.

Da volta lateral, o componente externo do hiomandibular segue rumo à nadadeira pélvica, em um trajeto que pode ser linear em alguns grupos e sinuoso em outros. Posterior ao quinto par de fendas branquiais, próximo à nadadeira pélvica, o hiomandibular se curva rumo à boca, onde forma a volta subpleural. O componente interno contorna a região branquial e se encerra próximo à linha da boca, fundido à origem dos canais nasal, supraorbital e infraorbital.

Anterior à primeira fenda branquial, o componente interno do hiomandibular pode se dobrar em direção à linha média do disco, formando a volta jugular. Túbulos podem ser observados por todo o componente externo do canal, assim como na volta subpleural, dependendo do grupo.

O canal supraorbital se origina próximo à linha da boca, correndo paralelamente à margem do disco em direção ao focinho. Anteriormente à narina, este canal se curva rumo à boca formando a volta pré-nasal. Em seguida, curva-se em direção ao focinho, originando a volta naso-interior e seguindo paralelo ao canal pré-nasal. Assim como o hiomandibular, o supraorbital também pode apresentar um trajeto linear ou sinuoso, de acordo com o grupo estudado.

O canal infraorbital tem sua origem fundida aos canais supraorbital, nasal e hiomandibular e voltada em direção lateroposterior. O canal então se curva em direção ao focinho, formando a volta infraorbital, a qual pode se apresentar de formas bem diversas, dependendo da espécie analisada. Em *Dasyatidae*, o canal infraorbital avança bastante em direção ao focinho e, próximo a este, curva-se em direção à boca.

Direcionado para o interior do disco, o canal nasal penetra no corpo entre a boca e a narina, voltando à superfície ventral anterior à região mediana da boca, fundindo-se ao seu antímero. O canal pré-nasal se inicia fundido antímero e segue linearmente rumo ao focinho até atingi-lo.

Por fim, o canal mandibular está localizado posteriormente à mandíbula e se estende obliquamente de uma margem à outra da boca, também podendo apresentar dois componentes que se estendem desde a margem da boca até sua região mediana.

4.16.1. *Dasyatis guttata*

A volta lateral do canal hiomandibular nesta espécie ocorre bruscamente, semelhante ao observado para *D. zugei* (Figura 28). Também como em *D. zugei*, o componente interno do hiomandibular se curva em direção à linha média do disco posterior à quinta fenda branquial. Túbulos são encontrados em toda a extensão do

componente externo. Há também um único túbulo maior na curva que forma a volta subpleural.

O componente interno do hiomandibular apresenta uma trajetória bastante sinuosa, não sendo possível identificar a presença de uma volta jugular nesta espécie. O canal supraorbital segue o trajeto descrito para a família, porém, como os outros canais neste exemplar, apresenta um trajeto bastante sinuoso.

A volta infraorbital do canal infraorbital se forma na altura da segunda fenda branquial e, a partir deste ponto, o canal se curva ainda muitas outras vezes, também apresentando muitas sinuosidades. A quantidade de meandros e sinuosidades presentes nos canais de *Dasyatis guttata* faz com que estes se assemelhem a mapas hidrográficos.

O canal mandibular apresenta dois componentes que se estendem desde a margem da boca até sua região mediana.

Lovejoy (1996) também analisou os canais de *D. guttata* e a única diferença encontrada quando comparada ao padrão aqui descrito está no canal supraorbital, que não segue paralelo ao pré-nasal rumo ao focinho, encerrando-se próximo à porção posterior do pré-nasal.

4.16.2. *Dasyatis zugei*

Nesta espécie, o trajeto seguido pelo hiomandibular é semelhante ao observado em *D. guttata* (Figura 29). Túbulos podem ser encontrados no componente externo do canal, desde sua origem até o ponto em que se curva rumo à linha média do corpo, posterior à quinta fenda branquial. Podem ser encontrados, ainda, dois pequenos túbulos na curva da volta subpleural, voltados às nadadeiras pélvicas.

A volta pré-nasal do canal supraorbital encontra-se obliquamente voltada ao canal pré-nasal, chegando a se aproximar bastante deste. A volta naso-interior se forma

anterior à narina, contornando-a. A volta infraorbital do canal infraorbital ocorre entre a boca e a primeira fenda branquial, diferentemente do observado para *D. guttata*. Os canais supraorbital e infraorbital correm de forma linear, sem apresentar sinuosidades.

Os canais nasal e pré-nasal seguem o proposto para a família. O canal mandibular se assemelha ao de *D. guttata* e ao da maioria das espécies analisadas para esta família.

Dasyatis zugei também foi estudada por Chu & Wen (1979), que encontraram túbulos subpleurais em toda a extensão do componente externo do hiomandibular, desde sua origem até a volta subpleural. Na extremidade mais anterior do hiomandibular foi observado um único túbulo subpleural bastante comprido, estendendo-se rente à margem do disco até o focinho.

Outras espécies de *Dasyatis* foram estudadas por Garman (1888), Chu & Wen (1979), Lovejoy (1996), Maruska & Trikas (1998), indicando uma grande variação nos padrões de distribuição dos canais dentro do gênero. As principais diferenças se encontram nos canais supraorbital e infraorbital e na presença e extensão dos túbulos subpleurais. *Dasyatis dipterurus*, por exemplo, analisada no trabalho de Garman (1888) apresenta o mesmo padrão de distribuição dos canais, mas seu infraorbital apresenta mais sinuosidades do que em *D. zugei* e menos do que em *D. guttata* e a volta infraorbital ocorre anterior à primeira fenda branquial. O mesmo ocorre em *Dasyatis akajei*, observada por Chu & Wen (1979).

4.16.3. *Himantura imbricata*

Em *Himantura imbricata*, o canal hiomandibular cruza apenas com o canal infraorbital (Figura 30). A volta lateral é mais suave neste grupo do que nas espécies de *Dasyatis*. Túbulos são encontrados apenas até este ponto do componente externo. O

componente interno do hiomandibular apresenta algumas sinuosidades em seu trajeto, principalmente anterior à região branquial. Esta espécie não apresenta volta jugular.

O canal supraorbital apresenta sinuosidades em todo o seu percurso, o qual segue o padrão descrito para a família. Após a volta naso-interior, o supraorbital segue paralelamente ao pré-nasal em direção ao focinho e se encerra na altura da volta pré-nasal. Nesta espécie, o canal infraorbital se inicia sinuosamente rumo à região posterior do corpo, curvando-se lateroanteriormente em direção à margem do disco na linha do segundo par de fendas branquiais, formando a volta infraorbital de forma semelhante ao que ocorre em *D. guttata*.

Em seu trajeto em direção ao focinho, o infraorbital se bifurca, passando a apresentar dois componentes que são unidos entre si por um componente transversal. O componente mais interno do infraorbital segue sinuosamente rumo ao focinho e se encerra próximo à volta pré-nasal, após cruzar o hiomandibular. O componente externo se bifurca novamente originando um componente medial. O mais externo segue paralelo ao hiomandibular, encerrando-se próximo a este, e o componente medial cruza a porção inicial do hiomandibular e segue em direção ao focinho, próximo do qual se dobra em direção à boca, encerrando-se.

Os canais nasal e pré-nasal seguem o proposto para a família e o canal mandibular é semelhante ao encontrado em *Dasyatis* e *Neotrygon*, apresentando dois componentes que se estendem obliquamente à boca desde a sua margem até sua região mediana.

4.16.4. *Himantura schmardae*

Nesta espécie, o canal hiomandibular segue o padrão descrito para a família e, assim como em *H. imbricata*, cruza apenas o canal infraorbital (Figura 31). O hiomandibular segue linearmente até a volta subpleural, apresentando túbulos em sua

porção anterior, até aproximadamente a altura da boca. Não há volta lateral nesta espécie, como também pode ser observado em *Pteroplatytrygon*, *Neotrygon* e *Taeniura*.

O canal supraorbital segue a morfologia proposta para o grupo, mas sua porção terminal não atinge o focinho, encerrando-se entre a narina e o canal infraorbital, próximo à porção posterior do canal pré-nasal. O canal infraorbital apresenta um trajeto repleto de sinuosidades desde a volta infraorbital.

Os canais nasal (nas) e pré-nasal seguem o padrão encontrado em Dasyatidae e o canal mandibular apresenta apenas um componente que se estende de uma margem a outra da boca, exibindo uma curva aguda em seu trajeto, a qual faz com que este canal tenha a forma da letra v invertida.

Várias espécies de *Himantura* foram analisadas por Chu & Wen (1979) e o padrão encontrado para estas espécies se aproxima do aqui observado para *H. imbricata*. *Himantura microphthalmus*, apesar da semelhança, não apresenta bifurcações no infraorbital. Tanto esta espécie, quanto *H. uarnak* e *H. gerrardi* possuem os canais supraorbital e infraorbital com inúmeras sinuosidades, semelhante ao encontrado em *Dasyatis guttata*.

4.16.5. *Neotrygon kuhlii*

O canal hiomandibular de *Neotrygon kuhlii* se inicia muito próximo ao canal supraorbital, mas não fundido a este, e cruza o canal infraorbital rumo à margem do disco (Figura 32). Túbulos são encontrados no componente externo do hiomandibular desde seu início até aproximadamente a altura da boca. Não há volta lateral nesta espécie, como também visto em *Himantura schmardae*, *Pteroplatytrygon* e *Taeniura*. Apenas um túbulo foi observado na curva da volta subpleural nesta espécie.

O supraorbital se encerra na altura da volta pré-nasal, não atingindo o focinho. A volta infraorbital do canal infraorbital se forma entre a boca e a primeira fenda branquial, assim como visto em *D. zugei*.

Os canais nasal (nas) e pré-nasal seguem o padrão esperado para a família e o canal mandibular é semelhante ao encontrado em *Dasyatis* e *Himantura*, formado por dois componentes que se estendem da margem da boca até sua região mediana.

Chu & Wen (1979), em seu trabalho, também analisaram a espécie *Neotrygon kuhlii*, e observaram que a porção inicial do hiomandibular cruza com os canais supraorbital e infraorbital. Para estes autores, o supraorbital segue paralelamente ao pré-nasal até atingir o focinho e não há túbulos subpleural posterior presente na volta subpleural.

4.16.6. *Pteroplatytrygon violacea*

Aqui, o canal hiomandibular se inicia cruzando os canais supraorbital e infraorbital, apresentando túbulos em toda a extensão do componente externo, desde sua origem, até a volta subpleural (Figura 33). Não há volta lateral nesta espécie, como visto em *H. schmardae*.

O canal supraorbital segue linearmente o trajeto proposto para a família e, após a volta naso-interior, mantém-se paralelo ao pré-nasal até atingir o focinho. O canal infraorbital apresenta o padrão descrito para o grupo, sem muitas sinuosidades em seu trajeto. Os canais nasal e pré-nasal também seguem o descrito para a família. O canal mandibular se apresenta como dois componentes, os quais se estendem desde a margem até a região mediana da boca, obliquamente a esta.

Jordan (2008) também estudou a morfologia dos canais em *Pteroplatytrygon violacea*, encontrando um padrão bastante semelhante ao aqui observado. Para Jordan,

porém, o canal supraorbital não segue rumo ao focinho, encerrando-se imediatamente após a volta naso-interior.

4.16.7. *Taeniura lymma*

Nesta espécie, o canal hiomandibular apresenta uma menor extensão lateral quando comparado às outras espécies estudadas para a família (Figura 34). Em seu início, cruza com os canais supraorbital e infraorbital e segue paralelo à margem do disco por uma breve distância, curvando-se suavemente em direção às nadadeiras pélvicas na linha da narina, sem formar a volta lateral. Esta porção do hiomandibular é a única na qual foram observados túbulos subpleurais. A volta subpleural é bastante estreita, com os componentes interno e externo do hiomandibular bem próximos entre si.

Após a volta naso-interior o supraorbital se encerra, não chegando a correr paralelo ao pré-nasal. Os canais infraorbital, nasal e pré-nasal seguem a morfologia observada para a família. O canal mandibular é um canal único que se estende de uma margem à outra da boca, apresentando um trajeto côncavo, dando a este canal a forma da letra u invertida, característica esta também exclusiva entre as espécies estudadas para a família.

Garman (1888) analisou a mesma espécie de *Taeniura*, encontrando o mesmo padrão de distribuição dos canais que o aqui observado. No referido trabalho, porém, constatou-se a presença de túbulos subpleurais em toda a extensão do componente externo do hiomandibular, desde sua origem até a volta subpleural. Outra diferença pode ser observada no canal mandibular, o qual apresenta dois componentes que se estendem desde a margem da boca até sua região mediana em Garman.

4.17. Família Potamotrygonidae

Em Potamotrygonidae foram estudadas oito espécies pertencentes aos quatro diferentes gêneros conhecidos para a família: *Paratrygon aiereba*, *Heliotrygon gomesi*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon falkneri*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* e *Potamotrygon schroederi* (Figuras 35 a 42). Nesta família, o canal hiomandibular se origina próximo à narina, seguindo rumo à região anterior do disco e cruzando os canais supraorbital e infraorbital. Após seguir posteriormente rente à margem por uma curta distância, dirige-se às nadadeiras pélvicas, próximo das quais se curva em direção à região anterior do disco, formando a volta subpleural. Não há volta lateral nos exemplares desta família.

Túbulos subpleurais podem ser encontrados principalmente na porção anterior do componente exterior do hiomandibular e na volta subpleural. Os túbulos subpleurais anteriores chegam a atingir a margem do disco, apesar de muito menos numerosos do que nos outros grupos de Myliobatidae. Os túbulos subpleurais posteriores pode ser bastante compridos, chegando a quase atingir a margem posterior do disco.

O componente interno do hiomandibular contorna a região branquial, seguindo em direção à região anterior do corpo. Anteriormente à primeira fenda branquial, o canal se volta para a linha média do disco, formando a volta jugular. Entre a primeira fenda branquial e a boca, o hiomandibular se encerra e os canais nasal supraorbital e infraorbital se originam.

O supraorbital segue em direção ao focinho e se curva em direção à boca, formando a volta pré-nasal anteriormente à narina, para então curvar-se novamente em direção ao focinho, originando a volta naso-interior, a qual ocorre entre a narina e a boca na maioria das espécies. Este canal se encerra fundido ao fim do canal nasal, início do pré-nasal.

O canal infraorbital varia muito dentro desta família. Como padrão geral, este canal se dirige obliquamente em direção à região posterior do corpo e então se curva em direção ao focinho, formando a volta infraorbital anteriormente à primeira fenda branquial. Na maioria das espécies analisadas, o infraorbital se aproxima da porção anterior do canal hiomandibular e então se curva em direção à região das nadadeiras pélvicas, formando a volta suborbital.

Anteriormente à volta infraorbital, o canal volta a se curvar em direção ao focinho, originando a volta subrostral. Próximo ao focinho, o canal se dobra em direção à boca, encerrando-se bem perto do canal pré-nasal.

Em algumas das espécies analisadas para esta família, o canal infraorbital se ramifica muitas vezes formando vários componentes que seguem em direção ao componente anterior do canal hiomandibular, conectando-se a este canal e dando ao infraorbital um aspecto de colmeia.

Próximo à região da boca, o canal nasal segue em direção à linha média do corpo e penetra no disco, voltando à superfície ventral acima da região mediana da boca, fundido ao seu antímero. Em algumas espécies, o supraorbital se conecta ao nasal neste ponto. O canal pré-nasal se origina no mesmo ponto em que o nasal se encerra, seguindo linearmente em direção ao focinho até atingi-lo. Em algumas espécies, este canal não pode ser observado.

Nas espécies em que foi observado, o canal mandibular se encontra posicionado obliquamente à boca e se estende desde a margem até a região mediana da boca.

4.17.1. *Paratrygon aiereba*

Em *Paratrygon*, o canal hiomandibular se inicia aproximadamente na metade da distância entre a narina e o focinho (Figura 35) e segue rente à margem do disco por

aproximadamente um terço do comprimento da nadadeira peitoral para então se afastar e seguir rumo à região das nadadeiras pélvicas. Até este ponto são encontrados inúmeros túbulos que partem do componente externo do hiomandibular e atingem a margem do disco.

Em seu trajeto rumo à região posterior do disco, o hiomandibular apresenta uma concavidade posteriormente à quinta fenda branquial e então se curva em direção à região anterior do corpo, originando a volta subpleural. Dois túbulos são observados neste componente do canal. Não há volta jugular nesta espécie.

O canal supraorbital segue o padrão descrito para a família. O infraorbital apresenta um peculiar padrão reticulado, no qual o canal se ramifica inúmeras vezes e se conecta ao componente externo do canal hiomandibular, formando várias bolsas que ocupam grande parte da região lateroanterior do disco. Quanto mais próximo ao canal hiomandibular, menores as áreas das bolsas formadas. Os canais nasal e mandibular seguem o padrão descrito para o grupo. O canal pré-nasal não pode ser analisado neste exemplar.

Paratrygon aiereba também foi analisada por Garman (1888), apresentando o mesmo padrão para os canais aqui descrito, com a diferença de que Garman encontrou mais do que dois túbulos subpleurais posteriores na volta subpleural. Neste trabalho pode ser observada a presença do canal pré-nasal, o qual se origina anteriormente à região mediana da boca, no mesmo ponto em que se encerra o canal nasal, seguindo linearmente rumo ao focinho.

4.17.2. *Heliotrygon gomesi*

Heliotrygon apresenta o padrão da linha lateral semelhante ao de *Paratrygon* (Figura 36). O canal hiomandibular se mantém rente à margem do disco até a altura da

primeira fenda branquial, onde se volta para à região posterior do disco. Inúmeros túbulos partem do componente externo do hiomandibular e atingem a margem do disco, podendo ser encontrados em toda a extensão deste componente.

Na altura da terceira fenda branquial, o componente externo do hiomandibular exhibe uma concavidade em direção à linha média do corpo como também encontrado em *Paratrygon*, sendo que aqui este componente apresenta, além de túbulos, bolsas semelhantes às encontradas no infraorbital, mas em quantidade muito menor. Neste exemplar foram observadas três bolsas, mas esse número pode ser variável dentro da espécie.

O canal supraorbital se encerra ao fundir-se à porção posterior do pré-nasal e sua volta pré-nasal é bastante longa nesta espécie, ocupando cerca de dois terços da distância entre o focinho e a narina. O canal infraorbital apresenta o padrão reticulado também observado em *Paratrygon*, o que faz com que este canal ocupe grande parte da região lateroanterior do disco. Os canais nasal (nas) e pré-nasal seguem o padrão descrito para a família e o canal mandibular não foi observado nesta espécie.

4.17.3. *Plesiotrygon iwamae*

Nesta espécie, o canal hiomandibular se inicia próximo à narina e segue paralelo à margem do disco por uma distância mais curta do que em *Paratrygon* e *Heliotrygon* (Figura 37). O componente externo apresenta sinuosidades em seu trajeto em direção às nadadeiras pélvicas, uma característica presente apenas nesta espécie nos exemplares de *Paratrygon* e *Heliotrygon*. Alguns túbulos podem ser observados na porção anterior deste componente, rentes à margem do disco, e também um único túbulo na volta subpleural.

Posteriormente à região branquial, o componente interno apresenta uma curvatura direcionada para a linha média do disco, não observada em *Paratrygon*. Anteriormente à primeira fenda, há a presença da volta jugular, a qual também apresenta uma reentrância em seu trajeto, formando uma pequena alça, única entre os grupos de Potamotrygonidae.

O canal supraorbital segue o descrito para a família. O canal infraorbital, em seu início, apresenta uma concavidade exatamente igual à encontrada no canal jugular, formando uma pequena alça, também única entre os grupos de Potamotrygonidae. Os canais nasal e pré-nasal seguem a morfologia descrita para a família. Não foi possível a análise do canal mandibular nesta espécie.

4.17.4. *Plesiotrygon nana*

Aqui, o canal hiomandibular difere do encontrado em *Plesiotrygon iwamae* em sua extensão transversal: *P. nana* apresenta o hiomandibular mais estreito encontrado na família. Sua origem se dá um anteriormente à narina, adjunto ao canal supraorbital, e seu componente externo não apresenta sinuosidades, seguindo linearmente até às nadadeiras pélvicas (Figura 38). A volta jugular não exhibe concavidade em forma de alça, como visto na outra espécie deste gênero. Nenhum túbulo foi observado nos canais desta espécie.

O canal supraorbital assemelha-se ao descrito para o gênero. No canal infraorbital, a volta infraorbital se forma mais anterior à primeira fenda do que em *P. iwamae* e não há nenhuma sinuosidade nesta porção do canal, como observado para a outra espécie. Os canais nasal e pré-nasal seguem a distribuição observada para a família. O canal mandibular não pode ser analisado para esta espécie.

4.17.5. *Potamotrygon falkneri*

Em *Potamotrygon falkneri* o canal hiomandibular segue o descrito para a família, apresentando túbulos apenas em sua porção anterior e seguindo linearmente até a região posterior do disco (Figura 39). Apenas um túbulo foi encontrado na volta subpleural, encoberto pela nadadeira pélvica.

Os canais supraorbital e infraorbital apresentam trajeto bastante sinuoso, mas seguem a morfologia proposta para a família. O canal nasal também segue o padrão observado para a família, assim como o canal mandibular, sendo que este apresenta uma suave curvatura em seu trajeto. O canal pré-nasal não pode ser observado nesta espécie.

4.17.6. *Potamotrygon motoro*

Os canais de *P. motoro* são semelhantes ao descrito para *P. falkneri* (Figura 40). Aqui, porém, os canais supraorbital e infraorbital apresentam muito menos sinuosidades em sua trajetória. Os canais nasal e mandibular seguem os padrões descritos para o grupo. O canal pré-nasal não pode ser estudado neste exemplar.

Esta espécie também foi estudada por Garman (1888), encontrando o mesmo padrão aqui descrito. No exemplar analisado por Garman, porém, os túbulos subpleurais encontrados na porção anterior do hiomandibular são mais longos e a volta subpleural se forma mais anterior do que na espécie aqui analisada. No referido estudo foi possível a observação do canal pré-nasal, o qual segue a morfologia proposta para a família.

4.17.7. *Potamotrygon orbignyi*

Os canais desta espécie seguem o mesmo padrão observado para as outras espécies de *Potamotrygon*, mas apresenta menos túbulos subpleurais na porção anterior

do hiomandibular (Figura 41). O supraorbital e o infraorbital também apresentam poucas sinuosidades em seu percurso, como em *P. motoro*.

Os canais nasal e mandibular seguem os padrões encontrados para a família. Não foi possível a observação do canal pré-nasal nesta espécie.

4.17.8. *Potamotrygon schroederi*

Os canais desta espécie seguem os padrões descritos para a família, com poucos túbulos subpleurais na porção anterior do hiomandibular (Figura 42). Não foram observados túbulos na volta subpleural, como pode ser encontrado em todas as espécies de *Potamotrygon*.

A volta jugular ocorre mais próxima à região branquial do que nas outras espécies do gênero, fazendo com que a origem dos canais supraorbital, infraorbital e nasal seja mais posterior neste grupo. Os componentes da volta suborbital do infraorbital encontram-se bem próximos entre si e apresentam uma concavidade direcionada à margem do disco, o que dá a estes componentes a forma de uma foice.

Os canais nasal e mandibular seguem os padrões para o grupo e não foi possível a observação do canal pré-nasal.

4.18. Família Gymnuridae

Para a família Gymnuridae foram examinadas cinco espécies diferentes: *Gymnura altavela*, *Gymnura crebripunctata*, *Gymnura marmorata*, *Gymnura micrura* e *Gymnura zonura* (Figuras 43 a 47).

Aqui, o canal hiomandibular se origina próximo à volta naso-interior do supraorbital e, após cruzar com os canais supraorbital e infraorbital, segue rente à margem do corpo percorrendo mais da metade da largura da nadadeira peitoral.

Aproximadamente na altura da quinta fenda branquial, o canal se curva em direção à região posterior do corpo formando a volta lateral.

Próximo à axila das nadadeiras pélvicas, o hiomandibular se curva rumo à região anterior do corpo, originando a volta subpleural. Túbulos subpleurais são encontrados em todo o componente externo do hiomandibular, desde sua origem até a volta subpleural. Os túbulos da porção anterior do hiomandibular chegam a atingir a margem do disco.

Após contornar a região branquial, próximo à linha da boca, o componente interno do hiomandibular se encerra, enquanto os canais nasal, supraorbital e infraorbital são originados. Não há volta jugular em Gymnuridae.

O canal supraorbital se dobra em direção à linha mediana do disco e segue linearmente até entre a narina e o canal pré-nasal, onde se volta para a região posterior do disco, formando a volta naso-interior. Não há volta pré-nasal nesta família.

Na maioria das espécies observadas, o supraorbital encontra-se com o canal pré-nasal em sua porção mais posterior, enquanto em apenas uma das espécies estudadas o supraorbital seguiu paralelo ao pré-nasal, atingindo o focinho.

O canal infraorbital se inicia seguindo lateroposteriormente paralelo à porção anterior do componente externo do hiomandibular, percorrendo este trajeto até mais da metade do comprimento deste componente. Entre a altura da segunda e da terceira fenda branquial, aproximadamente, o infraorbital se curva, retornando pelo mesmo caminho, rente ao hiomandibular e formando a volta infraorbital. Antes de se encerrar, próximo ao pré-nasal, o infraorbital cruza com o componente externo do hiomandibular. Gymnuridae é o único grupo em que o canal infraorbital apresenta extensão lateral tão ampla, ocupando aproximadamente metade da largura da nadadeira peitoral.

O canal nasal segue em direção à linha média do corpo e penetra no disco entre a narina e a boca, voltando à superfície ventral anterior à região mediana da boca, fundido ou não ao seu antímero. O pré-nasal se dirige linearmente em direção ao focinho até atingi-lo. O canal mandibular é um canal único, posterior à mandíbula, o qual se estende de uma margem à outra da boca, paralelo a esta.

4.18.1. *Gymnura altavela*

Nesta espécie, o canal hiomandibular segue o proposto para a família, apresentando túbulos subpleurais em toda a extensão do componente externo deste canal (Figura 43). Os túbulos encontrados na porção anterior do componente apresentam suas extremidades bifurcadas. Esta é a única espécie estudada para a família na qual o canal supraorbital segue rumo ao focinho, paralelamente ao canal pré-nasal. Os canais infraorbital, nasal, pré-nasal e mandibular seguem a morfologia descrita para a família.

Garman (1888) estudou a mesma espécie de *Gymnura*, encontrando o mesmo padrão de distribuição dos canais. No referido trabalho, contudo, os túbulos subpleurais anteriores não são bifurcados em sua porção distal, enquanto alguns poucos túbulos na porção posterior do componente externo apresentam-se bifurcados.

4.18.2. *Gymnura crebripunctata*

Aqui o canal hiomandibular também se apresenta como proposto para a família, com túbulos subpleurais em todo o seu componente externo (Figura 44). Nesta espécie, contudo, os túbulos da porção anterior do canal hiomandibular não aparecem bifurcados, como visto em *Gymnura altavela*.

Após a volta naso-interior, o canal supraorbital aproxima-se muito do canal pré-nasal próximo à sua porção posterior, mas sem se conectar a este. Os canais infraorbital e nasal seguem os padrões descritos para o grupo.

O canal pré-nasal segue linearmente em direção ao focinho, como esperado, e se bifurca em sua porção mais anterior, próximo à margem do disco. O canal mandibular segue a morfologia encontrada para a família.

4.18.3. *Gymnura marmorata*

Em *G. marmorata*, o hiomandibular segue os padrões descritos para o grupo. Túbulos subpleurais são encontrados desde sua origem até o componente mais posterior da volta lateral, com quatro túbulos localizados na volta subpleural, todos direcionados à margem do disco (Figura 45). Esta é a única espécie de Gymnuridae em que se encontrou este padrão para a distribuição dos túbulos subpleurais.

O canal supraorbital se aproxima do pré-nasal após a volta naso-interior, como visto em *Gymnura crebripunctata*. Os canais infraorbital e nasal, seguem o padrão descrito para a família.

Assim como em *G. crebripunctata*, o canal pré-nasal também se bifurca em sua porção mais anterior, próximo ao focinho. O canal mandibular apresenta a mesma morfologia descrita para a família.

4.18.4. *Gymnura micrura*

Os túbulos subpleurais encontrados na porção anterior do componente externo do hiomandibular são bifurcados nesta espécie (Figura 46), assim como observado em *G. altavela*. Há túbulos em toda a extensão do componente externo. O canal supraorbital se aproxima do canal pré-nasal após a volta naso-interior, assim como em *G.*

crebripunctata e *G. marmorata*. Os canais infraorbital, nasal e pré-nasal seguem o padrão descrito para a família. O canal mandibular não pode ser observado neste exemplar.

Maruska (2001) também analisou a morfologia dos canais de *G. micrura*, encontrando o mesmo padrão de distribuição aqui descrito. No referido trabalho, contudo, foi observada a presença de alguns túbulos na porção mais externa do canal infraorbital.

4.18.5. *Gymnura zonura*

Em *Gymnura zonura* (Figura 47), o canal hiomandibular segue o mesmo padrão das outras espécies. Há túbulos em todo o componente externo do hiomandibular, sendo que apenas alguns dos túbulos encontrados na volta lateral são bifurcados em sua porção distal. O canal supraorbital se aproxima do canal pré-nasal após a volta naso-interior, como visto na maioria das espécies analisadas para esta família. Os canais infraorbital, nasal, pré-nasal e mandibular seguem o padrão observado para o grupo.

G. zonura foi também estudada por Chu & Wen (1979) e o mesmo padrão de distribuição dos canais foi encontrado. Para estes autores, contudo, o hiomandibular se inicia rente à margem do disco e, assim, não cruza os canais supraorbital e infraorbital, além do supraorbital seguir paralelo ao pré-nasal rumo ao focinho.

4.19. Família Urolophidae

Para a família Urolophidae foram estudadas duas espécies do gênero *Urolophus*: *U. halleri* e *U. maculatus* (Figuras 48 e 49). Nesta família, o canal hiomandibular se inicia anterior à região da narina, interior à volta pré-nasal do supraorbital. Após cruzar

os canais supraorbital e infraorbital, o hiomandibular segue rumo à região posterior do corpo, repleto por túbulos em seu componente externo.

Posterior à quinta fenda branquial, o canal exibe uma curvatura em direção à linha mediana do disco e então segue rumo às nadadeiras pélvicas, próximo das quais se volta rumo à porção anterior do corpo, formando a volta subpleural, na qual também são encontrados alguns túbulos.

O componente interno do hiomandibular contorna a região branquial e, anterior a esta, se curva bruscamente em direção à linha média do disco, seguido por uma curva em direção à boca (volta jugular). O canal se encerra na altura da boca, onde se originam os canais nasal, supraorbital e infraorbital.

O canal supraorbital segue rumo ao focinho e, anterior à narina, se curva em direção à boca, formando a volta pré-nasal. O supraorbital então se curva novamente em direção ao focinho, formando a volta naso-interior, e se encerra próximo ao início do canal pré-nasal. Sinuosidades são observadas em toda a extensão deste canal.

Em *Urolophus*, o canal infraorbital se inicia lateroposteriormente direcionado, aproxima-se do componente interno do hiomandibular e então se volta para a região anterior do corpo, formando a volta infraorbital. O canal segue paralelo ao componente externo do hiomandibular até próximo ao canal pré-nasal, onde se encerra. O trajeto do infraorbital pode ser sinuoso neste grupo

O canal nasal se origina no mesmo ponto em que o hiomandibular se encerra, seguindo obliquamente em direção à região mediana do disco. Lateralmente à narina, o nasal penetra no disco, voltando à superfície ventral anterior à região mediana da boca, onde se funde ao seu antímero e então se encerra.

O canal pré-nasal se origina no mesmo ponto em que se encerra o canal nasal, seguindo linearmente em direção ao focinho até atingi-lo. O canal mandibular (man) se

estende desde a margem da boca até sua região mediana, posicionado obliquamente a esta e apresentando-se levemente côncavo.

4.19.1. *Urolophus halleri*

Nesta espécie, o canal hiomandibular segue o padrão descrito para a família, apresentando túbulos subpleurais no componente externo do canal desde sua origem até a linha da quinta fenda branquial (Figura 48). Três túbulos foram encontrados na volta subpleural.

O canal supraorbital apresenta algumas ondulações em seu trajeto e sua volta naso-interior se forma anteriormente à narina. O canal infraorbital também apresenta algumas suaves sinuosidades em seu caminho, até aproximar-se do canal pré-nasal. Os canais nasal, pré-nasal e mandibular seguem o descrito para a família.

Urolophus halleri também foi analisada por Garman (1888) e o mesmo padrão de distribuição dos canais foi encontrado. Este autor, porém, observou túbulos subpleurais em toda a extensão do componente externo do hiomandibular, sendo a maioria deles bifurcados.

4.19.2. *Urolophus maculatus*

Aqui, o canal hiomandibular é bastante semelhante ao encontrado em *U. halleri*, apresentando o mesmo padrão morfológico (Figura 49). Os túbulos subpleurais, contudo, podem ser encontrados em toda a extensão do componente externo do hiomandibular, desde sua origem até a volta subpleural.

O canal supraorbital apresenta muitas sinuosidades em seu trajeto e sua volta naso-interior se forma posteriormente à linha da narina, diferentemente o que ocorre na outra espécie estudada para a família. O canal infraorbital segue o padrão descrito para

o grupo, exibindo, contudo, um trajeto muito mais sinuoso do que em *U. halleri*. Os canais nasal, pré-nasal e mandibular seguem o proposto para a família Urolophidae.

4.20. Família Myliobatidae

Foram analisadas três espécies de dois gêneros diferentes para a família Myliobatidae: *Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica* e *Myliobatis freminvillei* (Figuras 50 a 52). Nesta família, o canal hiomandibular se inicia anterior à narina, próximo à volta pré-nasal do supraorbital, e segue em direção à margem anterior do disco, cruzando com os canais supraorbital e infraorbital neste trajeto.

O componente externo do hiomandibular segue paralelo à margem do disco por quase toda a extensão da nadadeira peitoral e então se curva abruptamente, formando a volta lateral e passando a correr paralelo a si mesmo em direção ao focinho. Na altura do primeiro par de fendas branquiais, o canal se volta à região das nadadeiras pélvicas, próximo das quais se forma a volta subpleural. Túbulos subpleurais são encontrados por toda a extensão do componente externo do canal hiomandibular, desde sua origem até a volta subpleural.

O componente interno do hiomandibular apresenta uma curvatura posterior à quinta fenda, em direção à linha média do disco. Este canal então contorna externamente a região branquial e se encerra na altura da boca, onde também se originam os canais nasal, supraorbital e infraorbital. Não foi observada volta jugular em nenhuma das espécies estudadas. Em Myliobatidae, os componentes externo e interno do hiomandibular estão sempre bem próximos um do outro, fazendo com que a área compreendida por este canal seja menor aqui do que em outras famílias.

O canal supraorbital segue obliquamente em direção ao focinho, curvando-se em direção à boca e formando a volta pré-nasal. Em seguida, rente ao canal pré-nasal,

curva-se em direção ao focinho formando a volta naso-interior próxima à linha das narinas. O supraorbital então pode seguir paralelo ao pré-nasal até atingir o focinho ou encerrar-se posteriormente à volta pré-nasal.

O canal infraorbital segue brevemente na direção lateroposterior do corpo e então se curva em direção à região anterior do disco, formando a volta infraorbital próxima à linha da boca e se encerrando ao atingir o focinho. O canal nasal penetra no disco entre a boca e a narina, voltando à superfície ventral anteriormente à região mediana da boca, não fundido ao seu antímero. No mesmo ponto em que o canal nasal se encerra, o canal pré-nasal se origina, seguindo linearmente em direção ao focinho até atingi-lo.

O canal mandibular aparece como um componente único localizado posterior à mandíbula. Este canal se inicia em posição transversal à boca, seguindo em direção a esta. Ao se aproximar da boca, o canal se curva em direção à linha média do corpo, apresentando uma reentrância em seu trajeto rumo à outra margem da boca. Próximo a esta, o canal se dobra em direção à região posterior do disco, encerrando-se na mesma linha em que se inicia. Esta morfologia faz com que o canal mandibular de *Myliobatidae* apresente o um formato parecido ao da letra m.

4.20.1. *Aetomylaeus nichoffi*

Nesta espécie, o canal hiomandibular segue os padrões descritos para a família, apresentando alguns túbulos bifurcados próximos à volta subpleural (Figura 50).

A volta pré-nasal do supraorbital se forma aproximadamente na metade da distância entre o focinho e a narina e, após a volta naso-interior, o supraorbital segue em direção ao focinho, encerrando-se posteriormente à volta pré-nasal, próximo à origem do canal pré-nasal. O canal infraorbital segue o padrão descrito para o grupo.

O canal nasal volta à superfície ventral anteriormente à volta naso-interior. O canal pré-nasal e o canal mandibular seguem a morfologia proposta para a família.

A mesma espécie de *Aetomylaeus* foi analisada por Chu & Wen (1979) e o mesmo padrão de distribuição dos canais pode ser observado. Para estes autores, porém, todos os túbulos subpleurais da porção mais posterior do componente externo do hiomandibular são bifurcados e o canal supraorbital segue paralelo ao pré-nasal até atingir o focinho.

4.20.2. *Myliobatis californica*

Em *M. californica*, o componente externo do canal hiomandibular percorre a margem lateral do disco quase inteira, formando a volta lateral quase ao final da nadadeira peitoral (Figura 51). A concavidade presente no componente interno do canal é mais abrupta aqui do que nas outras espécies estudadas para a família.

A volta pré-nasal do supraorbital se forma próxima à margem anterior do disco, seguida pela volta naso-interior, a qual se forma entre as narinas. Nesta espécie, o supraorbital segue paralelo ao pré-nasal até atingir o focinho, diferindo do encontrado para *Aetomylaeus nichoffi*. O canal infraorbital segue o descrito para o grupo.

O canal nasal volta à superfície ventral do corpo entre as narinas, posteriormente à volta naso-interior. Os canais pré-nasal e mandibular seguem o trajeto proposto para a família.

Os canais ventrais da linha lateral de *Myliobatis californica* também foram estudados por Jordan (2008) e o mesmo padrão de distribuição foi encontrado neste trabalho. Para Jordan, contudo, os túbulos subpleurais encontrados na porção posterior do componente externo do hiomandibular se apresentam bifurcados e o canal supra

orbital não chega a atingir o focinho, encerrando-se próximo à origem do canal pré-nasal.

4.20.3. *Myliobatis freminvillei*

O canal hiomandibular de *M. freminvillei* se assemelha ao de *M. californica*, porém os componentes externo e interno não se aproximam um do outro na região branquial como ocorre na outra espécie deste gênero. A volta lateral também se forma mais anteriormente nesta espécie (Figura 52), não chegando até a margem da nadadeira peitoral. Os canais supraorbital e infraorbital seguem o mesmo padrão de *M. californica*.

O canal nasal volta à superfície ventral do corpo entre as narinas e posteriormente à volta naso-interior. Os canais pré-nasal e mandibular seguem os padrões descritos para Myliobatidae.

Esta espécie foi analisada por Garman (1888) e o mesmo padrão de distribuição foi encontrado. No referido trabalho, contudo, alguns dos túbulos subpleurais presentes no componente externo do hiomandibular se apresentam bifurcados. Também foram encontrados túbulos subpleurais bifurcados no componente interno deste mesmo canal e o canal pré-nasal se origina anteriormente à volta naso-interior do supraorbital.

4.21. **Família Rhinopteridae**

Para esta família foi estudada a espécie *Rhinoptera bonasus* (Figura 53). Nesta espécie não foi possível identificar onde exatamente se inicia o canal hiomandibular. A partir do ponto em que foi possível distingui-lo, próximo à margem lateroanterior do disco, este canal segue rumo à região posterior do corpo, curvando-se lateralmente na altura da boca e seguindo paralelo à margem do disco por quase toda a extensão da

nadadeira peitoral. Próximo ao final da nadadeira peitoral, o canal se curva, formando a volta lateral e voltando pelo mesmo caminho, paralelo a si mesmo. Não foram observados túbulos subpleurais nesta porção do canal.

Na altura da primeira fenda branquial e próximo a esta, o canal se curva em direção à região posterior do corpo e segue assim até metade da distância entre a quinta fenda e as nadadeiras pélvicas, onde se forma a volta subpleural. Túbulos foram observados ao longo desta porção do canal.

O componente interno do hiomandibular segue linearmente em direção à região anterior do corpo, contornando externamente a região branquial. Na linha da boca, o canal se dobra rumo ao focinho, bifurca-se no ponto onde se origina o canal infraorbital e então se encerra entre a narina e a boca, no mesmo ponto em que se iniciam os canais supraorbital e nasal.

O canal supraorbital se inicia entre a narina e boca, seguindo em direção ao focinho. Após percorrer mais da metade da distância entre a narina e o focinho, o canal se curva em direção à boca formando a volta pré-nasal e, posteriormente à narina, na mesma linha em que se origina, se curva novamente, originando a volta naso-interior e seguindo paralelo ao canal pré-nasal até atingir o focinho.

Anteriormente à primeira fenda branquial, aproximadamente na linha da boca, o canal infraorbital se inicia dirigido obliquamente em direção à margem do disco e então se curva em direção à linha média do disco, formando uma alça, correspondente à volta infraorbital. O infraorbital segue rente ao componente interno do hiomandibular até próximo da origem dos canais nasal e supraorbital, afastando-se ligeiramente deste para então seguir rumo ao focinho, até atingir a margem anterior do disco. Este é o único grupo de Batoidea em que o canal infraorbital se origina posteriormente ao canal nasal.

O canal nasal se origina no mesmo ponto em que se encerra o hiomandibular e se inicia o supraorbital, entre a narina e a boca. O canal segue obliquamente em relação à boca, penetra no disco e volta à superfície ventral na linha da narina, anteriormente à volta naso-interior, encontrando-se com o seu antímero. O canal pré-nasal se inicia como um canal único e então se bifurca, com seus dois componentes seguindo paralelos até o focinho.

Em *Rhinoptera*, semelhante ao que ocorre na família Myliobatidae, o canal mandibular se apresenta como um canal único que se inicia na linha da primeira fenda branquial. Neste grupo, porém, se inicia paralelo à boca e se curva em direção a região anterior do corpo, seguindo assim até o ponto em que se dobra novamente, próximo à boca, agora seguindo paralelo a esta. O canal apresenta uma suave reentrância em seu trajeto e então espelha o mesmo caminho seguido na outra metade do disco: paralelo à boca, curva-se rumo à região posterior do corpo e então, na linha da primeira fenda branquial, segue paralelo à boca novamente. Essa morfologia dá ao canal mandibular desta espécie a forma da letra m.

5. DISCUSSÃO

5.1. Proposta de sinonímias a partir de hipóteses de homologia

5.1.1 Justificativa para propostas de sinônimos dos canais ventrais da linha lateral em Batoidea

Garman, em 1888, afirmou que a forma mais apropriada de designar os canais da linha lateral e seus componentes é utilizar-se dos nomes das porções do corpo

atravessadas por estes canais ou dos órgãos dos quais se aproximam. Assim, o canal que corre posteriormente à órbita recebe o nome de suborbital (Garman, 1888).

Ewart & Mitchell (1895), em seu trabalho no qual descrevem o sistema sensorial de *Dipturus batis*, um Rajiforme, utilizaram-se de informações acerca da inervação destes canais para propor uma nova nomenclatura. Desta forma, o canal suborbital de Garman (1888) é chamado de canal infraorbital ao se considerar tal canal sendo innervado por um ramo do tronco infraorbital do nervo facial (VII).

Em um estudo mais abrangente, contemplando cerca de 30 espécies de Batoidea e, conseqüentemente, resultando em um maior conhecimento das variações anatômicas encontradas no sistema de linha lateral deste grupo, Chu & Wen (1979) empregaram uma nomenclatura híbrida de Garman (1888) e Ewart & Mitchell (1895). Com base nas novas conclusões acerca deste sistema, novos componentes foram descritos e nomeados.

Desde então, diversos trabalhos utilizaram-se da hibridização de nomenclaturas destes três trabalhos (Garman, 1888; Ewart & Mitchell, 1895; Chu & Wen, 1979), sendo que alguns incluíram modificações próprias, de acordo com o propósito de cada trabalho (e.g. Lovejoy, 1996; McEachran, 1996; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Jordan, 2008; Shibuya *et al.* 2010; Carvalho *et al.*, 2011; Marzullo *et al.* 2011; Abe *et al.*, 2012). Criou-se, assim uma variedade de nomenclaturas para os canais e componentes da linha lateral, baseadas tanto em critérios topológicos, como em inervações.

Abe *et al.* (2012) reforçam a importância da inervação como caráter referencial para a nomenclatura pelo fato de os canais serem contínuos e seus limites nem sempre serem claros. Apesar de examinada em apenas sete espécies de três diferentes ordens de Batoidea, a relação entre os canais hiomandibular e escapular da linha lateral e suas

respectivas inervações pareceu ser consistente, oferecendo uma forma de identificação mais confiável, ao menos nestes dois casos (Abe *et al.*, 2012).

O padrão de inervação dos canais da linha lateral encontrado por Abe *et al.* (2012) é o mesmo descrito para tubarões por Daniel (1934) e Boord & Campbell (1977) e para raias por Ewart & Mitchell (1895) e Maruska & Tricas (1998). Contudo, divergências em relação às associações entre linha lateral e inervação podem ser encontradas. Para Ewart & Mitchell (1895), Daniel (1934) e Maruska & Tricas (1998), por exemplo, o canal mandibular apresenta a mesma inervação que o canal hiomandibular: ambos estariam relacionados ao ramo mandibular externo do componente anterior do nervo da linha lateral. Para Abe *et al.* (2012), porém, o mesmo canal mandibular é associado ao ramo bucal do mesmo componente anterior do nervo da linha lateral.

Tal discrepância mostra que a inervação nem sempre pode ser considerada constante. Em musculatura craniana de vertebrados, por exemplo, Edgeworth (1935) afirma que há músculos homólogos que podem apresentar inervações diferentes, pois ramos nervosos ou músculos podem ser perdidos, adicionados ou alterados. Soares & Carvalho (2013) corroboraram as afirmações de Edgeworth (1935) ao descreverem variações na relação entre o músculo intermandibulari e os nervos V, em *Chlamydoselachus*, e VII, em Hexanchidae. Portanto, pode-se afirmar que um conhecimento aprofundado da anatomia de um grande número de espécies é necessário para que se entendam possíveis homologias.

De acordo com Remane (1956), há três principais critérios para se identificar homologias: (1) topografia – a localização de um órgão ou estrutura em seu contexto anatômico; (2) qualidade – um caráter específico o qual permita que um órgão ou estrutura seja reconhecido mesmo quando isolado do organismo; (3) continuidade –

mesmo órgãos diferentes podem ser unidos por uma série contínua de estruturas intermediárias. Patterson (1982) propõe que uma homologia pode ser testada na presença de outras que definem o mesmo clado. Se há conflito entre estes caracteres, a hipótese deve ser revista e assim corroborar ou não a validade desta homologia.

A divergência na nomenclatura dos canais da linha lateral entre os diferentes autores se explica pela utilização de diferentes referenciais anatômicos e pela baixa amostragem de espécies, o que não permite um conhecimento aprofundado das variações morfológicas. Assim, com base nas observações realizadas durante o presente trabalho e em uma compilação obtida através da literatura existente acerca do sistema sensorial de linha lateral em Batoidea, uma lista de sinônimos para os canais ventrais deste sistema foi elaborada, considerando as possíveis homologias entre os canais das diferentes espécies analisadas.

Os termos aqui utilizados não seguem apenas uma das propostas, sendo resultantes da influência das nomenclaturas sugeridas principalmente por Garman (1888), Ewart & Mitchell (1895) e Chu & Wen (1979). Os nomes em negrito indicam a terminologia para os canais empregada neste trabalho, seguidos por uma breve explicação sobre a utilização dos devidos nomes e seus respectivos sinônimos.

5.1.2. Lista de sinônimos para os canais ventrais do sistema de linha lateral em Batoidea

Canal hiomandibular

O nome hiomandibular foi utilizado pela primeira vez por Ewart & Mitchell (1895) ao observarem que este canal é inervado pelo ramo hiomandibular do nervo facial (XII). Trabalhos mais recentes (Maruska & Tricas, 1998; Abe *et al.*, 2012)

também analisaram a inervação dos canais da linha lateral e puderam corroborar tal informação. É o nome mais utilizado para este canal.

Canal pleural (Pleural canal) – Garman, 1888

Canal hiomandibular (Hyomandibular canal) – Ewart & Mitchell, 1895; Cole, 1897; Tester & Kendall, 1969; Chu & Wen, 1979; Jacob & McEachran, 1994; Lovejoy, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Rosenberger, 2001; Carvalho *et al.*, 2004; Jordan, 2008; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Lovejoy, 2011; Carvalho & Ragno, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b; Marzullo *et al.*, 2011; Wueringer *et al.*, 2011; Abe *et al.*, 2012

Componente externo do canal hiomandibular

Como foram observadas diferenças na anatomia deste componente entre as espécies, houve a necessidade de diferenciá-lo dos outros canais. A terminologia baseia-se na topologia do componente.

Canal pleural (Pleural canal) – Garman, 1888

Canal hiomandibular (Hyomandibular canal) - Ewart & Mitchell, 1895; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Carvalho *et al.*, 2004; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Ragno, 2011; Marzullo *et al.*, 2011; Wueringer *et al.*, 2011; Abe *et al.*, 2012

Canal hiomandibular e volta subpleural interna (Hyomandibular canal e inner subpleural loop) – Chu & Wen (1979)

Componente subpleural do hiomandibular (Subpleural component of the hyomandibular canal) – Lovejoy, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Rosenberger,

2001; Carvalho & Lovejoy, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b

Componente interno do canal hiomandibular

Assim como para o componente externo deste canal, aqui também foram encontradas diferenças anatômicas entre as espécies e, por isso, a necessidade de diferenciá-lo. A terminologia deste componente leva em conta a sua topologia.

Canal pleural e canal orbito-nasal (Pleural canal e orbito-nasal canal) – Garman, 1888

Canal hiomandibular (Hyomandibular canal) – Ewart & Mitchell, 1895; Chu & Wen, 1979; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Carvalho *et al.*, 2004; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Ragno, 2011; Marzullo *et al.*, 2011; Wueringer *et al.*, 2011; Abe *et al.*, 2012

Componente jugular do hiomandibular (Jugular component of the hyomandibular canal) – Lovejoy, 1996; Carvalho & Lovejoy, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b

Volta lateral do canal hiomandibular

Encontrado apenas em alguns grupos de Myliobatiformes, sua terminologia baseia-se tanto da topografia do canal, quanto no termo cunhado por Lovejoy (1996)

Canal pleural (Pleural canal) – Garman, 1888

Volta subpleural externa (Outer subpleural loop) – Chu & Wen, 1979

Gancho lateral (Lateral hook) – Lovejoy, 1996; Rosemberger, 2001; Carvalho *et al.*, 2004

Canal hiomandibular (Hyomandibular canal) – Maruska & Tricas, 1998;
Maruska, 2001

Volta subpleural do canal hiomandibular

Exclusivo de raias, este componente foi classificado como um canal por Garman (1888) – canal subpleural - e não como parte do canal hiomandibular. Ewart & Mitchell (1895) mostraram se tratar de uma porção do canal hiomandibular já que também apresenta inervação pelo mesmo ramo do nervo facial (VII). O nome aqui utilizado segue o proposto por Chu & Wen (1979).

Canal subpleural (Subpleural canal) – Garman, 1888

Volta ventral (Ventral loop) – Ewart & Mitchell, 1895

Volta subpleural (Subpleural loop) – Chu & Wen, 1979; Jacob & McEachran, 1994; Lovejoy, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Maruska, 2001; Carvalho & Ragno, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b

Canal hiomandibular (Hyomandibular canal) - Maruska & Tricas, 1998; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Lovejoy, 2011; Marzullo *et al.*, 2011; Wueringer *et al.*, 2011; Abe *et al.*, 2012

Componente subpleural do hiomandibular (Subpleural component of the hiomandibular) – Rosemberger, 2001; Carvalho *et al.*, 2004

Volta jugular do canal hiomandibular

Porção do componente interno do hiomandibular, encontrado apenas em alguns grupos de Myliobatiformes. Para a maioria dos autores, este componente não se diferencia do canal hiomandibular, mas, assim como para os componentes externo e interno, foram observadas diferenças na anatomia deste componente entre as espécies

analisadas que justificam a particularização. A terminologia se baseia na nomenclatura utilizada em alguns dos trabalhos mais recentes acerca da família Potamotrygonidae (e.g. Carvalho & Ragno, 2011; Carvalho *et al.*, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; b), os quais apresentam descrições bastante detalhadas.

Canais angular e jugular (Angular canal e jugular canal) – Garman, 1888

Canal hiomandibular (Hyomandibular canal) – Chu & Wen, 1979; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Lovejoy, 2011; Marzullo *et al.*, 2011

Componente angular do hiomandibular (Angular component of the hiomandibular canal) - Lovejoy, 1996

Canal jugular (Jugular canal) - Carvalho & Ragno, 2011; Carvalho *et al.*, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b

Canal supraorbital

Ewart & Mitchell (1895) foram os primeiros a utilizar o nome supraorbital para este canal, com base em sua inervação pelo ramo oftálmico superior do nervo facial (VII). De acordo com Beard (1892), o ramo oftálmico é parte de um tronco supra-branquial de nervos responsáveis pelos órgãos sensoriais na região supraorbital.

Canal subrostral (Subrostral canal) – Garman, 1888

Canal supraorbital (Supraorbital canal) – Ewart & Mitchell, 1895; Maruska & Tricas, 1998; Chu & Wen, 1979; Jacob & McEachran, 1994; Lovejoy, 1996; Maruska, 2001; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Lovejoy, 2011; Carvalho & Ragno, 2011; Carvalho *et al.*,

2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b; Marzullo *et al.*, 2011; Wueringer *et al.*, 2011; Abe *et al.*, 2012

Volta pré-nasal do canal supraorbital

A maioria dos trabalhos não diferencia esta porção do canal supraorbital. Contudo, diferenças anatômicas neste componente foram observadas entre as espécies, justificando a particularização, assim como com os componentes externo, interno e volta jugular do hiomandibular. A terminologia aqui adotada segue a nomenclatura proposta por Chu & Wen (1979).

Canal subrostral (Subrostral canal) – Garman, 1888

Canal supraorbital (Supraorbital canal) – Ewart & Mitchell, 1895 ; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Lovejoy, 2011; Carvalho & Ragno, 2011; Marzullo *et al.*, 2011; Wueringer *et al.*, 2011

Volta pré-nasal (Prenasal loop) – Chu & Wen, 1979; Jacob & McEachran, 1994; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b

Componente orbitonasal (Orbitonasal component) – Carvalho *et al.*, 2011

Volta naso-interior do canal supraorbital

Assim como a volta pré-nasal do supraorbital e os componentes e voltas do hiomandibular, a volta naso-interior não é individualizada pela maioria dos autores. As diferenças anatômicas encontradas nesta volta entre as espécies justifica a necessidade da distinção deste componente. A terminologia aqui utilizada segue a nomenclatura proposta por Chu & Wen (1979).

Canal subrostral (Subrostral canal) – Garman, 1888

Canal supraorbital (Supraorbital canal) – Ewart & Mitchell, 1895; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Lovejoy, 2011; Carvalho & Ragno, 2011; Marzullo *et al.*, 2011; Wueringer *et al.*, 2011

Volta naso-interior (Innernasal loop) – Chu & Wen, 1979

Canal infraorbital

Este nome foi proposto por Ewart & Mitchell (1895) ao considerarem tal canal como sendo inervado pelo ramo bucal do nervo facial (VII), o qual passa por baixo da órbita ocular. Trabalhos recentes (e.g. Maruska & Tricas, 1998; Abe *et al.*, 2012) corroboraram a inervação deste canal, consolidando a terminologia.

Canal suborbital (Suborbital canal) – Garman, 1888

Canal infraorbital (Infraorbital canal) – Ewart & Mitchell, 1895; Chu & Wen, 1979; Jacob & McEachran, 1994; Lovejoy, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Rosemberger, 2001; Carvalho *et al.*, 2004; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Lovejoy, 2011; Carvalho & Ragno, 2011; Marzullo *et al.*, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b; Wueringer *et al.*, 2011; Abe *et al.*, 2012

Volta infraorbital do canal infraorbital

Exclusivo de Myliobatiformes, este componente não se diferencia do canal infraorbital para a maioria dos autores, assim como acontece com os componentes e voltas dos canais hiomandibular e supraorbital. A presença de diferenças anatômicas

nesta volta encontradas entre as espécies observadas explica a sua individualização. A terminologia aqui utilizada segue a nomenclatura proposta por Chu & Wen (1979).

Canal suborbital (Suborbital canal) – Garman, 1888

Volta infraorbital (Infraorbital loop) – Chu & Wen, 1979; McEachran *et al.*, 1996; Carvalho & Ragno, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b

Canal infraorbital (Infraorbital canal) - Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Shibuya *et al.*, 2010; Marzullo *et al.*, 2011

Componente suborbital (Suborbital component) – Rosemberger, 2001; Carvalho *et al.*, 2004; Carvalho & Lovejoy, 2011

Volta suborbital do canal infraorbital

Componente encontrado apenas em Myliobatiformes, a maioria dos trabalhos não a distingue do canal infraorbital. Da mesma forma que como acontece com a volta infraorbital e com os componentes e voltas dos canais hiomandibular e supraorbital, a necessidade de individualização deste componente se dá pela presença de diferenças anatômicas encontradas entre as espécies estudadas. A terminologia usada é a mesma proposta por estudos recentes com a família Potamotrygonidae (Carvalho & Ragno, 2011; Carvalho *et al.* 2011; Silva & Carvalho, 2011a;b).

Canal suborbital (Suborbital canal) – Garman, 1888

Canal infraorbital (Infraorbital canal) – Chu & Wen, 1979; Maruska, 2001; Shibuya *et al.*, 2010

Componente suborbital (Suborbital component) – Rosemberger, 2001; Carvalho *et al.*, 2004; Carvalho & Lovejoy, 2011

Volta suborbital (Suborbital loop) - Carvalho & Ragno, 2011; Carvalho *et al.*, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b

Canal nasal

Este canal teve seu nome proposto pela primeira vez por Garman (1888), baseado em sua topografia: posterior às narinas. Ewart & Mitchell (1895), Maruska & Tricas (1998). Maruska (2001) e Abe *et al.* (2012), contudo, consideram o canal nasal como sendo parte do canal infraorbital por apresentarem a mesma inervação. A terminologia aqui utilizada segue a nomenclatura proposta por Garman (1888) e consolidada pela maioria dos trabalhos acerca de linha lateral em Batoidea.

Canal nasal (Nasal canal) – Garman, 1888; Chu & Wen, 1979; Jacob & McEachran, 1994; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Lovejoy, 2011; Marzullo *et al.*, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b; Wueringer *et al.*, 2011

Canal infraorbital (Infraorbital canal) – Ewart & Mitchell, 1895; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Abe *et al.*, 2012

Componente nasal do infraorbital (Nasal component of infraorbital canal) - Lovejoy, 1996

Canal pré-nasal

Assim como o canal nasal, o pré-nasal também é considerado componente do canal infraorbital por Ewart & Mitchell (1895), Maruska & Tricas (1998), Maruska (2001) e Abe *et al.* (2012) devido ao fato de estes dois canais apresentarem a mesma inervação. No presente trabalho, o pré-nasal foi considerado um canal independente,

levando em conta sua topografia (anterior à narina) e a nomenclatura sugerida por Garman (1888).

Canais medial e pré-nasal (Median canal e pre-nasal canal) – Garman, 1888; Jacob & McEachran, 1994

Canal infraorbital (Infraorbital canal) – Ewart & Mitchell, 1895; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Abe *et al.*, 2012

Canais medial e pré-nasal, volta subrostral (Median canal, prenasal canal e subrostral loop) – Chu & Wen, 1979

Componente pré-nasal do infraorbital (Prenasal component of the infraorbital canal) – Lovejoy, 1996

Canal pré-nasal (Prenasal canal) - Wueringer & Tibbetts, 2008; Carvalho & Ragno, 2011; Marzullo *et al.*, 2011; Wueringer *et al.*, 2011

Canal nasal (Nasal canal) - Shibuya *et al.*, 2010;

Componente pré-nasal do nasal (Prenasal component of nasal canal) - Carvalho & Lovejoy, 2011

Canal mandibular

O canal mandibular foi considerado como parte do canal hiomandibular por Ewart & Mitchell (1895), já que ambos os canais apresentam a mesma inervação. Apesar de corroborarem a inervação, Maruska & Tricas (1998) e Abe *et al.* (2012) consideram o canal mandibular como um canal independente, como a maioria dos autores. A terminologia aqui utilizada baseia-se na nomenclatura sugerida por Chu & Wen (1979).

Canal oral (Oral canal) – Garman, 1888

Porção mandibular do canal hiomandibular (Mandibular portion of hyomandibular canal) – Ewart & Mitchell, 1895

Canal mandibular (Mandibular canal) – Chu & Wen, 1979; Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Wueringer & Tibbetts, 2008; Shibuya *et al.*, 2010; Carvalho & Ragno, 2011; Marzullo *et al.*, 2011; Silva & Carvalho, 2011a; Silva & Carvalho, 2011b; Wueringer *et al.*, 2011; Abe *et al.*, 2012

Canal abdominal

Encontrado apenas em *Rhynchobatus*, *Rhinobatos*, *Zapteryx* e *Platyrrhina*, o canal abdominal segue a terminologia proposta por Chu & Wen (1979), baseada em sua topografia.

Canal esternal (Sternal canal) – Garman, 1888

Canal abdominal (Abdominal canal) – Chu & Wen, 1979; McEachran *et al.*, 1996; Wueringer & Tibbetts, 2008; Wueringer *et al.*, 2011; Abe *et al.*, 2012

5.2. Caracteres filogenéticos dos canais ventrais do sistema de linha lateral em Batoidea

A partir das diferenças encontradas na morfologia dos canais ventrais do sistema de linha lateral das espécies de Batoidea analisadas, foi proposta uma lista de variações, as quais poderão ser testadas como caracteres filogenéticos.

Canal hiomandibular

Caráter 1 - Volta subpleural do canal hiomandibular

0. Ausente (*Pristiophorus japonicus*, *Dactylobatus clarkii*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Rajella fuliginea*)

1. Estreita, anterior e próxima à primeira fenda branquial (*Anoxypristis cuspidata*, *Pristis pristis*, *Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevirostris*)
2. Estreita, anterior à primeira fenda branquial, próxima à linha da boca (*Rhina ancylostoma*)
3. Estreita, próxima à linha da quarta fenda branquial (*Platyrhina sinensis*)
4. Ampla, posterior à quinta fenda branquial, próxima a esta (*Sympterygia bonapartii*)
5. Ampla, na metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem posterior do disco (*Atlantoraja cyclophora*, *Rioraja agassizi*)
6. Estreita, posterior e próxima à quinta fenda branquial (*Zanobatus schoenleinii*, *Bathyraja interrupta*, *Psammobatis extenta*, *Raja inornata*)
7. Estreita, na metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem posterior do disco (*Okamejei hollandi*, *Raja binoculata*)
8. Estreita, posterior à metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem do disco (*Hexatrygon bickelli*, *Urobatis jamaicensis*, *Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*, *Dasyatis guttata*, *Dasyatis zugei*, *Himantura imbricata*, *Himantura schmardae*, *Neotrygon kuhlii*, *Pteroplatytrygon violaceae*, *Taeniura lymma*, *Paratrygon aiereba*, *Heliotrygon gomesi*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon falkneri*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon schroederi*, *Urolophus halleri*, *Urolophus maculatus*, *Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*, *Rhinoptera bonasus*)

9. Ampla, posterior à metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem do disco (*Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. micrura*, *G. zonura*)

Caráter 2 - Origem do canal hiomandibular

0. Próxima à primeira fenda branquial (*Pristiophorus japonicus*)
1. Entre a narina e a boca, posterior à origem do canal nasal, rente à margem lateral do disco (*Anoxypristis cuspidata*, *Pristis pristis*, *Rhina ancylostoma*, *Rhynchobatus djiddensis*)
2. Próxima à origem dos canais supraorbital e infraorbital, lateral à narina, rente à margem do disco (*Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevirostris*)
3. Próxima à origem dos canais supraorbital e infraorbital, rente ao infraorbital, anterior à narina (*Platyrhina sinensis*, *Bathyraja interrupta*, *Psammobatis extenta*)
4. Próxima à origem dos canais supraorbital e infraorbital, rente ao componente interno do hiomandibular, lateral à narina (*Atlantoraja cyclophora*, *Okamejei hollandi*, *Raja inornata*)
5. Fundida ao canal infraorbital, anterior à narina (*Rioraja agassizi*, *Sympterygia bonapartii*)
6. Próxima à origem do canal nasal, rente ao componente interno do hiomandibular, entre a narina e a boca (*Raja binoculata*)
7. Na mesma linha da quinta fenda branquial (*Dactylobatus clarkii*)
8. Aproximadamente na metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem posterior do disco (*Gurgesiella dorsalifera*, *Rajella fuliginea*)

9. Próxima à linha mediana do disco, anterior à narina, posterior ao ponto médio entre o focinho e narina (*Zanobatus schoenleinii*, *Hexatrygon bickelli*, *Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*, *Dasyatis guttata*, *Dasyatis zugei*, *Himantura imbricata*, *Himantura schmardae*, *Neotrygon kuhlii*, *Pteroplatytrygon violaceae*, *Taeniura lymma*, *Paratrygon aiereba*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbigny*, *P. schroederi*, *Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. micrura*, *G. zonura*, *Urolophus halleri*, *Urolophus maculatus*, *Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*)
10. Próxima à linha mediana do corpo, anterior à narina, no ponto médio entre o focinho e narina (*Urobatis jamaicensis*, *Heliotrygon gomesi*, *Myliobatis freminvillei*)

Caráter 3 – Componente externo do canal hiomandibular

0. Ausente (*Pristiophorus japonicus*, *Dactylobatus clarkii*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Rajella fuliginea*)
1. Linear (*Anoxypristis cuspidata*, *Pristis pristis*, *Rhina ancylostoma*, *Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevirostris*, *Platyrrhina sinensis*, *Atlantoraja cyclophora*, *Bathyraja interrupta*, *Psammobatis extenta*, *Sympterygia bonapartii*, *Okamejei hollandi*, *Raja inornata*)
2. Linear, com inúmeras sinuosidades em seu trajeto (*Zanobatus schoenleinii*)
3. Concavidade na altura da região branquial em direção à linha média do disco (*Rioraja agassizi*, *Raja binoculata*)

4. Concavidade posterior à quinta fenda branquial em direção à linha média do disco (*Urobatis jamaicensis*)
5. Paralelo à margem anterior do disco, afastando-se desta na altura da boca; segue linearmente rumo à região posterior do corpo (*Hexatrygon bickelii*, *Himantura schmardae*, *Neotrygon kuhlii*, *Pteroplatytrygon violaceae*, *Taeniura lymma*)
6. Paralelo à margem anterior do disco, afastando-se desta na altura da boca; concavidade posterior à quinta fenda branquial em direção à linha média do disco (*Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*, *Paratrygon aiereba*, *Urolophus halleri*, *Urolophus maculatus*)
7. Paralelo à margem anterior do disco, afastando-se desta na altura da boca; concavidade posterior à quinta fenda branquial em direção à linha média do disco; componente apresenta bifurcações que voltam a se unir, formando bolsas como o infraorbital (*Heliotrygon gomesi*)
8. Paralelo à margem anterior do disco por uma distância curta, sem concavidades em seu trajeto (*Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon falkneri*, *P. orbigny*, *P. motoro*, *P. schroederi*)
9. Paralelo à margem anterior do disco por uma distância curta; concavidade posterior à quinta fenda branquial em direção à linha média do disco (*Plesiotrygon iwamae*)
10. Paralelo à margem anterior do disco, afastando-se desta bruscamente em direção à linha média do disco, formando a volta lateral na altura da linha da boca; concavidade posterior à quinta fenda branquial em direção à linha média do disco (*Dasyatis guttata*, *Dasyatis zugei*, *Himantura imbricata*)

11. Paralelo às margens anterior e lateral do disco por quase todo o contorno da nadadeira peitoral, volta lateral na altura da quinta fenda branquial com angulação aproximada de 45° (*Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. micrura*, *G. zonura*)
12. Paralelo às margens anterior e lateral do disco por quase todo o contorno da nadadeira peitoral, volta lateral na altura da quinta fenda branquial com angulação aproximada de 5° (*Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*, *Rhinoptera bonasus*)

Caráter 4 - Componente interno do canal hiomandibular

0. Linear (*Pristiophorus japonicus*, *Anoxypristis cuspidata*, *Pristis pristis*, *Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevirostris*)
1. Inflexão na altura da boca em direção à margem do disco (*Rhina ancylostoma*)
2. Suavemente curvo, sem inflexões em seu trajeto (*Platyrrhina sinensis*, *Psammobatis extenta*, *Sympterygia bonapartii*, *Dactylobatus clarkii*, *Raja inornata*, *Hexatrygon bickelli*, *Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. micrura*, *G. zonura*)
3. Suavemente curvo, com muitas sinuosidades em seu trajeto (*Zanobatus schoenleinii*)
4. Suavemente curvo, com inflexão posterior à quinta fenda branquial voltada para a linha média do disco (*Atlantoraja cyclophora*, *Bathyraja interrupta*, *Rioraja agassizi*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Okamejei hollandi*, *Raja binoculata*, *Rajella fuliginea*, *Himantura imbricata*, *Himantura schmardae*,

Neotrygon kuhlii, *Pteroplatytrygon violaceae*, *Paratrygon aiereba*,
Heliotrygon gomesi, *Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*,
Myliobatis freminvillei, *Rhinoptera bonasus*)

5. Suavemente curvo, com inflexão posterior à quinta fenda branquial voltada para a linha média do disco, sinuosidades presentes em todo o trajeto (*Dasyatis guttata*)
6. Suavemente curvo, inflexão posterior à quinta fenda branquial voltada para a linha média do disco e curvatura anterior à primeira fenda, também em direção á linha média do disco, formando a volta jugular (*Urobatis jamaicensis*, *Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*, *Dasyatis zugei*, *Taeniura lymma*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. schroederi*, *Urolophus halleri*, *Urolophus maculatus*)

Caráter 5 - Túbulos subpleurais do canal hiomandibular

0. Ausentes (*Pristiophorus japonicus*, *Rhina ancylostoma*, *Platyrhina sinesis*, *Zanobatus schoenleinii*, *Bathyraja interrupta*, *Dactylobatus clarkii*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Okamejei hollandi*, *Raja binocolata*, *Raja inornata*, *Rajella fuliginea*)
1. Presentes em toda a porção posterior do canal hiomandibular, voltados para o exterior da volta subpleural (*Anoxypristis cuspidatus*, *Pristis pristis*)
2. Presentes apenas na volta subpleural, voltados para o exterior desta (*Rhynchobatus djiddensis*)
3. Presentes em toda a extensão do hiomandibular, voltados para a margem do disco (*Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus*)

4. Presentes no componente externo do hiomandibular e na volta subpleural, voltados para o interior desta (*Zapteryx brevirostris*)
5. Presentes, em quantidade muito pequena (1 a 5), espalhados pelo hiomandibular, voltados para o interior da volta subpleural (*Atlantoraja cyclophora*, *Psammobatis extenta*, *Rioraja agassizi*, *Sympterygia bonapartii*)
6. Presentes em toda a extensão do componente externo do hiomandibular e volta subpleural, voltados para o exterior da volta; túbulos anteriores atingem margem do disco (*Hexatrygon bickelli*, *Urobatis jamaicensis*, *Dasyatis guttata*, *Pteroplatytrygon violaceae*, *Heliotrygon gomesi*, *Gymnura crebripunctata*, *Urolophus maculatus*, *Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*)
7. Presentes no componente externo do hiomandibular até a altura da quinta fenda branquial e de um a quatro túbulos presentes na volta subpleural, todos voltados para o exterior da volta; túbulos anteriores atingem margem anterior do disco (*Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*, *Dasyatis zugei*, *Gymnura marmorata*, *Urolophus halleri*)
8. Presentes no componente externo do hiomandibular até aproximadamente a altura da boca e de zero a dois túbulos presentes na volta subpleural, todos voltados para o exterior da volta; túbulos anteriores atingem a margem do disco (*Himantura imbricata*, *Himantura schmardae*, *Neotrygon kuhlii*, *Taeniura lymma*, *Paratrygon aiereba*)
9. Presentes apenas na porção anterior do componente externo do hiomandibular e na volta subpleural, voltados para o exterior da volta; túbulos anteriores atingem margem do disco (*Plesiotrygon iwamae*, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbigny*, *P. schroederi*)

10. Presentes em toda a extensão do componente externo do hiomandibular e volta subpleural, voltados para o exterior da volta; túbulos anteriores atingem margem do disco; túbulos anteriores bifurcados (*Gymnura altavela*, *G. micrura*, *G. zonura*)

Canal Supraorbital

Caráter 6 - Canal supraorbital

0. Início juntamente ao canal nasal, posterior e próximo à narina; trajeto linear (*Pristiophorus japonicus*)
1. Início juntamente ao canal infraorbital, lateralmente à narina (*Anoxipristis cuspidata*, *Pristis pristis*, *Rhina acylostoma*, *Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos horkelli*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevisrostris*)
2. Início juntamente ao canal infraorbital, aproximadamente na mesma linha da margem anterior da narina (*Atlantoraja cyclophora*, *Dactylobatus clarkii*, *Okamejei hollandi*, *Raja binocolata*, *Raja inornata*)
3. Início juntamente ao canal infraorbital, anterior à narina (*Platyrrhina sinensis*, *Bathyraja interrupta*, *Psammobatis extenta*, *Rioraja agassizi*, *Sympterygia bonapartii*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Rajella fuliginea*)
4. Início juntamente aos canais nasal e infraorbital, entre a boca e a narina, mais próximo a esta (*Zanobatus schoenleinii*, *Hexatrygon bickelli*)
5. Início juntamente aos canais nasal e infraorbital, aproximadamente na mesma linha da boca, trajeto sem sinuosidades (*Urobatis jamaicensis*, *Dasyatis zugei*, *Pteroplatytrygon violaceae*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Aetomylaeus nichofii*)

6. Início juntamente aos canais nasal e infraorbital, aproximadamente na mesma linha da boca, trajeto sinuoso (*Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*, *Dasyatis guttata*)
7. Início juntamente aos canais nasal e infraorbital, posterior à boca, trajeto sem sinuosidades (*Himantura schmardae*, *Neotrygon kuhlii*, *Taeniura lymma*, *Heliotrygon gomesi*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon schroederi*, *Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. micrura*, *G. zonura*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*)
8. Início juntamente aos canais nasal e infraorbital, posterior à boca, trajeto sinuoso (*Himantura imbricata*, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbigny*, *Urolophus halleri*, *Urolophus maculatus*)
9. Início juntamente ao canal nasal, entre a narina e a boca, anterior ao canal infraorbital (*Rhinoptera bonasus*)

Caráter 7 - Volta pré-nasal do supraorbital

0. Ausente (*Pristiophorus japonicus*, *Psammobatis extenta*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. micrura*, *G. zonura*)
1. Presente, orientada para a região anterior do disco, rente à margem do corpo (*Anoxypristis cuspidata*, *Pristis pristis*, *Rhina ancylostoma*, *Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevirostris*)
2. Reduzida, suave curvatura voltada para a região anterior do corpo (*Platyrrhina sinensis*, *Bathyraja interrupta*, *Sympterygia bonapartii*)

3. Presente, projeção do supraorbital orientada obliquamente à margem do disco (*Atlantoraja cyclophora*, *Rioraja agassizi*)
4. Presente, orientada para a região anterior do disco, oblíqua à margem do disco, próxima a esta (*Dactylobatus clarkii*, *Okamejei hollandi*, *Raja binocularata*, *Raja inornata*, *Rajella fuliginea*, *Hexatrygon bickelli*)
5. Presente, voltada obliquamente à linha média do disco, afastada da margem do disco (*Zanobatus schoenleinii*, *Urobatis jamaicensis*, *Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*, *Dasyatis zugei*, *Pteroplatytrygon violaceae*, *Taeniura lymma*, *Urolophus halleri*, *Urolophus maculatus*, *Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*)
6. Presente, voltada para a região anterior do disco, oblíqua à margem do disco, não se aproximando desta (*Dasyatis guttata*, *Himantura imbricata*, *Himantura schmardae*, *Neotrygon kuhlii*, *Paratrygon aiereba*, *Heliotrygon gomesi*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. schroederi*, *Rhinoptera bonausus*)

Caráter 8 - Volta naso-interior do supraorbital

0. Ausente, canal segue rumo ao focinho (*Pristiophorus japonicus*)
1. Presente, próxima à margem anterior da narina, segue rumo ao focinho (*Anoxypristis cuspidata*, *Pristis prisits*, *Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos horkelli*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevirostris*)
2. Presente, anterior e paralela à narina, bastante ampla, segue rumo ao focinho (*Rhina ancylostoma*)

3. Presente, ampla, anterior à narina, segue rumo ao focinho (*Platyrrhina sinensis*, *Zanobatus schoenleinii*, *Psammobatis extenta*, *Gurgesiella dorsalifera*)
4. Presente, estreita, anterior à narina, segue rumo ao focinho (*Atlantoraja cyclophora*, *Bathyraja interrupta*, *Dactylobatus clarkii*, *Okamejei hollandi*, *Raja binoculata*, *Raja inornata*, *Rajella fuliginea*)
5. Ausente, canal encerra-se fundido ao pré-nasal (*Rioraja agassizi*, *Sympterygia bonapartii*)
6. Presente, estreita, anterior à narina, segue rumo ao focinho, mas se encerra distante deste (*Hexatrygon bickelli*, *Neotrygon kuhlii*, *Urolophus halleri*)
7. Presente, estreita, rente à margem anterior da narina, segue rumo ao focinho (*Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*, *Dasyatis zugei*, *Pteroplatytrygon violacea*, *Gymnura altavela*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*, *Rhinoptera bonasus*)
8. Presente, estreita, anterior e próxima à narina, segue rumo ao focinho, mas se encerra distante deste (*Urobatis jamaicensis*, *Himantura schmardae*, *Taeniura lymma*)
9. Presente, estreita, posicionada entre as narinas, segue rumo ao focinho (*Dasyatis guttata*, *Himantura imbricata*, *Urolophus maculatus*, *Aetomylaeus nichofii*)
10. Presente, estreita, rente à margem anterior da narina, porção terminal fundida aos canais nasal e pré-nasal (*Heliotrygon gomesi*, *Paratrygon aiereba*)
11. Presente, estreita, posicionada entre as narinas, porção terminal fundida aos canais nasal e pré-nasal (*Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbigny*, *P. schroederi*)

12. Presente, estreita, anterior à narina, porção terminal fundida ao pré-nasal (*Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. micrura*, *G. zonura*)

Canal infraorbital

Caráter 9 - Canal infraorbital

0. Ausente (*Pristiophorus japonicus*)
1. Presente, início junto ao canal supraorbital, encerra-se rente à margem lateral do disco, distante do focinho (*Anoxypristis cuspidata*, *Pristis prisits*, *Rhina ancylostoma*, *Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevirostris*, *Atlantoraja cyclophora*, *Rioraja agassizi*, *Dactylobatus clarkii*, *Okamejei hollandi*, *Raja binoculata*, *Raja inornata*)
2. Presente, início junto ao canal supraorbital, encerra-se próximo ao focinho (*Rhynchobatus djiddensis*, *Platyrrhina sinensis*, *Sympterygia bonapartii*, *Bathyraja interrupta*, *Psammobatis extenta*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Rajella fuliginea*)
3. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, encerra-se próximo ao focinho (*Zanobatus schoenleinii*)
4. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente, encerra-se próximo ao focinho (*Hexatrygon bickelli*)
5. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente; segue rente ao componente externo do hiomandibular, encerra-se aproximadamente na metade da distância entre o focinho e a narina (*Urobatis jamaicensis*, *Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*, *Dasyatis zugei*)

6. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente; segue afastado do componente externo do hiomandibular, encerra-se próximo ao focinho (*Neotrygon kuhlii*, *Pteroplatytrygon violaceae*, *Taeniura lymma*)
7. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente; segue afastado do componente externo do hiomandibular, encerra-se aproximadamente na metade da distância entre a narina e o focinho, trajeto sinuoso (*Himantura schmardae*, *Urolophus halleri*, *Urolophus maculatus*)
8. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente; segue próximo ao componente externo do hiomandibular, encerra-se aproximadamente na metade da distância entre a narina e o focinho, trajeto muito sinuoso (*Dasyatis guttata*)
9. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente; segue rente ao componente externo do hiomandibular, canal se divide em três componentes, encerra-se próximo ao focinho (*Himantura imbricata*)
10. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente, conectado ao componente externo do hiomandibular, padrão reticulado, encerra-se aproximadamente na metade da distância entre a narina e o focinho (*Paratrygon aiereba*, *Heliotrygon gomesi*)
11. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente, volta suborbital presente, segue rente ao componente externo do hiomandibular apenas em sua porção anterior, encerra-se aproximadamente na metade da distância entre a narina e o focinho (*Plesiotrygon iwamae*,

Plesiotrygon nana, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. schroederi*)

12. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente, rente ao componente externo do hiomandibular por mais da metade da extensão da nadadeira peitoral, encerra-se aproximadamente na metade da distância entre a narina e o focinho (*Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. micrura*, *G. zonura*)
13. Presente, início junto aos canais supraorbital e nasal, volta infraorbital presente, segue rente ao componente externo do hiomandibular por quase toda a extensão da nadadeira peitoral, encerra-se próximo ao focinho (*Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*)
14. Presente, início posterior aos canais supraorbital e nasal, alça direcionada à margem do disco, encerra-se próximo ao focinho (*Rhinoptera bonasus*)

Canal nasal

Caráter 10 - Canal nasal

0. Canal sempre aparente, se junta ao seu antímero na linha mediana do disco, concavidade em direção à região posterior do disco neste ponto (*Pristiophorus japonicus*, *Piristis pristis*)
1. Penetra no disco entre a narina e a boca, se junta ao seu antímero na linha mediana do disco, trajeto linear (*Anoxypristis cuspidata*, *Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevirostris*, *Platyrhina sinensis*, *Bathyraja interrupta*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Okamejei hollandi*, *Raja binoculata*, *Raja inornata*, *Rajella fuliginea*, *Urobatis jamaicensis*, *Dasyatis guttata*, *Dasyatis zugei*, *Himantura imbricata*, *Himantura schmardae*,

Neotrygon kuhlii, *Pteroplatytrygon violacea*, *Taeniura lymma*, *Paratrygon aiereba*, *Heliotrygon gomesi*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. schroederi*, *Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. micrura*, *G. zonura*, *Urolophus halleri*, *Urolophus maculatus*, *Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*, *Rhinoptera bonasus*)

2. Penetra no disco entre a narina e a boca, segue transversal e então paralelo à boca ao voltar à superfície ventral e se junta ao seu antímero na linha mediana do disco (*Rhina ancylostoma*, *Rhynchobatus djiddensis*)
3. Penetra no disco entre a narina e a boca, trajeto sinuoso, se junta ao seu antímero na região mediana do disco (*Zanobatus schoenleinii*, *Urotrygon aspidura*, *Urotrygon rogersi*)
4. Penetra no disco entre a narina e a boca, não se junta ao seu antímero (*Atlantoraja cyclophora*, *Psammobatis extenta*, *Rioraja agassizi*, *Sympterygia bonapartii*, *Dactylobatus clarkii*)
5. Sempre aparente, trajeto linear, se junta ao seu antímero na região mediana do disco (*Hexatrygon bickelli*)

Canal pré-nasal

Caráter 11 - Canal pré-nasal

0. Inicia-se fundido ao seu antímero e então seguem paralelos até atingirem o focinho (*Pristiophorus japonicus*, *Anoxypristis cuspidata*, *Pristis pristis*, *Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos horkelii*, *Rhinobatos productus*, *Zapteryx brevirostris*, *Platyrrhina sinensis*, *Zanobatus schoenleinii*, *Bathyraja interrupta*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Okamejei hollandi*, *Raja*

binoculata, *Raja inornata*, *Rajella fuliginea*, *Urobatis jamaicensis*,
Urotrygon aspidura, *Urotrygon rogersi*, *Dasyatis guttata*, *Dasyatis zugei*,
Himantura imbricata, *Himantura schmardae*, *Neotrygon kuhlii*,
Pteroplatytrygon violaceae, *Taeniura lymma*, *Paratrygon aiereba*,
Heliotrygon gomesi, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*,
Potamotrygon falkneri, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. schroederi*, *Gymnura*
altavela, *G. micrura*, *G. zonura*, *Urolophus halleri*, *Urolophus maculatus*,
Aetomylaeus nichofii, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*,
Rhinoptera bonasus)

1. Inicia-se fundido ao seu antímero e segue paralelo a este até atingirem o focinho, apresentando uma curvatura em direção à margem do disco em sua porção mais anterior (*Rhina ancylostoma*)
2. Inicia-se não fundido ao seu antímero, seguindo paralelo a este até atingirem o focinho, apresentando uma sinuosidade em sua porção mais posterior (*Atlantoraja cyclophora*; *Rioraja agassizi*, *Sympterygia bonapartii*)
3. Inicia-se não fundido ao seu antímero e segue paralelo a este até atingirem o focinho (*Psammobatis extenta*, *Dactylobatus clarkii*)
4. Inicia-se fundido ao seu antímero, seguindo paralelo a este até atingirem o focinho, bifurcado em sua porção terminal (*Gymnura crebripunctata*, *G. marmorata*)

Canal mandibular

Caráter 12 - Canal mandibular

0. Dois componentes que se estendem desde a margem até o ponto médio da boca, paralelo a esta (*Pristiophorus japonicus*, *Anoxypristis cuspidata*,

Bathyraja interrupta, *Sympterygia bonapartii*, *Dactylobatus clarkii*,
Urotrygon rogersi)

1. Canal único que se estende de uma margem a outra da boca, paralelo a esta (*Rhina ancylostoma*, *Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos productus*, *Platyrhina sinensis*, *Zanobatus schoenleinii*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Okamejei hollandi*, *Raja binoculata*, *Raja inornata*, *Hexatrygon bickelli*, *Urotrygon aspidura*, *Gymnura altavela*, *G. crebripunctata*, *G. marmorata*, *G. zonura*)
2. Canal único que se estende de uma margem a outra da boca, paralelo a esta, túbulos presentes (*Rhinobatos horkelli*, *Zapteryx brevirostris*)
3. Dois componentes transversais à boca (*Atlantoraja cyclophora*, *Psammobatis extenta*)
4. Dois componentes oblíquos à boca que se estendem desde a margem até o ponto médio desta (*Urobatis jamaicensis*, *Dasyatis guttata*, *Dasyatis zugei*, *Himantura imbricata*, *Neotrygon kuhlii*, *Pteroplatytrygon violaceae*, *Paratrygon aiereba*)
5. Canal único oblíquo à boca que se estende de uma margem a outra desta, apresentando uma dobra no ponto médio de seu trajeto, dando a este canal a forma da letra v invertida (*Himantura schmardae*)
6. Canal único que se estende de uma margem a outra da boca, apresentando um trajeto côncavo, dando a este canal a forma da letra u invertida (*Taeniura lymma*)
7. Dois componentes oblíquos à boca que se estendem desde a margem até o ponto médio desta, com sinuosidades em seu percurso (*Potamotrygon*

falkneri, *P. motoro*, *P. orbigny*, *P. schroederi*, *Urolophus halleri*,
Urolophus maculatus)

8. Canal único que apresenta a forma da letra m, seguindo transversal à boca e então paralelo a esta, com uma reentrância na altura do ponto médio da boca (*Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei*, *Rhinoptera bonasus*)

Canal abdominal

Caráter 13 - Canal abdominal

0. Ausente
1. Presente, sem túbulos (*Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos productus*, *Platyrhina sinensis*, *Zanobatus schoenleinii*)
2. Presente, com túbulos (*Rhinobatos horkelli*, *Zapteryx brevirostris*)

5.3. Anatomia comparada dos canais ventrais do sistema de linha lateral e caracteres compartilhados entre as espécies de Batoidea

As raias da ordem Torpediniformes não apresentam canais ventrais da linha lateral, como pode ser confirmado por Garman (1888), Chu & Wen (1979), McEachran *et al.* (1996), Maruska (2001), McEachran & Aschliman (2004), Abe *et al.* (2012) e Aschliman *et al.* (2012a). Este caráter é considerado derivado por McEachran *et al.* (1996), indicando que estes canais provavelmente foram perdidos neste clado.

Squatina guggenheim apresenta apenas o que seria correspondente ao canal mandibular (Vaz & Carvalho, 2013) e, por isso, não foi incluída nas discussões acerca dos caracteres compartilhados entre as espécies de Batoidea. A presença dos canais

ventrais da linha lateral provavelmente também foi perdida neste grupo, como ocorre com os Torpediniformes. Porém, como são grupos filogeneticamente distantes, esta perda possivelmente ocorreu de forma independente.

As diferenças encontradas entre os estados dos caracteres aqui propostos podem ser bastante sutis, dependendo do caráter analisado. Estas diferenças, contudo, podem ser consideradas legítimas, ao passo que para algumas espécies foi analisado mais de um exemplar, confirmando que a diferença intraespecífica se apresenta de forma muito mais discreta.

Caráter 1 – Volta subpleural do canal hiomandibular

A volta subpleural, componente mais posterior do canal hiomandibular, é um caráter exclusivo de Batoidea, não sendo encontrado em nenhuma espécie de tubarão ou quimera (Garman, 1888; Garman, 1904; Chu & Wen, 1979). Dentre os espécimes pertencentes ao clado Hypnosqualea (Shirai, 1992; Shirai 1996) aqui analisados, *Squatina* e *Pristiophorus* não apresentam a respectiva volta, corroborando a exclusividade do caráter para raias.

Com exceção de Torpediniformes, *Dactylobatus*, *Rajella* e *Gurgesiella* são os únicos grupos de raias, dentre os analisados, que não apresentam a volta subpleural. Garman (1888) também observou a ausência do componente externo do hiomandibular e da volta subpleural em *Leucoraja ocellata*. Maruska (2001) encontrou o mesmo padrão para *Raja eglanteria*. Do mesmo gênero, *Raja binocolata* e *Raja inornata* exibem o componente externo do canal hiomandibular e, conseqüentemente, a volta subpleural.

O fato de provavelmente terem perdido este componente do hiomandibular pode aproximar estes grupos. *Leucoraja* e *Dactylobatus* são considerados grupos-irmãos por

McEachran & Dunn (1998), formando um clado que se aproxima do grupo formado por *Rajella* e *Breviraraja*. Neste mesmo trabalho, *Gurgesiella* e *Raja* aparecem em tribos diferentes, o que poderia indicar que o evento de perda do componente externo do hiomandibular e da volta subpleural aconteceu de forma independente nestes grupos. Não se tem, contudo, informações suficientes acerca de tal estado de caráter, o que faz com que não se possa confirmar nenhuma possível hipótese para este estado. Para isso, mais exemplares de rajídeos devem ser analisados para confirmar ou não a existência de algum padrão relacionado à ausência destes componentes.

Nos grupos em que a volta subpleural está presente, sua posição e extensão também são consideradas. Nas espécies de *Anoxypristis*, *Pristis*, *Rhynchobatus*, *Rhinobatos* e *Zapteryx* analisadas, assim como para *Rhina ancylostoma*, a volta encontra-se posicionada anteriormente à primeira fenda branquial, o que poderia ajudar a corroborar o clado Rhinoprístiformes proposto por Naylor *et al.*, (2012), apesar das diferenças encontradas entre *Rhina* e as outras espécies. *Zanobatus schoenleinii*, contudo, apresenta sua volta subpleural posicionada próxima à quinta fenda branquial, assim como *Bathyraja interrupta*, *Psammobatis extenta* e *Raja inornata*, contrariando o clado de Naylor *et al.*, (2012).

Nas espécies de Rajiformes e Myliobatiformes e *Zanobatus schoenleinii*, a volta subpleural se apresenta sempre posterior à quinta fenda branquial, enquanto que em *Platyrhina sinensis* a volta está posicionada próxima à linha da quarta fenda branquial, apresentando um estado intermediário.

O caráter 1 ainda leva em consideração a extensão lateral da volta subpleural, podendo esta ser considerada ampla ou estreita, quando comparada à distância entre a linha média do disco e a sua margem. Todos os Myliobatiformes estudados apresentam volta estreita, com exceção dos gymnurídeos, os quais apresentam a volta subpleural

mais ampla, posicionada posteriormente à metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem do disco. Tal caráter pode ser acrescentado aos utilizados por Lovejoy (1996) e Gonzáles-Isáis & Domingues (2004) para corroborar o monofiletismo de Gymnuridae, apesar de ser uma característica também encontrada em *Sympterygia bonapartii*, *Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizi*.

Caráter 2 – Origem do canal hiomandibular

Para os pertencentes ao clado Rhinoprístiformes (*Anoxyprístis*, *Pristis*, *Rhina*, *Rhynchobatus*, *Rhinobatos* e *Zapteryx*), a origem do hiomandibular aparece sempre rente à margem lateral do disco, mas sua posição pode ser diferente, dependendo da espécie analisada. *Zanobatus schoenleinii*, contudo, tem a origem de seu hiomandibular semelhante a dos Myliobatiformes, contrariando a monofilia do táxon proposto por Naylor *et al.* (2012).

Em Rajiformes não há um padrão para a origem do hiomandibular, com quase um tipo diferente por espécie. *Dactylobatus*, *Gurgesiella* e *Rajella* são os únicos grupos nos quais o canal se origina rente ou posterior à quinta fenda branquial, devido à ausência do componente externo e da volta subpleural do hiomandibular.

Em Myliobatiformes e *Zanobatus schoenleinii*, o canal hiomandibular se inicia próximo à linha média do disco, anteriormente à narina. Na maioria dos exemplares analisados, a origem se encontra posterior ao ponto médio entre o focinho e a narina, próximo a esta. Em *Urobatis jamaicensis*, *Heliotrygon gomesi* e *Myliobatis freminvillei*, a origem se encontra na mesma linha do ponto médio. Para *Rhinoptera bonasus* não foi possível encontrar a origem do canal hiomandibular.

Caráter 3 – Componente externo do canal hiomandibular

Como já visto no caráter 1, as espécies *Dactylobatus clarkii*, *Gurgesiella dorsalifera* e *Rajella fuliginea* não apresentam, juntamente com *Pristiophorus*, o componente externo do canal hiomandibular e, conseqüentemente, também não apresentam a volta subpleural. Garman (1888) e Maruska (2001) encontraram este mesmo padrão em outras espécies de rajiformes (*Leucoraja ocellata* e *Raja eglanteria*, respectivamente), o que pode indicar que a perda deste componente ocorreu de forma independente nestas diferentes espécies.

Rhinoprístiformes, *Platyrhina sinensis* e a maioria dos Rajiformes exibe trajeto linear no componente externo do hiomandibular, desde a origem do canal até a curva subpleural. *Zanobatus schoenleinii* apresenta o trajeto linear, porém repleto de sinuosidades. *Rioraja agassizi* e *Raja binoculata* são as únicas espécies de Rajiformes analisadas que apresentam este componente com uma curvatura.

Em Myliobatiformes, o componente externo segue rente à margem anterior do disco na maioria das espécies analisadas, exceto em *Urobatis jamaicensis*. Em algumas das espécies, este componente se dobra bruscamente em direção à linha média do disco, formando a volta lateral. Lovejoy (1996) foi o primeiro a usar tal componente, que ele denominou gancho lateral (lateral hook), como caráter em sua filogenia de Myliobatiformes. McEachran *et al.* (1996), Rosemberger (2001), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012a) também se utilizaram do caráter proposto por Lovejoy (1996) em suas análises filogenéticas.

Lovejoy (1996), em seu trabalho, considera o padrão encontrado em *Aetobatus*, *Aetomylaeus*, *Myliobatis*, *Rhinoptera*, *Mobula* e *Manta* como mais derivado, já que, para este autor, todas as espécies analisadas deste grupo apresentam um entalhe no componente externo do hiomandibular formando duas voltas subpleurais. A condição

encontrada em *Dasyatis*, *Gymnura* e algumas espécies de *Himantura* (presença da volta lateral) foi considerada intermediária entre não apresentar a volta lateral e a condição encontrada nos myliobatídeos pelágicos.

No presente trabalho, *Dasyatis* e *Himantura imbricata* se aproximam por apresentar a volta lateral posicionada na altura da linha da boca, enquanto em *Gymnura* e nos myliobatídeos pelágicos, o componente externo do hiomandibular segue rente à margem do disco por quase todo o contorno da nadadeira peitoral, formando a volta lateral na altura da quinta fenda branquial.

Em *Gymnura*, a volta lateral apresenta angulação aproximada de 45°, com seus componentes afastados um do outro, enquanto que em *Aetomylaeus nichoffi*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei* e *Rhinoptera bonasus* a volta apresenta uma angulação aproximada de 5°, com seus componentes bem próximos entre si. Esse estado pode ser usado para corroborar o monofiletismo dos myliobatídeos pelágicos, já que tal característica também pode ser observada em *Mobula* (Garman, 1888) e em *Manta* (Chu & Wen, 1979).

O grupo aqui proposto formado por *Dasyatis guttata*, *Dasyatis zugei* e *Himantura imbricata* se baseia na presença de uma segunda dobra do componente externo do hiomandibular, posterior à volta lateral. Em Lovejoy (1996) estes dois grupos formam uma politomia com Gymnurídeos e Myliobatiformes pelágicos, sustentada pela presença da volta lateral. Assim, mais análises se fazem necessárias para que haja conclusões acerca do parentesco destes grupos.

Caráter 4 – Componente interno do hiomandibular

Pristiophorus e Rhinopristiformes, com exceção de *Rhina* e *Zanobatus*, apresentam este componente com trajetória linear, enquanto todos os outros grupos analisados apresentam o canal curvo ou com inflexões em seu curso. Em alguns grupos de Myliobatiformes, este componente se dobra em direção à linha média do disco, anteriormente à primeira fenda branquial, dando origem à volta jugular. As espécies analisadas de *Urobatis*, *Urotrygon*, *Urolophus*, *Taeniura*, *Plesiotrygon* e *Potamotrygon*, além de *Dasyatis zugei*, apresentam esta volta.

Nishida (1990) coloca *Urotrygon* e *Urolophus* em um mesmo clado, sendo este um grupo-irmão para o grande clado formado por *Potamotrygon*, *Taeniura*, *Dasyatis* e *Himantura*. Na filogenia proposta por Lovejoy (1996), *Urolophus* aparece como grupo-irmão de todos os Myliobatiformes exceto *Hexatrygon*. *Urobatis* e *Urotrygon* formam um clado externo ao grupo composto por dasiatídeos, potamotrygonídeos, gymnurídeos e myliobatiformes pelágicos.

Estas duas filogenias mostram que, provavelmente, a volta jugular surgiu independentemente nestes grupos. Nada, contudo, pode ser afirmado sem a análise de um maior número de espécies.

Caráter 5 – Túbulos subpleurais do canal hiomandibular

Os túbulos subpleurais estão ausentes em *Pristiophorus*, *Rhina*, *Platyrrhina*, *Zanobatus* e na maioria dos Rajiformes analisados, sendo *Bathyraja interrupta* o único Rajiforme pertencente à subfamília Arhynchobatinae de McEachran & Dunn (1998). Os outros Rajiformes da subfamília Arhynchobatinae aqui estudados – *Atlantoraja cyclophora*, *Psammobatis extenta*, *Rioraja agassizi* e *Sympterygia bonapartii* – apresentaram poucos túbulos subpleurais em seus canais hiomandibulares (entre 1 e 5).

Tal análise pode indicar que a presença de túbulos subpleurais foi perdida em *Bathyraja interrupta*, o que pode ser confirmado com a análise de um maior número de exemplares.

Em todos os Rajiformes da subfamília Rajinae aqui analisados – *Dactylobatos clarkii*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Okamejei hollandi*, *Raja binocolata*, *Raja inornata* e *Rajella fuliginea* – não foram observados túbulos subpleurais, o que pode ajudar a sustentar o clado proposto por McEachran & Dunn (1998). Nestes grupos, a presença de túbulos também foi provavelmente perdida, considerando que compartilham o estado plesiomórfico do caráter com *Pristiophorus japonicus*.

Em Myliobatiformes, os túbulos subpleurais atingem a margem anterior do disco em todo o trecho em que o componente externo corre rente à margem. Lovejoy (1996) utilizou-se deste caráter em sua filogenia para o grupo, sustentando a monofilia de Myliobatiformes, assim como McEachran *et al.* (1996), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012a).

Urobatis e *Urotrygon* foram agrupados por Lovejoy (1996) por apresentarem os túbulos subpleurais bifurcados em sua extremidade (Lovejoy, 1996; McEachran *et al.*, 1996; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012a). No presente trabalho, contudo, tal característica foi observada apenas nas espécies *Gymnura altavela*, *Gymnura micrura* e *Gymnura zonura*.

O grupo formado por *Plesiotrygon iwamae* e as espécies de *Potamotrygon* analisadas é o que apresenta a menor extensão do componente externo do hiomandibular com túbulos, apresentando-os apenas na porção mais anterior do canal. Esta característica pode ajudar a sustentar o parentesco entre estes dois grupos proposto por Lovejoy, 1996; Carvalho *et al.*, 2004; Carvalho & Lovejoy, 2011. Não foi possível a observação de tais túbulos nos exemplares de *Plesiotrygon nana* e *Rhinoptera bonasus*.

Caráter 6 – Canal supraorbital

O início do canal supraorbital ocorre junto ao início do canal infraorbital, lateralmente à narina, em *Anoxypristis cuspidata*, *Pristis pristis*, *Rhina ancylostoma*, *Rnhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos horkelli*, *Rhinobatos productus* e *Zapteryx brevirostris*. *Zanobatus schoenleinii* é a única dentre as espécies estudadas pertencentes ao clado Rhinopristiformes de Naylor *et al.*, (2012) que apresenta uma origem diferente para este canal, junto aos canais nasal e infraorbital, aproximando-a dos Myliobatiformes. Para os Rajiformes, o canal também se inicia juntamente ao canal infraorbital, o que pode acontecer aproximadamente na linha da margem anterior da narina ou anteriormente a esta, dependendo do grupo analisado, aproximandoeste grupo de Rhinopristiformes.

Já os Myliobatiformes apresentam a origem do canal supraorbital juntamente aos canais nasal e infraorbital, corroborando o monofiletismo deste clado (Nishida, 1990; Lovejoy, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Shirai, 1996; Carvalho *et al.*, 2004; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012a). A diferença entre as espécies analisadas para este grupo está na posição relativa da origem deste canal que ocorre sempre posteriormente à narina, podendo aparecer próxima à narina, próxima à boca, entre a narina e a boca ou posterior à boca, com o sem sinuosidades em seu trajeto, dependendo da espécie analisada.

Rhinoptera bonasus é a uma exceção ao padrão de Myliobatiformes, pois é a única espécie dentre as estudadas para o grupo que apresenta a origem do canal supraorbital juntamente apenas ao canal nasal, anteriormente ao canal infraorbital.

Caráter 7 – Volta pré-nasal do canal supraorbital

A volta pré-nasal se encontra ausente em *Pristiophorus japonicus*, *Platyrhina sinensis*, *Psammobatis extenta*, *Gurgesiella dorsalifera* e em todas as espécies de Gymnuridae analisadas. A reversão deste estado provavelmente ocorreu de forma independente, já que pode ser observada em grupos filogeneticamente distantes.

Nas espécies de *Anoxypristis*, *Pristis*, *Rhina*, *Rhynchobatus*, *Rhinobatos* e *Zapteryx*, a volta está presente e orientada para a região anterior do corpo, rente à margem do disco, o que sustentaria o clado Rhinopristiformes de Naylor *et al.* (2012), se não fosse pela condição encontrada em *Zanobatus schoenleinii*, que aproxima esta espécie de Myliobatiformes, como proposto por McEachran *et al.* (1996), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012a). Em Myliobatiformes e *Zanobatus schoenleinii* este componente se encontra sempre afastado da margem do disco, com exceção de *Hexatrygon bickelli*, que apresenta a volta próxima à margem.

Em *Bathyraja interrupta* e *Sympterygia bonapartii*, a volta subpleural se encontra reduzida a uma suave curvatura no trajeto do canal enquanto em *Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizi*, a referida volta se mostra como apenas uma projeção do canal supraorbital, apresentando apenas um componente e não formando uma volta propriamente dita. Este estado sustenta o clado sugerido por McEachran & Dunn (1998) em sua filogenia de Rajiformes.

Caráter 8 – Volta naso-interior do canal supraorbital

Ausente em *Pristiophorus japonicus*, com o canal seguindo linearmente rumo ao focinho, e em *Rioraja agassizi* e *Sympterygia bonapartii*, com o canal seguindo rumo à

linha média do disco e se encerrando fundido ao canal pré-nasal. Nestas duas espécies provavelmente ocorreu uma reversão independente do caráter, considerando que, de acordo com a filogenia de McEachran & Dunn (1998), estes dois gêneros não constituem um grupo natural.

As espécies pertencentes ao grupo Rhinoprístiformes (Naylor *et al.*, 2012), com exceção de *Rhina ancylostoma* e *Zanobatus schoenleinii*, apresentam a volta estreita e anterior à narina e seu canal segue rumo ao focinho, como também observado para a maioria dos Rajiformes estudados. Em *Rhina*, a volta apresenta um trecho de seu percurso paralelo à boca, o que a torna bastante ampla quando comparada ao mesmo componente em outras espécies, e em *Zanobatus* a volta também é ampla, mas o trecho paralelo à boca é mais curto, como em *Psammobatis extenta* e *Gurgesiella dorsalifera*.

Nas espécies da família Potamotrygonidae, a volta naso-interior se encerra fundida ao ponto de encontro dos canais nasal e pré-nasal, sustentando o monofiletismo desta família (Nishida, 1990; Lovejoy, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Carvalho *et al.*, 2004; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012a). Em *Heliotrygon gomesi* e *Paratrygon aiereba*, a volta se forma rente à margem anterior da narina, enquanto que nas espécies de *Plesiotrygon* e *Potamotrygon* analisadas, esta volta se encontra posicionada entre as narinas. Assim, estes caracteres podem corroborar a relação de parentesco entre os gêneros da família Potamotrygonidae proposta por Carvalho & Lovejoy (2011).

Em Gymnuridae, a volta naso-interior se apresenta com porção terminal fundida ao canal pré-nasal, posicionada anteriormente à narina. Este estado também sustenta o monofiletismo deste grupo (McEachran *et al.*, 1996; Rosemberger, 2001; McEachran & Aschliman, 2004 e Aschliman *et al.*, 2012a).

Caráter 9 – Canal infraorbital

Ausente em *Pristiophorus japonicus*, este é o caráter com maior variação entre as espécies, apresentando, portanto, o maior número de estados. As espécies de Rhinopristiformes, Rajiformes e *Hexatrygon bickellii* apresentam a origem do canal junto ao canal supraorbital, encerrando-se sempre rente à margem do disco, enquanto nas espécies estudadas de Myliobatiformes, o infraorbital se encerra próximo à linha média do disco. Lovejoy (1996) utiliza-se desta característica para sustentar a monofilia de Myliobatiformes, apesar deste estado não ser observado em *Hexatrygon*.

Outra característica exclusiva de Myliobatiformes é a presença da volta infraorbital em todas as espécies analisadas. Lovejoy (1996), McEachran *et al.* (1996), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012a) sustentam o clado utilizando-se da presença desta volta. A volta suborbital é exclusiva para as espécies de *Plesiotrygon* e *Potamotrygon*, corroborando o parentesco entre estes dois grupos (Lovejoy, 1996; Carvalho *et al.*, 2004; Carvalho & Lovejoy, 2011).

Paratrygon aiereba e *Heliotrygon gomesi* apresentam um padrão reticulado único para o canal infraorbital, usado como caráter para sustentar o clado formado por estes dois gêneros (Carvalho & Lovejoy, 2011). Em *Himantura imbricata* o padrão encontrado para o infraorbital também é único dentre as espécies analisadas, apresentando ramificações do canal que voltam a se unir, formando compartimentos do canal infraorbital. Já em *Dasyatis guttata*, o trajeto percorrido pelo infraorbital é comum aos Myliobatiformes, mas a grande quantidade de sinuosidades presentes no canal é uma característica única. Para Lovejoy (1996), as condições encontradas nestas espécies constitui um caráter com quatro estados diferentes em que a condição basal é aquela

encontrada na maioria dos myliobatídeos, e as condições encontradas nestas espécies supracitadas são consideradas estados derivados.

Caráter 10 – Canal nasal

Este canal se apresenta sempre aparente em *Prisitophorus japonicus*, *Pristis pristis* e *Hexatrygon bickelli*. Nas duas primeiras espécies, o canal apresenta uma curvatura na altura da linha média do disco, enquanto que em *Hexatrygon*, o canal é linear em todo o seu trajeto.

Na maioria das espécies analisadas, o canal apresenta um trajeto linear, penetra no disco entre a narina e a boca e se junta ao seu antímero na altura da linha média do disco. Em *Rhina ancylostoma* e *Rhynchobatus djiddensis*, o canal segue transversal e então paralelo à boca ao voltar à superfície ventral do disco. Em *Atlantoraja cyclophora*, *Psammobatis extenta*, *Rioraja agassizi*, *Sympterygia bonapartii* e *Dactylobatus clarkii*, o nasal não se junta ao seu antímero, enquanto que em *Zanobatus schoenleinii* e nas espécies de *Urotrygon*, o canal apresenta o trajeto bastante sinuoso, aproximando esta espécie dos Myliobatiformes mais uma vez, como sugerido por McEachran *et al.* (1996), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012a).

Caráter 11 – Canal pré-nasal

Para quase todas as espécies analisadas, o canal pré-nasal se inicia fundido ao seu antímero e então ambos seguem paralelos até atingirem o focinho. Em *Rhina ancylostoma*, porém, o canal apresenta uma curvatura em direção à margem do disco em sua porção mais anterior. Nas espécies analisadas de *Atlantoraja*, *Rioraja* e

Sympterygia, o canal não se inicia fundido ao seu antímero e apresenta curvatura em direção à margem do disco em sua porção mais posterior, enquanto que em *Psammobatis extenta* e *Dactylobatus clarkii*, o canal também se inicia não fundido ao seu antímero, mas segue linearmente rumo ao focinho. Em *Gymnura crebripunctata* e *Gymnura marmorata*, o canal se apresenta bifurcado em sua porção terminal.

Não foi possível a observação do canal pré-nasal em *Hexatrygon bickelli*, já que o rosto deste animal se apresenta repleto de estruturas sensoriais que impedem a visualização de qualquer coisa que ocorra nesta região.

Caráter 12 – Canal mandibular

Sempre posterior à mandíbula, este canal pode se apresentar como dois componentes ou apenas um, paralelos ou transversais à boca, com presença de túbulos ou não, mostrando que provavelmente a origem deste componente aconteceu de forma independente nas diferentes espécies.

Nas espécies de myliobatídeos pelágicos analisadas, (*Aetomylaeus nichofii*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei* e *Rhinoptera bonasus*) o canal mandibular apresenta a forma da letra m. Como o mesmo padrão foi encontrado para *Mobula* (Garman, 1888) e *Manta* (Chu & Wen, 1979), o caráter pode ser usado para ajudar a sustentar o clado aceito por Nishida (1990), McEachran *et al.* (1996), Shirai (1996), Gonzáles-Isáis & Domingues (2004), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012a).

Por ser um canal bastante frágil, não foi possível encontrá-lo em *Pristis japonicus*, *Rioraja agassizi*, *Rajella fuliginea*, *Heliotrygon bickelli*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana* e *Gymnura micrura*.

Caráter 13 – Canal abdominal

Este canal pode ser encontrado apenas em algumas espécies de Rhinobatiformes, estando ausente em todos os outros grupos aqui analisados. Em *Rhynchobatus djiddensis*, *Rhinobatos productus*, *Platyrrhina sinensis* e *Zanobatus schoenleinii* o canal está presente e sem túbulos em sua superfície, enquanto que em *Rhinobatos horkelli* e *Zapteryx brevirostris* o canal apresenta túbulos em sua superfície. Por ocorrer em grupos distintos, pode-se dizer que tal característica provavelmente surgiu de forma independente.

5.4. Considerações acerca da filogenia de Batoidea

Com base nos caracteres encontrados para os canais ventrais do sistema de linha lateral de Batoidea, algumas relações de parentesco já sugeridas por outros autores puderam ser sustentadas.

Das ordens propostas por Compagno (1973, 1977), Pristiformes pode ser confirmada pelo fato de as espécies *Anoxypristis cuspidata* e *Pristis pristis* apresentarem os mesmos estados para quase todos os caracteres aqui encontrados, com exceção do caráter 10 (canal nasal), mostrando que a evolução dos estados deste caráter pode ter acontecido de forma independente nos dois gêneros. O único caráter exclusivo encontrado para este grupo aparece nos túbulos subpleurais do canal hiomandibular (caráter 5, estado 1), já que estas espécies são as únicas a apresentarem tais componentes presentes em toda a porção posterior do canal hiomandibular.

Considerando a grande semelhança entre as espécies analisadas de Pristiformes e *Pristiophorus japonicus*, os caracteres aqui encontrados também ajudam a corroborar o parentesco entre estes dois grupos, afirmando que Pristiformes seria o grupo basal de Batoidea (Compagno, 1973; Heemstra & Smith, 1980; Nishida, 1990; Shirai, 1992). Torpediniformes, considerado grupo basal por Compagno (1977), Maisey (1984), McEachran *et al.* (1996), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012a), não pode ser posicionado de acordo com os canais ventral da linha lateral, já que estes estão ausentes. Esta característica, porém, corrobora o monofiletismo deste grupo (Compagno, 1973; 1977; Heemstra & Smith, 1980; Maisey, 1984; Shirai, 1992; McEachran *et al.*, 1996; Shirai, 1996; Carvalho, 1996; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012a; b).

Para os Rhinobatiformes (Rhinobatoidei) (Compagno, 1977), o trajeto linear do componente externo do canal hiomandibular (caráter 3 – estado 1) pode ajudar a corroborar o clado, apesar de ser uma característica também em comum com alguns Rajiformes. A presença do canal abdominal (caráter 13) é exclusiva de Rhinobatiformes e pode ser observada em todas as espécies do grupo aqui analisadas, exceto *Rhina ancylostoma*.

Alguns autores não incluem o gênero *Platyrrhina* em Rhinobatiformes (e.g Nishida, 1990; McEachran *et al.*, 1996; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012a; b), posicionando-o mais próximo do clado formado por Rajiformes e Myliobatiformes (Nishida, 1990), dos Myliobatiformes (McEachran *et al.*, 1996; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012a) ou de Torpediniformes (Aschliman *et al.*, 2012b). Os caracteres dos canais ventrais da linha lateral em Batoidea aproximam este gênero de Rajiformes, por compartilhar com algumas espécies deste clado os caracteres relativos à origem do canal hiomandibular (caráter 2 – estado 3), ao

componente interno do hiomandibular (caráter 4 – estado 2), ao canal supraorbital (caráter 6 – estado 3), às voltas pré-nasal (caráter 7 – estado 0) e naso-interior (caráter 8 – estado 3) do supraorbital e ao canal infraorbital (caráter 9 – estado 2). A presença do canal abdominal (caráter 13 – estado 1), contudo, aproxima *Platyrrhina* dos Rhinobatiformes.

Para o gênero *Zanobatus* há poucas informações, sendo que alguns autores o aproximam de Myliobatiformes (McEachran *et al.*, 1996; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012a; b), enquanto outros o incluem próximo aos Platyrrhinídeos (Stehmann, 1990; Compagno, 1999; Compagno, 2005). De acordo com os caracteres aqui propostos, *Zanobatos schoenleinii* se aproxima de Myliobatiformes por compartilhar a origem do canal hiomandibular (caráter 2 – estado 9) e a anatomia da volta pré-nasal do supraorbital (caráter 7 – estado 5) e do canal nasal (caráter 10 – estado 3). O estado 4 do caráter 6 (anatomia do canal supraorbital) agrupa *Zanobatus* e *Hexatrygon*, podendo ser mais uma evidência da proximidade deste gênero com os Myliobatiformes.

Três outros caracteres podem aproximar *Zanobatus* de *Platyrrhina*: a ausência de túbulos subpleurais no canal hiomandibular (caráter 5 – estado 0), a forma da volta naso-interior do canal supraorbital (caráter 8 – estado 3) e a presença do canal abdominal (caráter 13 – estado 1). Tais inferências mostram que mais estudos acerca destes grupos são necessários, já que apenas estes caracteres não são suficientes para resolver suas posições relativas em Batoidea. O grupo Rhinoprístiformes de Naylor *et al.* (2012), o qual agrupa os Prístiformes e Rhinobatiformes de Compagno (1977) com *Zanobatus*, não pode ser confirmado com base em nenhum dos caracteres aqui proposto.

Rajiformes é o grupo mais diverso de Baotoidea e, conseqüentemente, o que apresenta maior diferença nos canais ventrais da linha lateral entre seus gêneros e espécies. Apesar disso, a presença de nenhum a até no máximo cinco túbulos pleurais no canal hiomandibular (caráter 5 – estados 0 e 5) ajuda a corroborar este clado (Compagno, 1973; 1977; 1999; 2005; Maisey, 1984; Nishida, 1990; Shirai, 1996; McEachran *et al.*, 1996; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012a), assim como a origem do canal supraorbital, sempre junta ao canal infraorbital e anteriormente próxima à narina (caráter 6 – estados 2 e 3).

McEachran & Dunn (1998) propõem uma filogenia para Rajiformes em que este clado aparece dividido em duas tribos: Rajinae e Arhynchobatinae. Dentre as espécies analisadas, *Dactylobatus clarkii*, *Rajella fuliginea*, *Gurgesiella dorsalifera*, *Raja binoculata*, *Raja inornata* e *Okamejei hollandi* fazem parte da tribo Rajinae. O único caráter que pode ajudar a confirmar a existência deste grupo é a ausência de túbulos subpleurais no hiomandibular (caráter 5 – estado 0), compartilhado entre todas as espécies desta tribo, *Pristiophorus japonicus*, algumas espécies de Rhinobatiformes e *Bathyraja interrupta*, pertencente à tribo Arhynchobatinae. A ausência do componente externo do hiomandibular (caráter 3 – estado 0) e da volta subpleural (caráter 1 – estado 0) só ocorre em exemplares deste grupo (*Dactylobatus*, *Gurgesiella* e *Rajella*).

Para a tribo Arhynchobatinae (McEachran & Dunn, 1998), foram analisadas as espécies *Bathyraja interrupta*, *Psammobatis extenta*, *Sympterygia bonapartii*, *Atlantoraja cyclophora* e *Rioraja agassizi*. A presença de poucos (entre 1 e 5) túbulos subpleurais no hiomandibular (caráter 5 – estado 5) em todas estas espécies, com exceção de *Bathyraja interrupta*, pode ajudar a confirmar a existência deste grupo. Em *Bathyraja interrupta* tais túbulos estão ausentes, o que poderia indicar a perda

independente destes componentes. Maior número de exemplares deve ser analisado para que esta possibilidade possa ser legitimada.

Os gêneros *Atlantoraja* e *Rioraja* formam um grupo monofilético interno à tribo Arhynchobatinae (McEachran & Dunn, 1998). Apresentar a volta subpleural do hiomandibular ampla e posicionada na metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem posterior do disco (caráter 1 – estado 5) e a volta pré-nasal do supraorbital representada apenas por uma projeção do próprio canal em direção à margem do disco (caráter 7 – estado 3) também unem estes dois gêneros, corroborando o proposto por McEachran & Dunn (1998).

O mais corroborado de todos os grupos internos de Batoidea é Myliobatiformes, seja por caracteres anatômicos, morfológicos ou moleculares (Compagno, 1973; 1977; 1999 2005; Maisey, 1984; Nishida, 1990; Shirai, 1992; Shirai, 1996; Lovejoy, 1996; Carvalho, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Carvalho *et al.*, 2004; Gonzáles-Isáis & Dominguez, 2004; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman, 2012; Aschliman *et al.*, 2012; Naylor *et al.*, 2012). O monofiletismo do grupo pode ser confirmado a partir dos caracteres aqui propostos.

A posição da volta subpleural do hiomandibular, sempre posterior à metade da distância entre a quinta fenda branquial e a margem posterior do disco (caráter 1) é exclusividade dos myliobatídeos, sendo que tal volta se mostra estreita na maioria das espécies analisadas (caráter 1 - estado 8) e ampla apenas nas espécies de *Gymnura* (caráter 1 – estado 9). Neste grupo, o canal hiomandibular sempre se inicia próximo à linha média do disco, anteriormente à narina (caráter 2 – estados 9 e 10), estado este compartilhado com *Zanobatus schoenleinii*.

O componente externo do canal hiomandibular segue rente à margem anterior do corpo em todas as espécies de Myliobatiformes aqui estudadas, com exceção de

Urobatis jamaicensis, a qual provavelmente teve esta característica perdida. A volta lateral, derivada deste componente do hiomandibular, é um estado de caráter que ajuda a definir o grupo formado pelas espécies de *Gymnura* (Nishida, 1990; Lovejoy, 1996; Gonzáles-Isáis & Dominguez, 2004), quando tal volta apresenta uma angulação de 45° (caráter 3 – estado 12), e o grupo formado pelos myliobatídeos pelágicos (Nishida, 1990; Lovejoy, 1996; Shirai, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Carvalho *et al.*, 2004; Gonzáles-Isáis & Dominguez, 2004; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman, 2012; Aschliman *et al.*, 2012; Naylor *et al.*, 2012), quando apresenta angulação de 5° (caráter 3 – estado 13).

Os túbulos subpleurais do hiomandibular em Myliobatiformes atingem a margem anterior do disco (caráter 5) em todas as espécies analisadas. Lovejoy (1996) também observou tal característica, usando como caráter para definir o monofiletismo do grupo, seguido por McEachran *et al.* (1996), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012). Ainda ajudando a corroborar o grupo, a origem do canal supraorbital ocorre juntamente aos canais nasal e infraorbital em todas as espécies analisadas (caráter 6) e também em *Zanobatus schoenleinii*.

A presença da volta infraorbital (caráter 9) também foi utilizada para apoiar Myliobatiformes por Lovejoy (1996) e posteriormente por McEachran *et al.* (1996), McEachran & Aschliman (2004) e Aschliman *et al.* (2012). Este também é o único grupo em que o infraorbital se encerra próximo à linha média do disco em todas as espécies analisadas, com exceção de *Hexatrygon bickelii*. Lovejoy (1996) também suporta a existência do clado com este estado.

As espécies analisadas pertencentes à família Potamotrygonidae apresentam a volta naso-interior do canal supraorbital fundida ao ponto em que se encontram os canais nasal e pré-nasal (caráter 8 – estados 6 e 7), ajudando a confirmar o

monofiletismo desta família (Nishida, 1990; Lovejoy, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Carvalho *et al.*, 2004; McEachran & Aschliman, 2004; Aschliman *et al.*, 2012). Internamente à família, contudo, a posição da volta naso-interior pode agrupar *Heliotrygon* com *Paratrygon* (caráter 8 – estado 6) e *Paratrygon* com *Plesiotrygon* (caráter 8 – estado 7), como proposto por Carvalho & Lovejoy (2011).

A volta jugular do componente interno do hiomandibular (caráter 4 – estado 6) pode ser observada nas espécies aqui analisadas de *Plesiotrygon* e *Potamotrygon*, o que confirma o parentesco entre estes dois gêneros da família Potamotrygonidae (Rosa, 1985; Lovejoy, 1996; Carvalho *et al.*, 2004; Carvalho & Lovejoy, 2011). A volta naso-interior do canal supraorbital se encerra fundida ao ponto de encontro dos canais nasal e pré-nasal (caráter 8 – estado 11), também ajudando a confirmar a proximidade entre estes dois gêneros. O canal infraorbital de *Paratrygon* e *Hexatrygon*, com seu padrão reticulado, representa uma característica exclusiva destes dois gêneros (caráter 9 – estado 10), aproximando-os, como também sugerem Carvalho & Lovejoy (2011).

O fato de ser o único grupo dentre os myliobatídeos analisados que apresenta volta subpleural do hiomandibular ampla (caráter 1 – estado 9) ajuda a apoiar o monofiletismo de Gymnuridae (McEachran *et al.*, 1996; Rosemberger, 2001; McEachran & Aschliman, 2004 e Aschliman *et al.*, 2012a). A volta lateral com angulação aproximada de 45° (caráter 3 – estado 11) e a porção terminal da volta naso-interior do canal supraorbital fundida ao canal pré-nasal (caráter 8 – estado 12) também colaboram com a existência deste grupo.

Os myliobatídeos pelágicos, aqui representados pelas espécies *Aetomylaeus nichoffi*, *Myliobatis californica*, *Myliobatis freminvillei* e *Rhinoptera bonasus*, podem ser agrupados pela presença da volta lateral com angulação aproximada de 5° (caráter 3 – estado 13) e pela morfologia de seu canal mandibular, única dentre as espécies de

Batoidea estudada (caráter 12 – estado 8). Tais características também são compartilhadas com *Mobula*, como pode ser visto na espécie analisada por Chu & Wen (1979), o que ajuda a confirmar o monofiletismo do grupo (Nishida, 1990; McEachran *et al.*, 1996; Shirai, 1996; Gonzáles-Isáis & Domingues, 2004; McEachran & Aschliman, 2004 e Aschliman *et al.*, 2012a)

6. CONCLUSÕES

- a presença da volta subpleural do canal hiomandibular é exclusiva de Batoidea
- a ordem Pristiformes proposta por Compagno (1973) apresenta apenas um caráter exclusivo para os canais ventrais da linha lateral que pode ajudar a corroborar o clado, mas as espécies *Anoxypristis cuspidata* e *Pristis pristis* compartilham os mesmos estados para 12 dos 13 caracteres propostos
- a semelhança encontrada entre os canais ventrais da linha lateral de *Pristiophorus japonicus* e as espécies de Pristiformes analisadas indicam que esta ordem pode ser o grupo mais basal em Batoidea
- a ausência de canais ventrais da linha lateral pode ajudar a corroborar o monofiletismo de Torpediniformes
- o canal abdominal se encontra presente apenas em espécies da ordem Rhinobatiformes (Compagno, 1977)
- a espécie *Platyrrhina sinensis* apresenta maior número de caracteres compartilhados com Rajiformes, aproximando-a deste grupo
- a espécie *Zanobatus schoenleinii* apresenta caracteres compartilhados tanto com Rhinobatiformes quanto com Myliobatiformes; mais estudos acerca deste grupo são necessários

- Myliobatiformes apresenta diversos caracteres de canais ventrais da linha lateral que ajudam a corroborar o monofiletismo do grupo
- as famílias Potamotrygonidae e Gymnuridae, além do grupo formado pelos myliobatídeos pelágicos, apresentam caracteres que podem ajudar a confirmar o monofiletismo destes grupos

7. RESUMO

O grupo Batoidea engloba as raias e seu monofiletismo é bem corroborado. Contudo, as inter-relações filogenéticas dentro do grupo ainda são discutíveis. Algumas filogenias consideram Pristiformes como grupo basal de Batoidea, enquanto outras consideram Torpediniformes como mais basal. O grupo dos Rhinobatiformes é visto como monofilético por alguns autores e como parafilético por outros. O grupo dos Myliobatiformes também apresenta problemas em suas inter-relações: alguns autores consideram Hexatrygon como grupo mais basal, outros consideram Urotrygon, além de outras hipóteses para a filogenia deste grupo. A distribuição dos canais do sistema sensorial de linha lateral apresenta grande variação entre os grupos de Batoidea e, apesar deste sistema não ser muito bem estudado em elasmobrânquios, constitui uma importante fonte de caracteres filogenéticos. Dessa forma, buscou-se, neste projeto, descrever a distribuição e a morfologia dos canais do sistema de linha lateral do grupo Batoidea, levantando possíveis caracteres de relevância sistemática que auxiliem na resolução dos problemas filogenéticos neste grupo. Com base na análise dos padrões encontrados em 55 espécies pertencentes a 39 gêneros e 18 famílias de Batoidea e em informações revisadas da bibliografia, foram propostos 13 caracteres, os quais foram discutidos de acordo com questões filogenéticas dentro de Batoidea. Assim, puderam ser abordados problemas como o grupo basal de Batoidea e o posicionamento dos gêneros *Platyrhina* e *Zanobatus*, além de discussões acerca do monofiletismo de Myliobatiformes e seus grupos internos.

8. ABSTRACT

Batoidea includes all the rays and its monophyly is well-corroborated. However, the phylogenetic interrelationships within the group are still debatable. Some phylogenies consider Pristiformes as the basal group of Batoidea while others considered Torpediniformes the most basal group. Rhinobatiformes are seen as a monophyletic group by some authors and as paraphyletic by others. Phylogenetic positioning problems also are found within the genders of Torpediniformes, Rhinobatiformes, Rajiformes and Myliobatiformes. The distribution of the canals of the lateral line sensory system presents wide variation between batoid groups, and although this system is not well studied in elasmobranchs, it constitutes an important source of phylogenetic characters. The master's project bound to this proposal aimed to describe the distribution and morphology of the canals of the lateral line sensory system in Batoidea, gathering possible characters with phylogenetic relevance which may help elucidate the phylogenetic problems in this group. Based on the analysis of the patterns found in 55 species of 39 genders and 18 families of Batoidea and on information reviewed from literature 13 characters were proposed, which one was discussed according to the phylogenetic questions within Batoidea. Therefore, problems such as the basal group in Batoidea and the position of *Platyrrhina* and *Zanobatus* could be discussed as much as the monophyly of Myliobatiformes and its internal groups.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abe, Y.; Asaoka, R.; Nakae, M. & Sasaki, K. 2012. Ambiguities in the identification of batoid lateral line systems clarified by innervation. *Ichthyol. Res.* (2012) 59: 189-192
- Aschliman, N.C.; Claeson, K.M. & McEachran, J.D. 2012a. Phylogeny of Batoidea. In: Carrier, J.C.; Musick, J.A. & Heithaus, M.R. (eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press. Florida. pp: 57 – 95.
- Aschliman, N.C.; Nishida, M.; Miya, M.; Inoue, J.G.; Rosana, K.M. & Naylor, G.J.P. 2012b. Body plan convergence in the evolution of skates and rays (Chondrichthyes: Batoidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 63: 28 – 42.
- Beard, J. 1892. The transient ganglion cells and their nerves in *Raja batis*. *Anatomischer Anzeiger*. 7: 191-206.
- Boord, R.L. & Campbell, C.B.G. 1977. Structural and functional organization of the lateral line system of sharks. *Amer. Zool.* (1977) 17:431-441.
- Carvalho, M.R. de. 1996. Higher-level elasmobranch phylogeny, basal squalians and paraphyly. In: Stiassny MLJ, Parenti LR & Johnson GD (eds.), *Interrelationships of Fishes*. San Diego: Academic Press. pp: 35-62.
- Carvalho, M.R. & Maisey, J.G. 1996. Phylogenetic relationships of the Late Jurassic shark *Protospinax* Woodward 1919 (Chondrichthyes: Elasmobranchii). In: Arratia G. & Viohl G. (eds.), *Mesozoic Fishes: Systematics and Ecology*. Verlag Dr. Friedrich Pfiel, Munich. pp: 9-46.
- Carvalho, M.R. de; Maisey J.G. & Grande L. 2004. Freshwater stingrays of the Green River Formation of Wyoming (Early Eocene), with the description of a new

- genus and species and an analysis of its phylogenetic relationships (Chondrichthyes: Myliobatiformes). Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 284: 136 pp.
- Carvalho, M.R. & Lovejoy, N.R. 2011. Morphology and phylogenetic relationships of a remarkable new genus and two new species of Neotropical freshwater stingrays from the Amazon basin (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Zootaxa. 2776: 13-48.
- Carvalho, M.R. & Ragno, M.P. 2011. Na unusual, dwarf new species of Neotropical freshwater stingray, *Plesiotrygon nana* sp. nov., from the upper and mid Amazon basin: the second species of *Plesiotrygon* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Papéis Avulsos de Zoologia. 51(7).
- Carvalho, M.R., Perez, M.H.S & Lovejoy, N.R. 2011. *Potamotrygon tigrina*, a new species of freshwater stingray from the upper Amazon basin, closely relates to *Potamotrygon schroederi* Fernandez-Yépez, 1958 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Zootaxa. 2827: 1-30.
- Chu, Y.T. e Wen, C.M. 1979. A study of the lateral-line canals system and that of Lorenzini ampullae and tubules of Elasmobranchiate fishes of China. Monograph of Fishes of China. 2. Shangai, People's Republic of China: Shangai Science and Technology Press.
- Cole, J.C. 1897. XIX. - On the cranial nerves of *Chimaera mostrosa* (Linn. 1754); with a discussion of the lateral line system, and of the morphology of the *Chorda tympani*. Transactions of the Royal Society of Edinburgh. 38: 631-680.
- Compagno L.J.V. 1973. Interrelationships of living elasmobranch fishes. In: Greenwood P.H, Patterson C. & Miles R. (eds.), Interrelationships of Fishes. Londres: Academic Press. pp: 15-61.

- Compagno, L.J.V. 1977. Phyletic Relationship of living sharks and rays. *Amer. Zool.*, 17: 303-322.
- Compagno L.J.V. 1999. Systematics and Body Form. In: Hamlett W.C. (ed.), *Sharks, Skates and Rays, The Biology of Elasmobranch Fishes*. Baltimore: John Hopkins Univ. Press. pp: 471-498.
- Compagno, L.J.V. 2005. Checklist of Living Chondrichthyes. In: Hamlett, W.C. (ed.), *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes*. Science Publishers, Inc. New Hampshire. USA. pp: 503-548.
- Daniel, J.F. 1934. *The elasmobranch fishes*. University of California Press. Berkeley, California.
- Dunn, K. A.; McEachran, J. D. & Honeycutt, R. L. 2003. Molecular phylogenetics of myliobatiform fishes (Chondrichthyes: Myliobatiformes), with comments on the effects of missing data on parsimony and likelihood. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 27 (2): 259-270.
- Ebert, D.A. & Compagno, L.J.V. 2007. Biodiversity and systematics of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Environ. Biol. Fish.* 80: 111-124
- Edgeworth, F.H. 1935. *The cranial muscles of vertebrates*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Garman, S. 1888. On the lateral canal system of the Selachia and Holocephala. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 17: 57-119.
- Gobbo, R.G. 2006. Importância sistemática da distribuição dos canais ventrais da linha lateral de raias de água doce neotropicais (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). Monografia de conclusão de curso (não publicada). Universidade de São Paulo.

- González-Isáis, M. & Domínguez, H.M.M. 2004. Comparative anatomy of the superfamily Myliobatoidea (Chondrichthyes) with some comments on phylogeny. *Journal of Morphology*. 262:517-535.
- Harris, G.G. e Van Bergeijk, W.A. 1962. Evidence that the lateral-line organ responds to near-field displacements of sound sources in water. *J. Acoust. Soc. Amer.* 34: 1831-1841
- Heemstra P.C & Smith M.M. 1980. Hexatrygonidae, a new family of stingrays (Myliobatiformes: Batoidea) from South Africa, with comments on the classification of batoid fishes. *Ichthy. Bull. JLB Smith Institute* 43: 1-17.
- Hoagland, H. 1933. Quantitative analysis of responses from lateral-line nerves of fishes II. *Journal of General Physiology*. 16: 715-732.
- Jacob B.A. & McEachran, J.D. 1994. Status of two species of skates, *Raja (Dipturus) teevani* and *R. (D.) floridana* (Chondrichthyes: Rajoidei), from the western north Atlantic. *Copeia*. 1994(2): 433-445.
- Jordan, L.K. 2008. Comparative morphology of stingray lateral line canal and electrosensory systems. *Journal of Morphology*. 269: 1325-1339.
- Lovejoy, N.R. 1996. Systematics of myliobatoid elasmobranchs: with emphasis on the phylogeny and historical biogeography of Neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zool. J. Linn. Soc.* 117: 207-257.
- Maisey J.G. 1984. Higher elasmobranch phylogeny and biostratigraphy . *Zool. J. Linn. Soc.* 82: 33-54.
- Maruska, K.P. 2001. Morphology of the mechanosensory lateral line system in elasmobranch fishes: ecological and behavioral considerations. *Envir. Biol. Fishes*. 60: 47-75.

- Maruska, K.P. e Tricas, T.C. 1998. Morphology of the mechanosensory lateral line system in the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*: the mechanotactil hypothesis. *J. Morph.* 238: 1-22.
- Marzullo, T.A.; Wueringer, B.E.; Jnr, L.S. & Collin, S.P. 2011. Description of the mechanoreceptive lateral line and electroreceptive ampullary systems in the freshwater whipray, *Himantura dalyensis*. *Marine and Freshwater Research*. 2011 (62): 771-779.
- McEachran, J.D. & Dunn, K.A. 1998. Phylogenetic Analysis of Skates, a Morphologically Conservative Clade of Elasmobranchs (Chondrichthyes: Rajidae). *Copeia*. 1998 (2): 271-290.
- McEachran, J.D. & Aschliman, N. 2004. Phylogeny of Batoidea. In: Carrier J.C., Musick J.A. & Heithaus R. (eds.), *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press. Florida. pp:79-113.
- McEachran, J.D.; Dunn, K.A. & Miyake T. 1996. Interrelationships of the batoid fishes (Chondrichthyes, Batoidea). In: Stiassny, M.L.J.; Parenti, L.R. & Johnson, G.D. (eds.). *Interrelationships of Fishes*. Academic Press, New York. pp: 63-84.
- Naylor, G.J.P.; Ryburn, J.A.; Fedrigo, O. & Lopez, A. 2005. Phylogenetic relationships among the major lineages of modern elasmobranchs. In: Hamlett, W. C. (ed.) *Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes: sharks, batoids and chimaeras*, Vol. 3. Science Publishers, Enfield, NH. pp: 1-25
- Nishida, K. 1990. Phylogeny of the suborder Myliobatoidei. *Memoirs of the Faculty of Fisheries. Hokkaido University*. 37: 1-108.
- Patterson, C. 1965. The phylogeny of the Chimaeroids. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. Vol. 249. No. 757: 101-219.

- Peach, M.B. & Marshall, N.J. 2000. The pit organs of elasmobranchs: a review. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 355: 1131–1134.
- Peach, M.B. & Marshall, N.J. 2009. The comparative morphology of pit organs in elasmobranchs. *Journal of Morphology*. 270: 688-701.
- Peach M.B & Rouse G.W. 2004. Phylogenetic trends in the abundance and distribution of pit organs (free neuromasts) on elasmobranchs. *Acta Zool.* 85:233–244.
- Rosa, R.S. 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Tese de Doutorado (não publicado). The College of William and Merry, Virginia.
- Rosenberger, L.J. 2001. Phylogenetic relationships within the Stingray Genus *Dasyatis* (Chondrichthyes: Dasyatidae). *Copeia*. 2001 (3): 615-627.
- Shibuya, A.; Zuanon, J.; Araújo, M.L.G. & Tanaka, S. 2010. Morphology of lateral line canals in Neotropical freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from Negro River, Brazilian Amazon. *Neotropical Ichthyology*. 8(4): 867-876.
- Shirai, S. 1992. Squalan Phylogeny: A New Framework of “Squaloid” Sharks and Related Taxa. Hokkaido University Press. Sapporo.
- Shirai, S. 1996. Phylogenetic interrelationships of Neoselachians (Chondrichthyes: Euselachii). In: Stiassny, M.L.J.; Parenti, L.R. & Johnson, G.D. (eds.). *Interrelationships of Fishes*. Academic Press, New York. pp: 9-34.
- Silva, J.P.C.B & Carvalho, M.R. 2011a. A taxonomic and morphological redescription of *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963 (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology*. 9(1): 209-232.
- Silva, J.P.C.B. & Carvalho, M.R. 2011b. A new species of Neotropical freshwater stingray of the genus *Potamotrygon* Garman, 1877 from the Río Madre de Díos,

- Peru (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia*. 51(8): 139-154.
- Soares, M.C. & Carvalho, M.R. 2013. Mandibular and hyoid muscles of Galeomorph sharks (Chondrichthyes: Elasmobranchii), with remarks on their phylogenetic intrarelationships. *Journal of Morphology*. 274: 1111-1123.
- Stehmann, M. 1990. Platyrrhinidae. In: J.C. Quéro, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L. Saldanha (eds.) Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 1.
- Tester, A.L. & Kendall, J.I. 1969. Morphology of the lateralis canal system in the shark genus *Carcharhinus*. *Pacific Science*. Vol. XXIII.
- Vaz, D.F.B. & de Carvalho, M.R. 2013. Morphological and taxonomical revision of species of *Squatina* from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Squatiniformes: Squatinidae). *Zootaxa*. 3695: 1- 81.
- Wright, M.R. 1951. The lateral line system of sense organs. *The Quarterly Review of Biology*. 26: 264-280.
- Wueringer, B.E.; Peverell, S.C.; Seymour, J.; Jnr. L.S. & Collin, S.P. 2011. Sensory systems in sawfishes. 2. The Lateral Line. *Brain, Behavior and Evolution*. 78: 150-161.

10. ANEXOS

Tabela 1: Exemplos examinados. LD: largura do disco. CD: comprimento do disco.

FAMÍLIA	GÊNERO/ESPÉCIE	NÚMERO	LD	CD
Squatínidae	<i>Squatina guggenheim</i>	s/n		
Pristiophoridae	<i>Pristiophorus japonicus</i>	SU (CAS) 12916		
Pristidae	<i>Anoxypristis cuspidata</i>	SU (CAS) 18036		
	<i>Pristis pristis</i>	MPEG 2324		
Rhinidae	<i>Rhina ancylostoma</i>	Sta (CAS) 60-252		
Rhynchobatidae	<i>Rhynchobatus djiddensis</i>	s/n	161 mm	236 mm
	<i>Rhinobatos horkelli</i>	s/n	156 mm	195 mm
Rhinobatidae	<i>Rhinobatos productus</i>	CAS 216701	156 mm	198 mm
	<i>Zapteryx brevirostris</i>	s/n	166 mm	176 mm
Platyrrhinidae	<i>Platyrrhina sinensis</i>	CAS 15214	187 mm	168 mm
Zanobatidae	<i>Zanobatus schoelenii</i>	s/n	187 mm	175 mm
	<i>Diplobatis ommata</i>	CAS 54985	98 mm	101 mm
	<i>Narcine entemedor</i>	CAS 204560	115 mm	110 mm
	<i>Narcine timlei</i>	CAS 15918	108 mm	85 mm
Narcinidae	<i>Benthobatis krefftii</i>	s/n		
Narkidae	<i>Narke dipterygia</i>	CAS 58366		
Torpedinidae	<i>Torpedo californica</i>	CAS 18231		
	<i>Atlantoraja cyclophora</i>	SC 0909	294 mm	226 mm
	<i>Bathyraja interrupta</i>	CAS 60290	187 mm	161 mm
	<i>Psammobatis extenta</i>	SC 0956	176 mm	172 mm
	<i>Rioraja agassizi</i>	SC 0931	322 mm	265 mm
	<i>Sympterygia bonapartii</i>	SC 0936	270 mm	207 mm
Rajidae (Arhynchobatinae)	<i>Dactylobatus clarkii</i>	s/n	446 mm	395 mm
	<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	UERJ 2027.14c	226 mm	168 mm
	<i>Okamejei hollandi</i>	CAS 15213	145 mm	113 mm
Rajidae (Rajinae)	<i>Raja binoculata</i>	CAS 26850	187 mm	140 mm
	<i>Raja inornata</i>	CAS 26834	171 mm	143 mm
	<i>Rajella fuliginea</i>	s/n	208 mm	192 mm

Hexatrygonidae	<i>Hexatrygon bickelli</i>	NMMBP 15960	187 mm	140 mm
	<i>Urobatis jamaicensis</i>	SU (CAS) 4902	122 mm	139 mm
Urotrygonidae	<i>Urotrygon aspidura</i>	CAS 51835	207 mm	196 mm
	<i>Urotrygon rogersi</i>	s/n	323 mm	261 mm
	<i>Dasyatis gutatta</i>	s/n	330 mm	358 mm
	<i>Dasyatis zugei</i>	CAS 42144	192 mm	205 mm
	<i>Himantura imbricata</i>	CAS 41686	137 mm	141 mm
Dasyatidae	<i>Himantura schmardae</i>	s/n	485 mm	476 mm
	<i>Neotrygon kuhlii</i>	CAS 42157	176 mm	148 mm
	<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	s/n	347 mm	261 mm
	<i>Taeniura lymma</i>	CAS 2168	144 mm	183 mm
	<i>Paratrygon aiereba</i>	RN 0452	267 mm	300 mm
	<i>Heliotrygon gomesi</i>	MZUSP 108203	269 mm	290 mm
	<i>Plesiotrygon iwamae</i>	MZUSP 59899	310 mm	325 mm
	<i>Plesiotrygon nana</i>	MZUSP 108777	72 mm	81 mm
Potamotrygonidae	<i>Potamotrygon falkneri</i>	MZUSP 106258	230 mm	261 mm
	<i>Potamotrygon motoro</i>	NUP 4136	329 mm	387 mm
	<i>Potamotrygon orbignyi</i>	TO 0401	336 mm	396 mm
	<i>Potamotrygon schroederi</i>	RN 0408	108 mm	123 mm
	<i>Gymnura altavela</i>	SP 1136	410 mm	215 mm
	<i>Gymnura crebripunctata</i>	CAS 53963	361 mm	194 mm
Gymnuridae	<i>Gymnura marmorata</i>	CAS 9061	308 mm	166 mm
	<i>Gymnura micrura</i>	s/n	340 mm	191 mm
	<i>Gymnura zonura</i>	CAS 75873	637 mm	338 mm
	<i>Urolophus halleri</i>	CAS 232507	164 mm	156 mm
Urolophidae	<i>Urolophus maculatus</i>	CAS 18378	152 mm	166 mm
	<i>Aetomylaeus nichofii</i>	CAS 34943	358 mm	194 mm
Myliobatidae	<i>Myliobatis californica</i>	CAS 232284	206 mm	128 mm
	<i>Myliobatis freminvillei</i>	s/n	261 mm	168 mm
Rhinopteridae	<i>Rhinoptera bonasus</i>	s/n	481 mm	835 mm

Tabela 2: Nomes dos canais ventrais da linha lateral e respectivas siglas representativas.

Componentes dos canais da linha lateral	Sigla representativa
Canal hiomandibular	hio
Componente externo do hiomandibular	ce
Componente interno do hiomandibular	ci
Volta lateral do hiomandibular	vl
Volta subpleural do hiomandibular	vsp
Volta jugular do hiomandibular	vj
Túbulos subpleurais	tsp
Canal supraorbital	so
Volta pré-nasal do supraorbital	vpn
Volta naso-interior do supraorbital	vni
Canal infraorbital	io
Volta infraorbital do infraorbital	vio
Volta suborbital do infraorbital	vso
Canal nasal	nas
Canal pré-nasal	pn
Canal mandibular	man
Canal abdominal	abd



Figura 1: Canais ventrais da linha lateral de *Urotrygon rogersi*, injetados com solução de azul de metileno para melhor visualização.

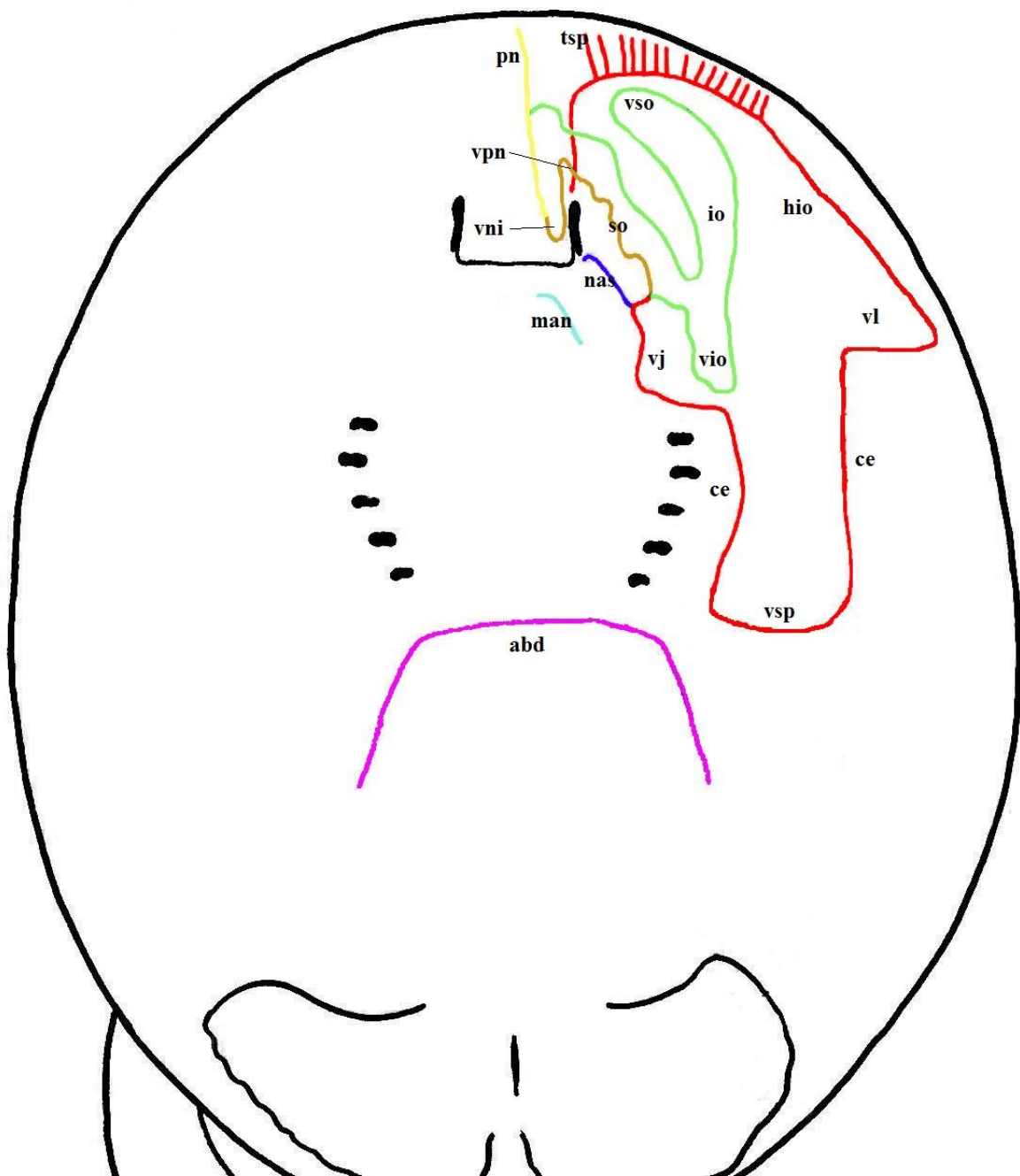


Figura 2: Nomenclatura dos canais e seus componentes em uma raia hipotética. **hio:** canal hiomandibular; **ce:** componente externo do hiomandibular; **ci:** componente interno do hiomandibular; **vl:** volta lateral do hiomandibular; **vsp:** volta subpleural do hiomandibular; **vj:** volta jugular do hiomandibular; **tsp:** túbulos subpleurais; **so:** canal supraorbital; **vpn:** volta pré-nasal do supraorbital; **vni:** volta naso-interior do supraorbital; **io:** canal infraorbital; **vio:** volta infraorbital do infraorbital; **vso:** volta suborbital do infraorbital; **nas:** canal nasal; **pn:** canal pré-nasal; **man:** canal mandibular; **abd:** canal abdominal.

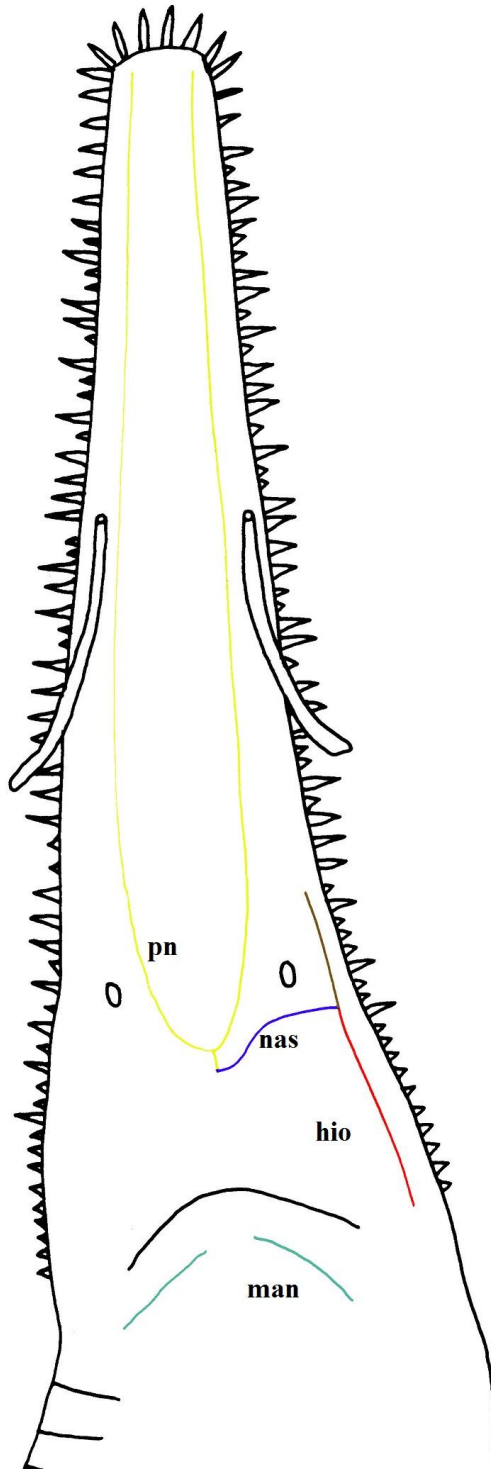


Figura 3: Canais ventrais da linha lateral em *Pristiophorus japonicus*.

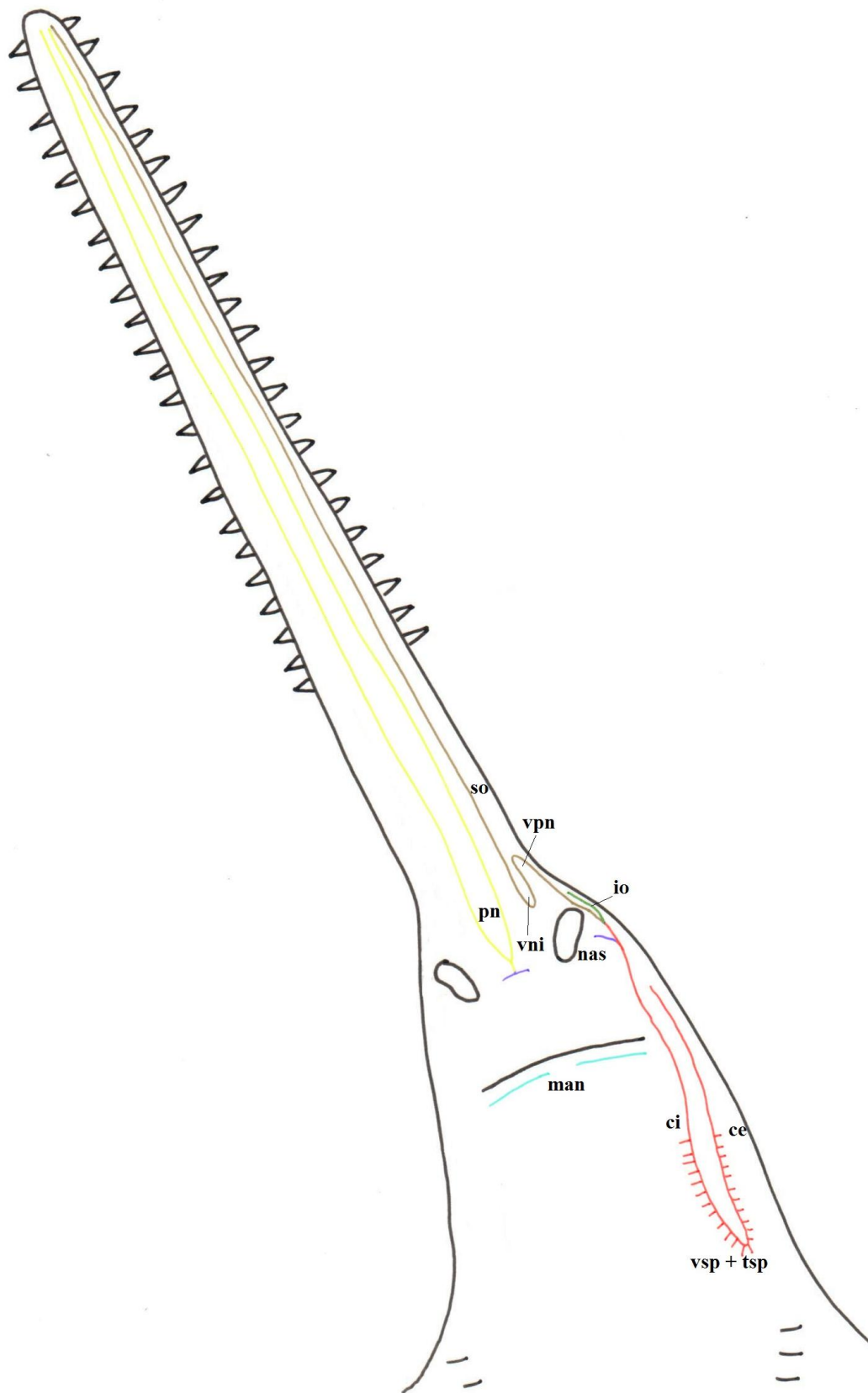


Figura 4: Canais ventrais da linha lateral em *Anoxypristis cuspidata*.

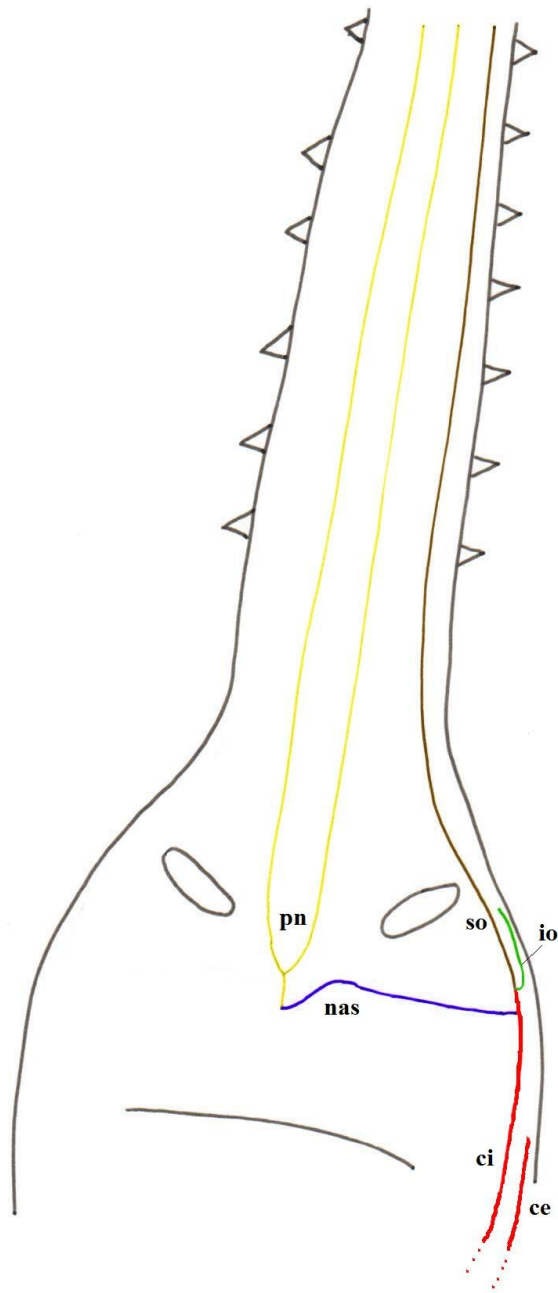


Figura 5: Canais ventrais da linha lateral em *Pristis pristis*.

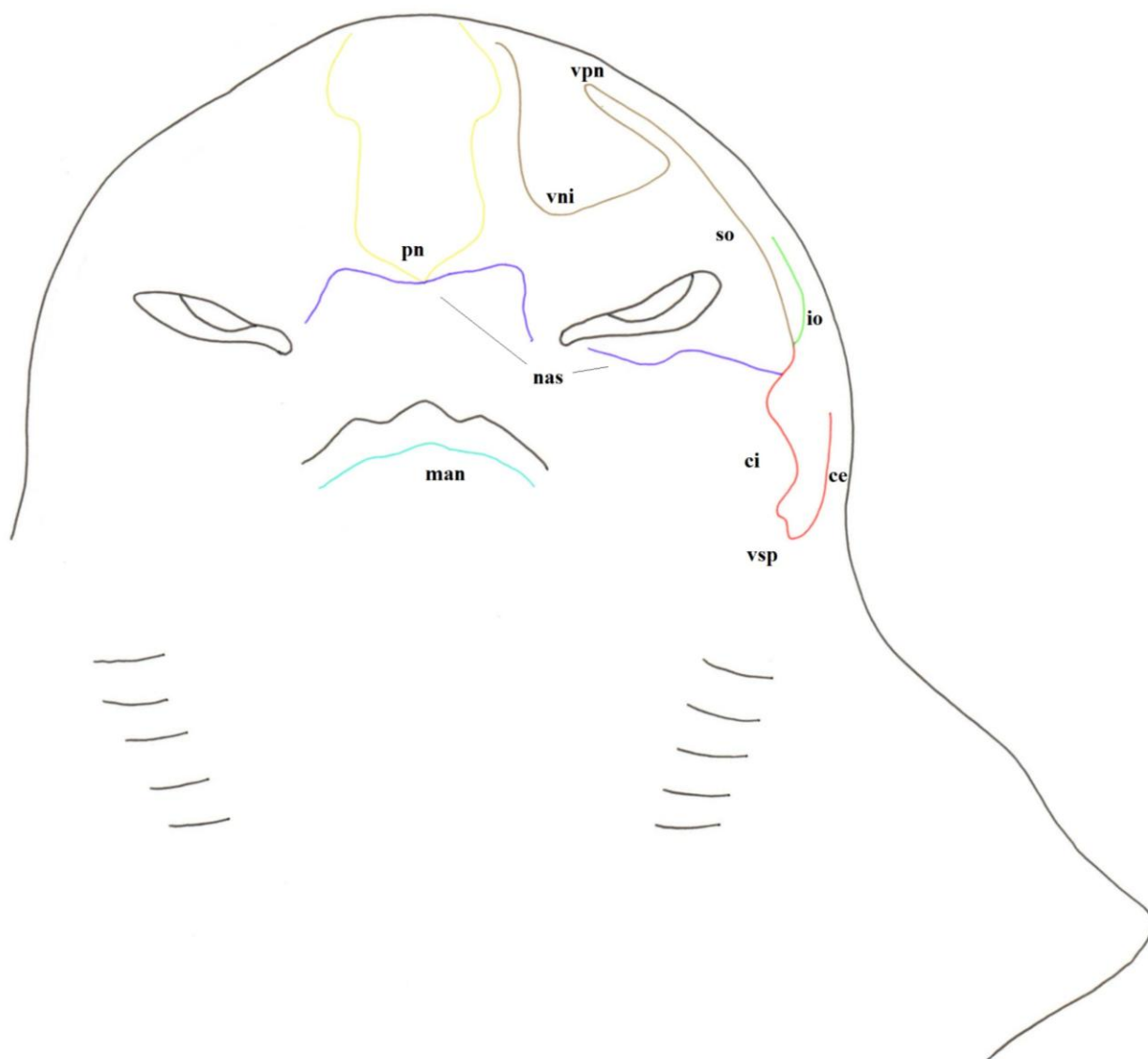


Figura 6: Canais ventrais da linha lateral em *Rhina ancylostoma*.

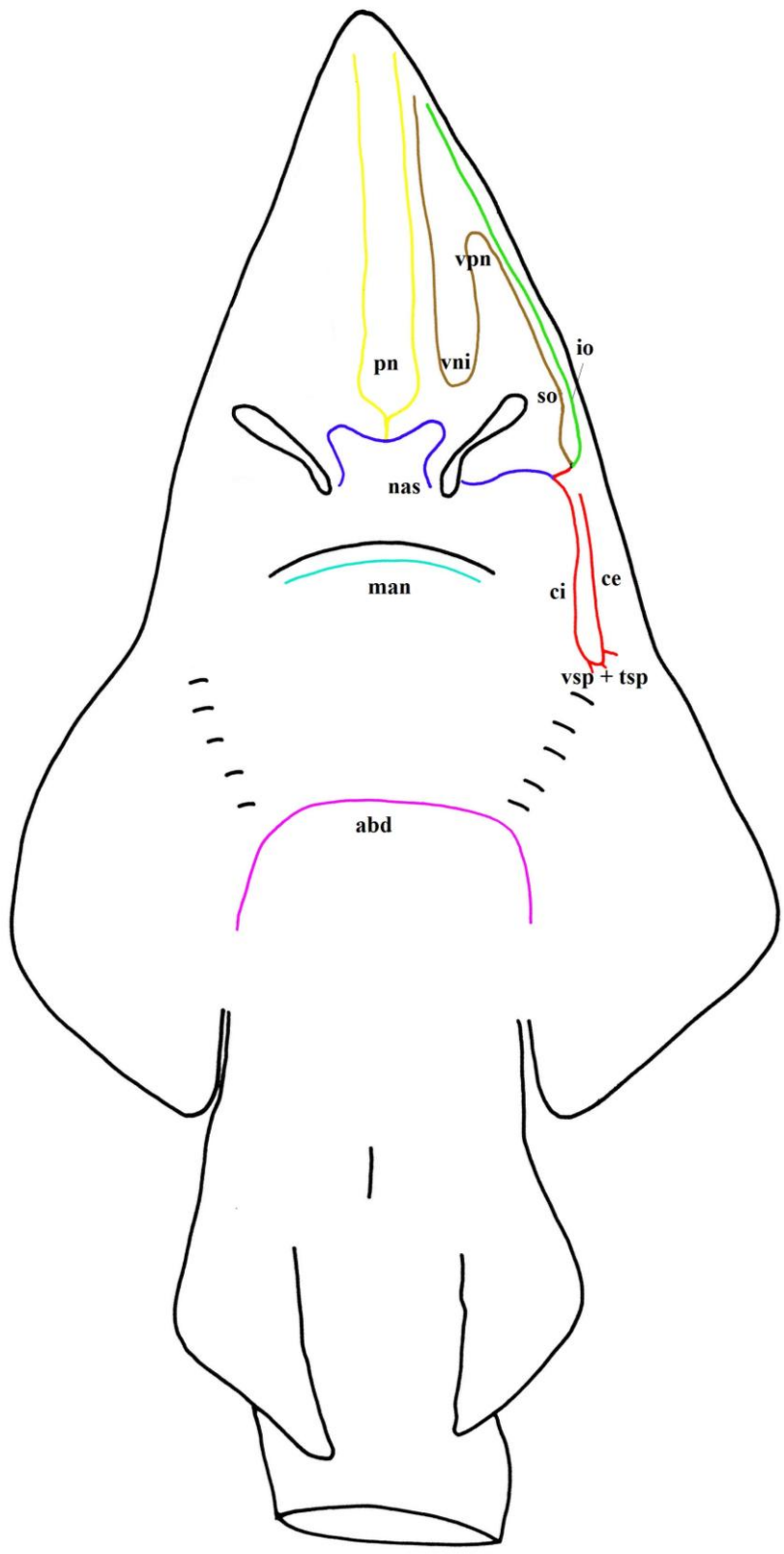


Figura 7: Canais ventrais da linha lateral em *Rhynchobatus djiddensis*.

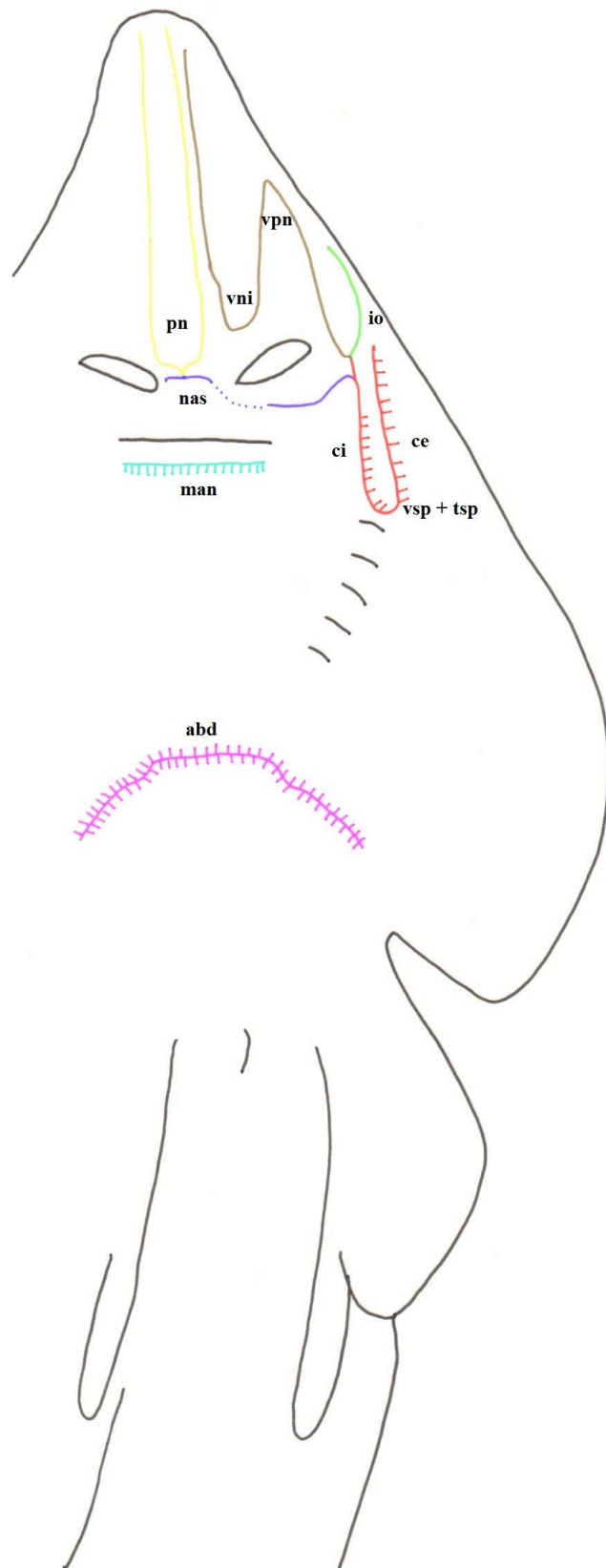


Figura 8 Canais ventrais da linha lateral em *Rhinobatos horkelli*.

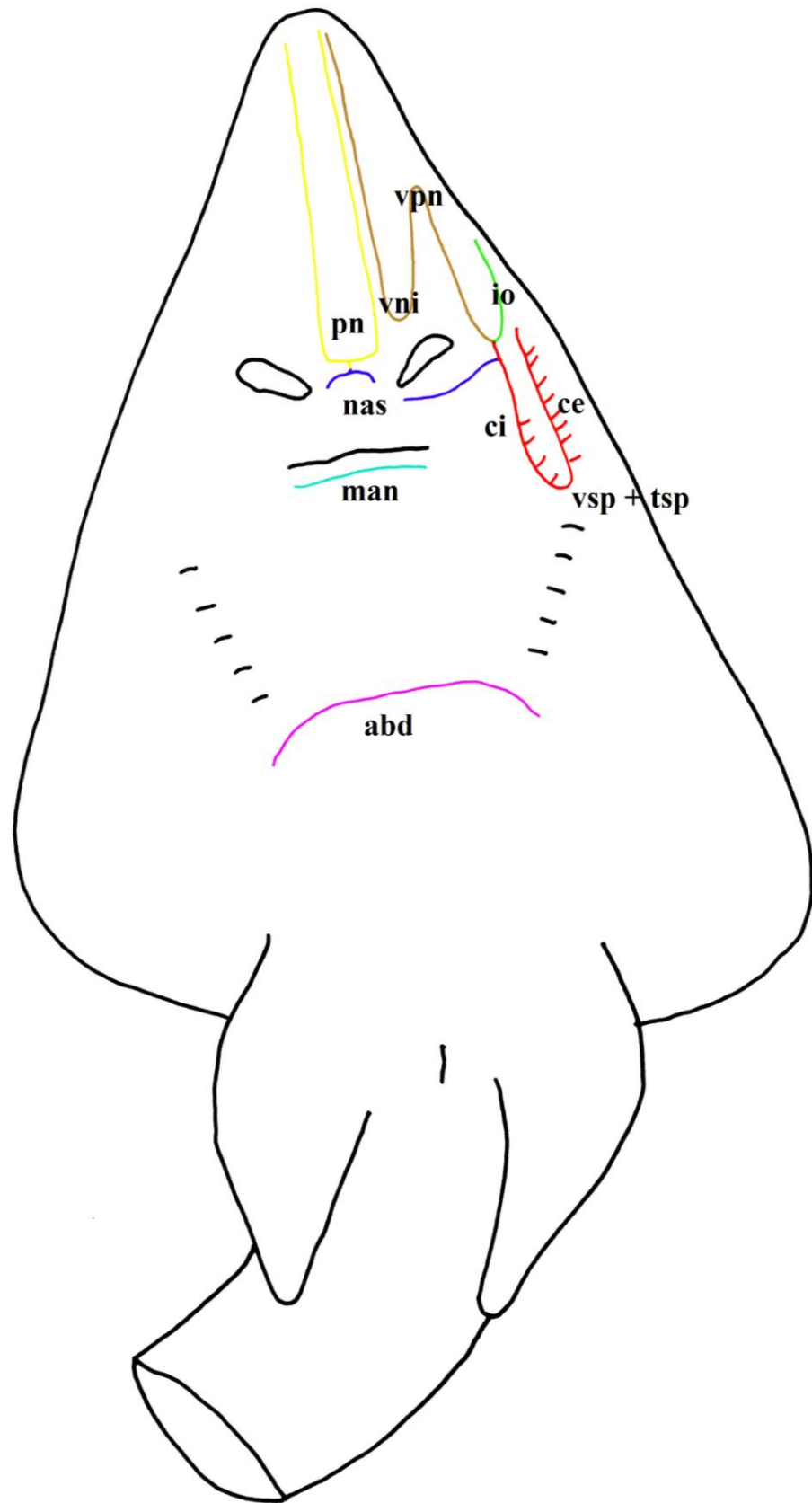


Figura 9: Canais ventrais da linha lateral em *Rhinobatos prodcutus*.

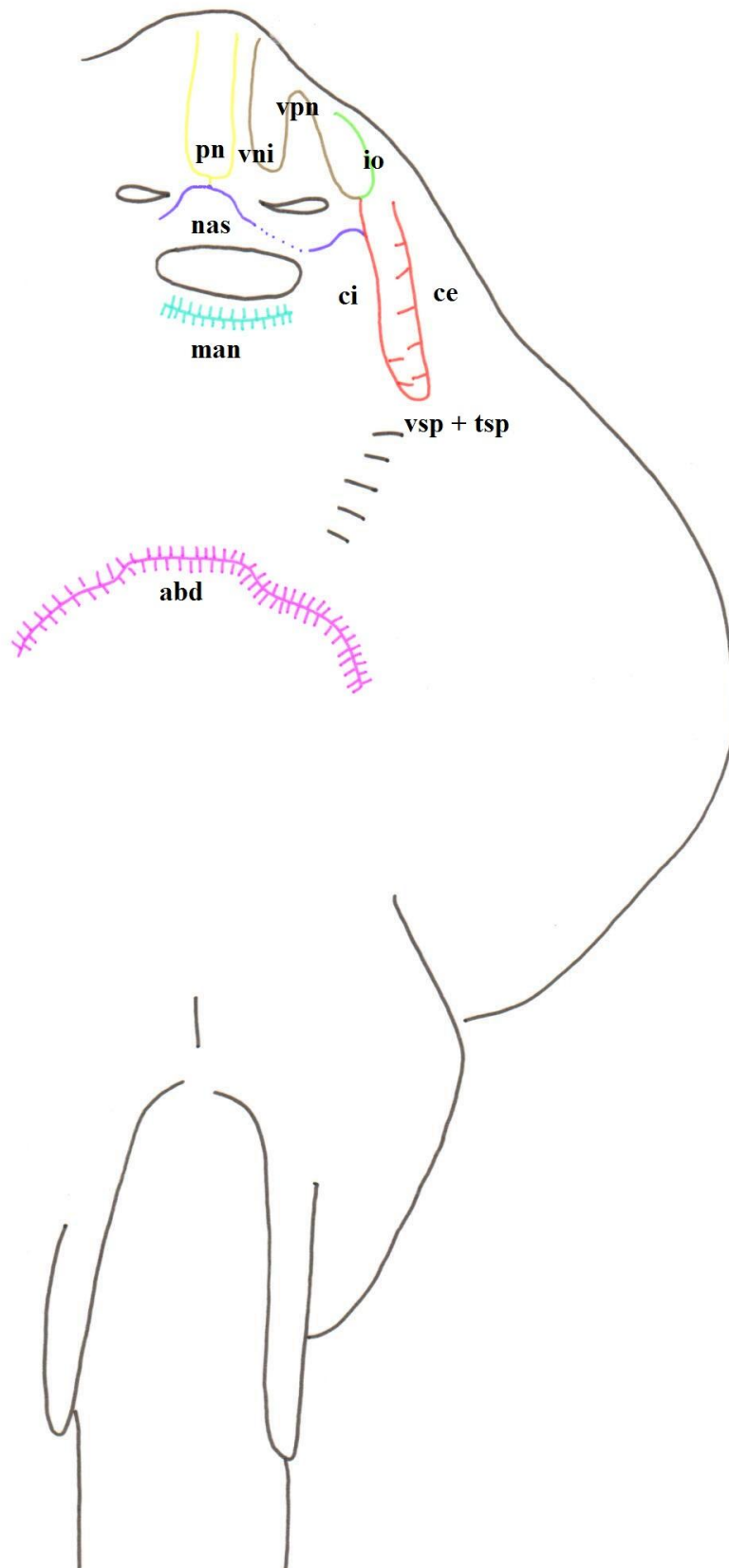


Figura 10: Canais ventrais da linha lateral em *Zapteryx brevirostris*.

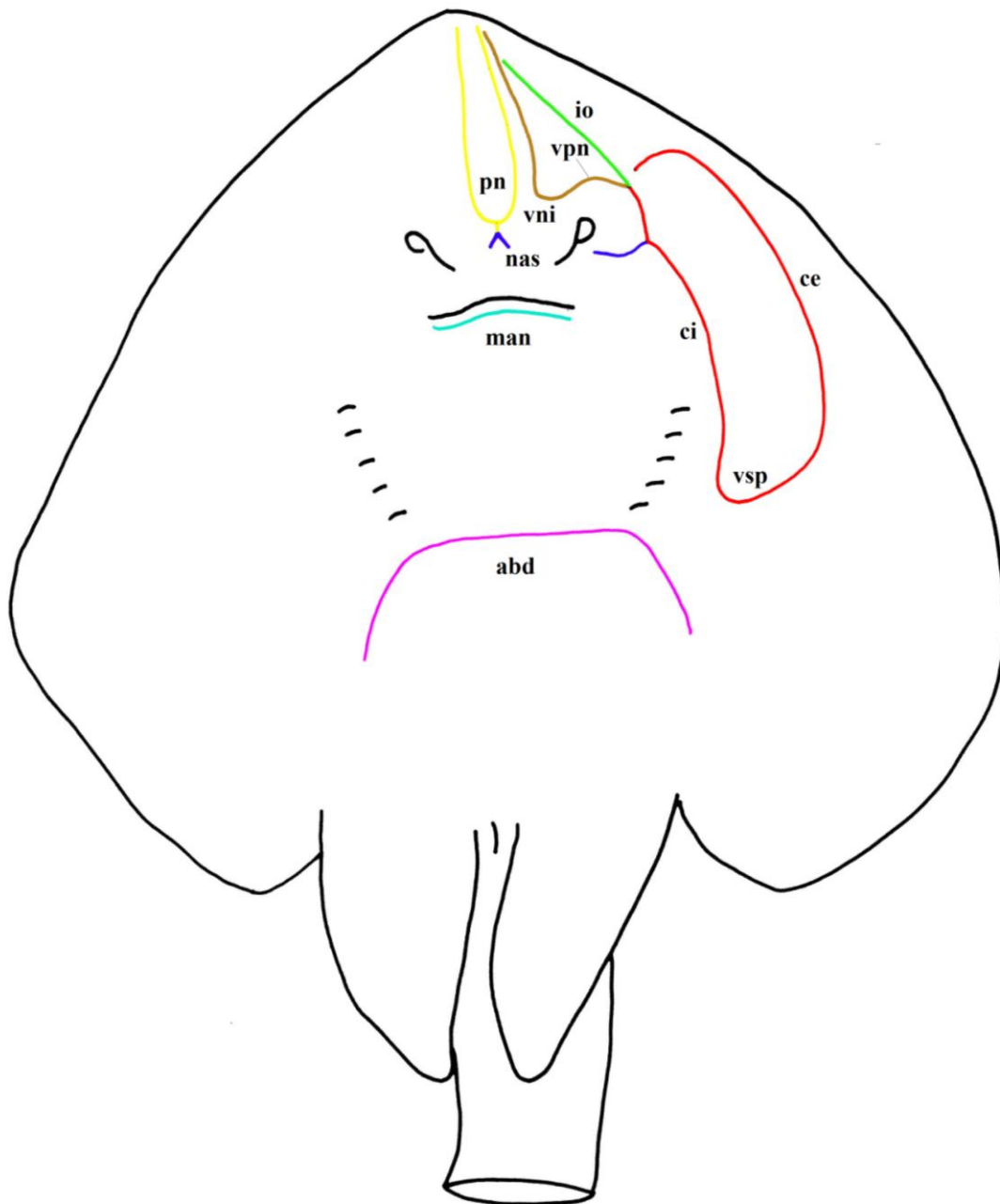


Figura 11: Canais ventrais da linha lateral em *Platyrrhina sinensis*.

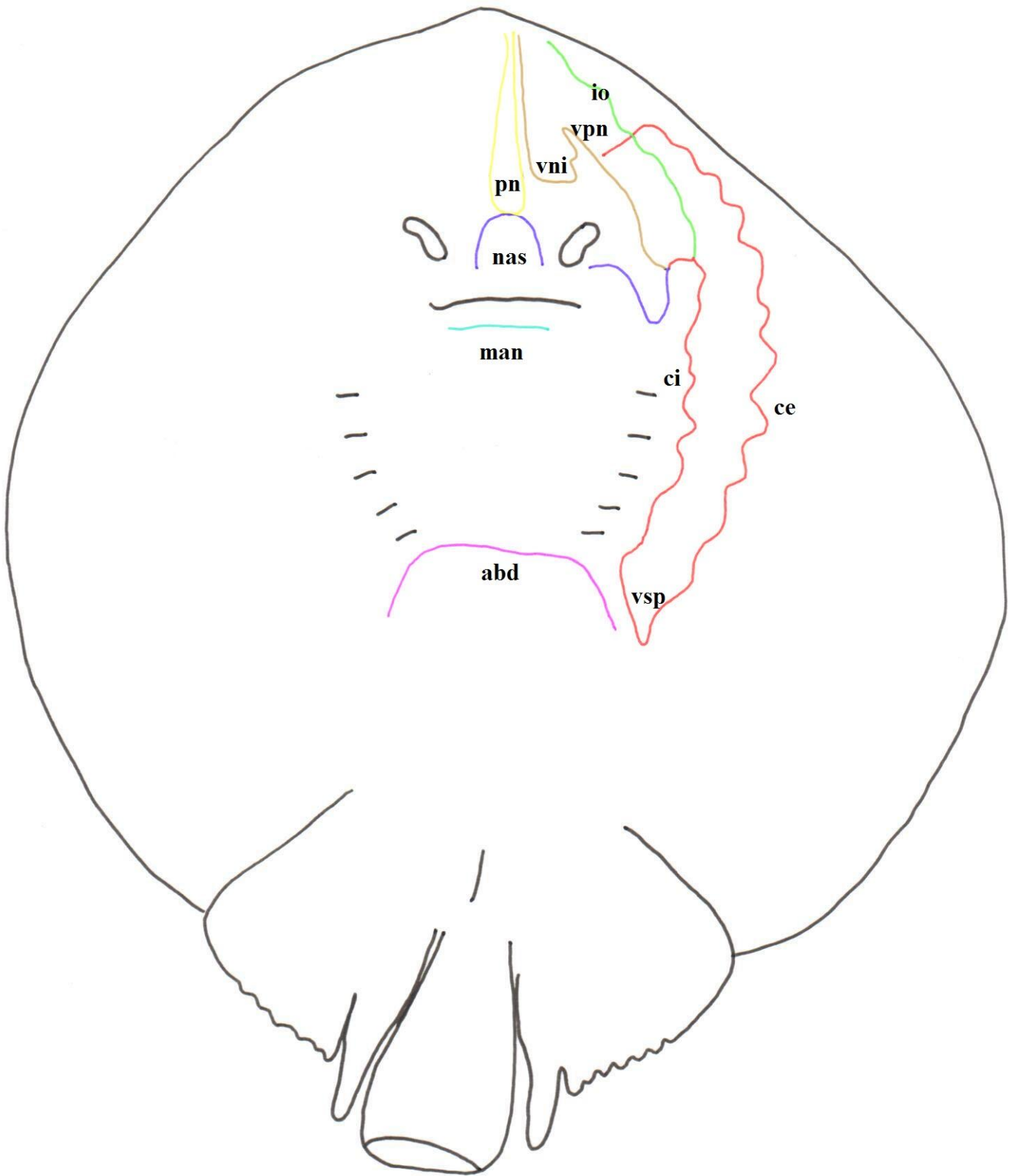


Figura 12: Canais ventrais da linha lateral em *Zanobatus schoenleinii*.

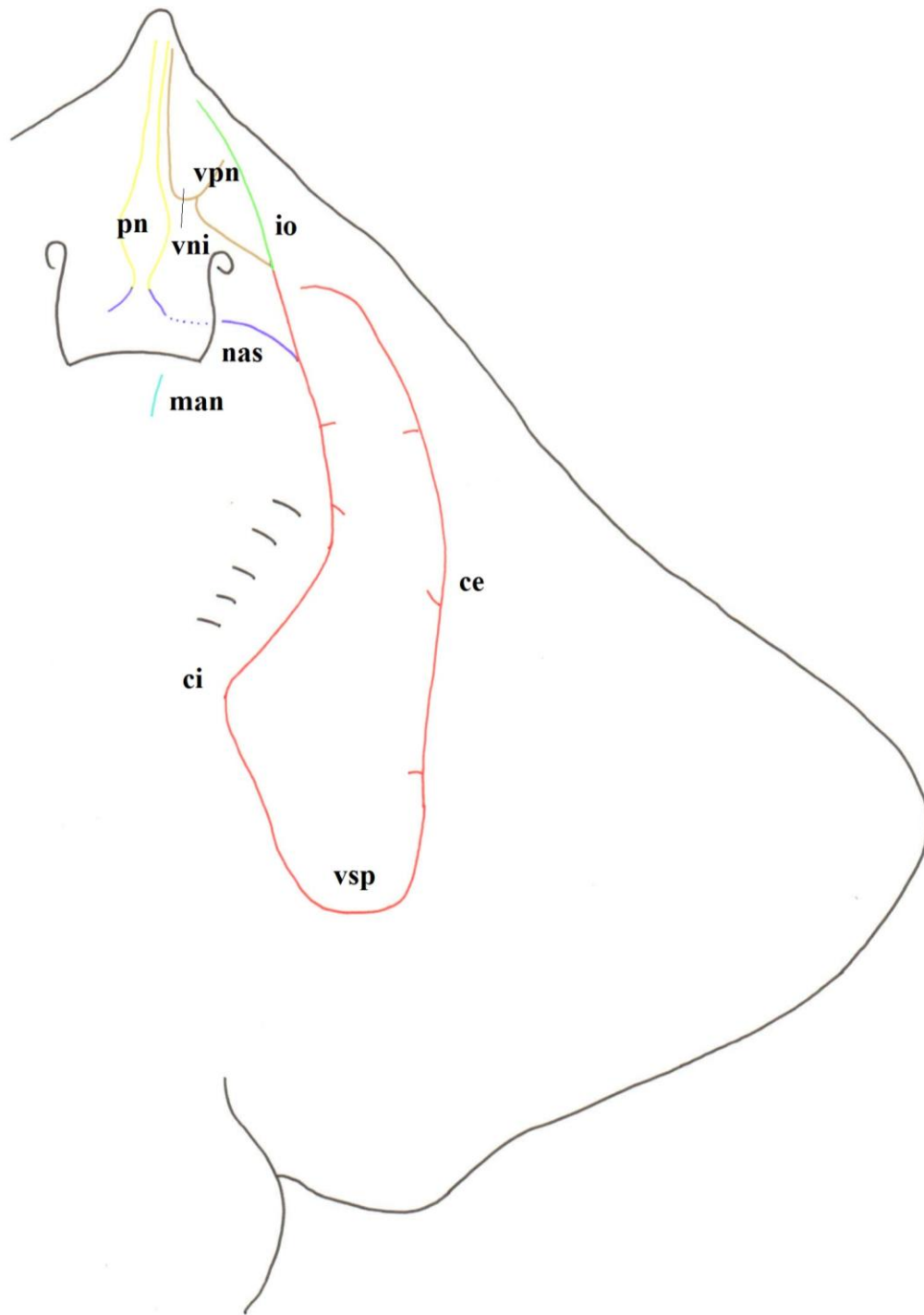


Figura 13: Canais ventrais da linha lateral em *Atlantoraja cyclophora*.

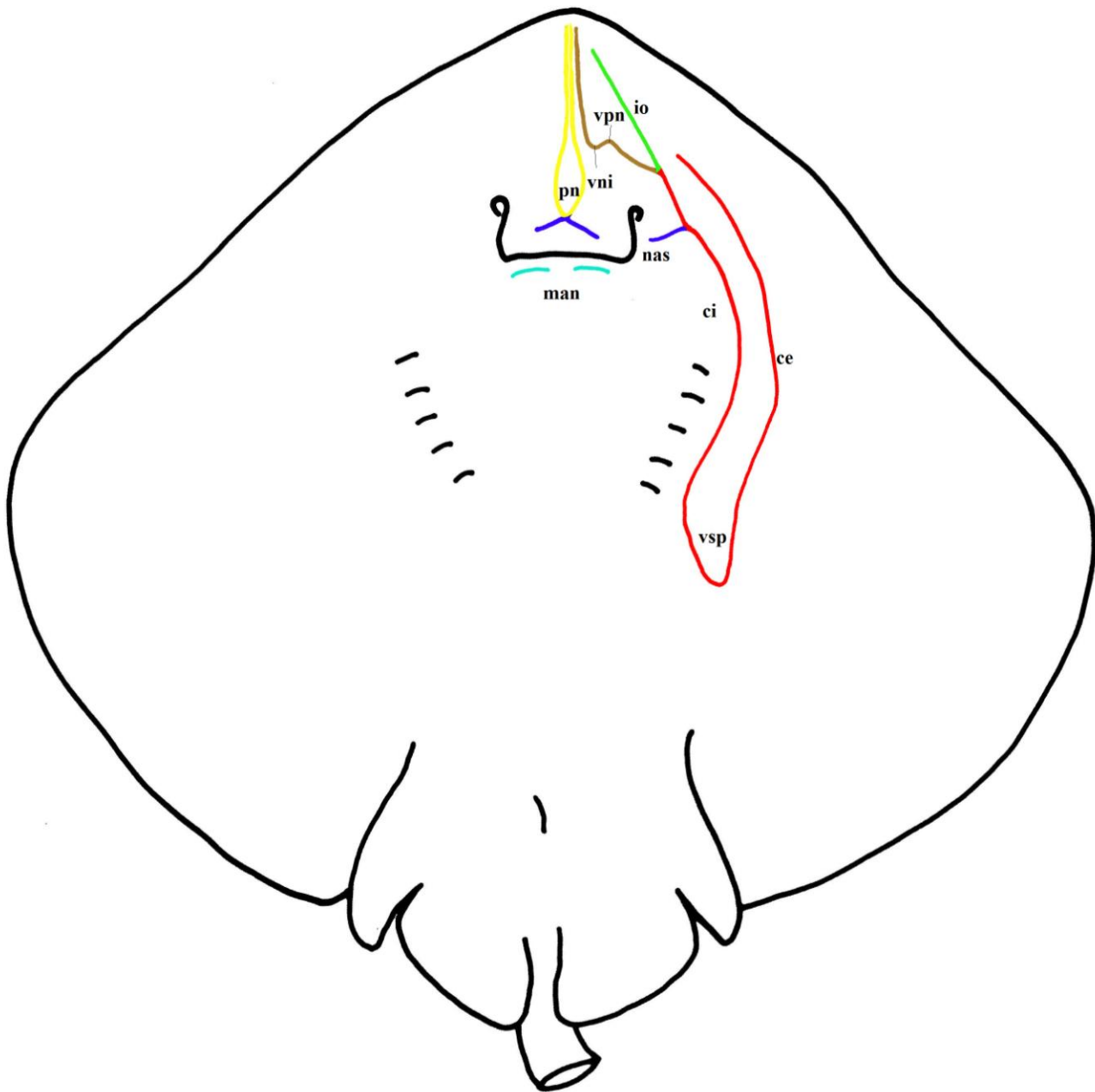


Figura 14: Canais ventrais da linha lateral em *Bathyraja interrupta*.

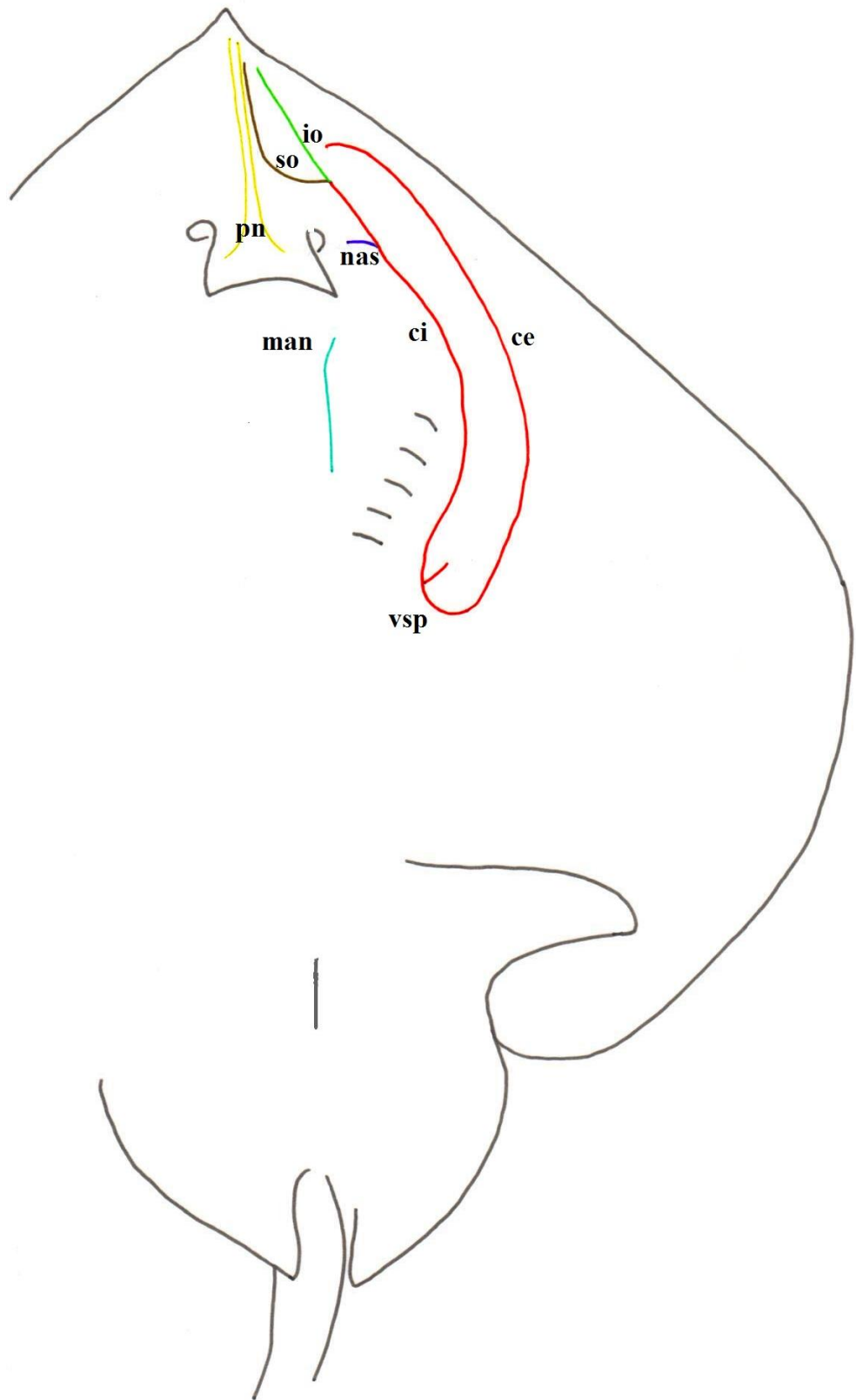


Figura 15: Canais ventrais da linha lateral em *Psammobati extenta*.

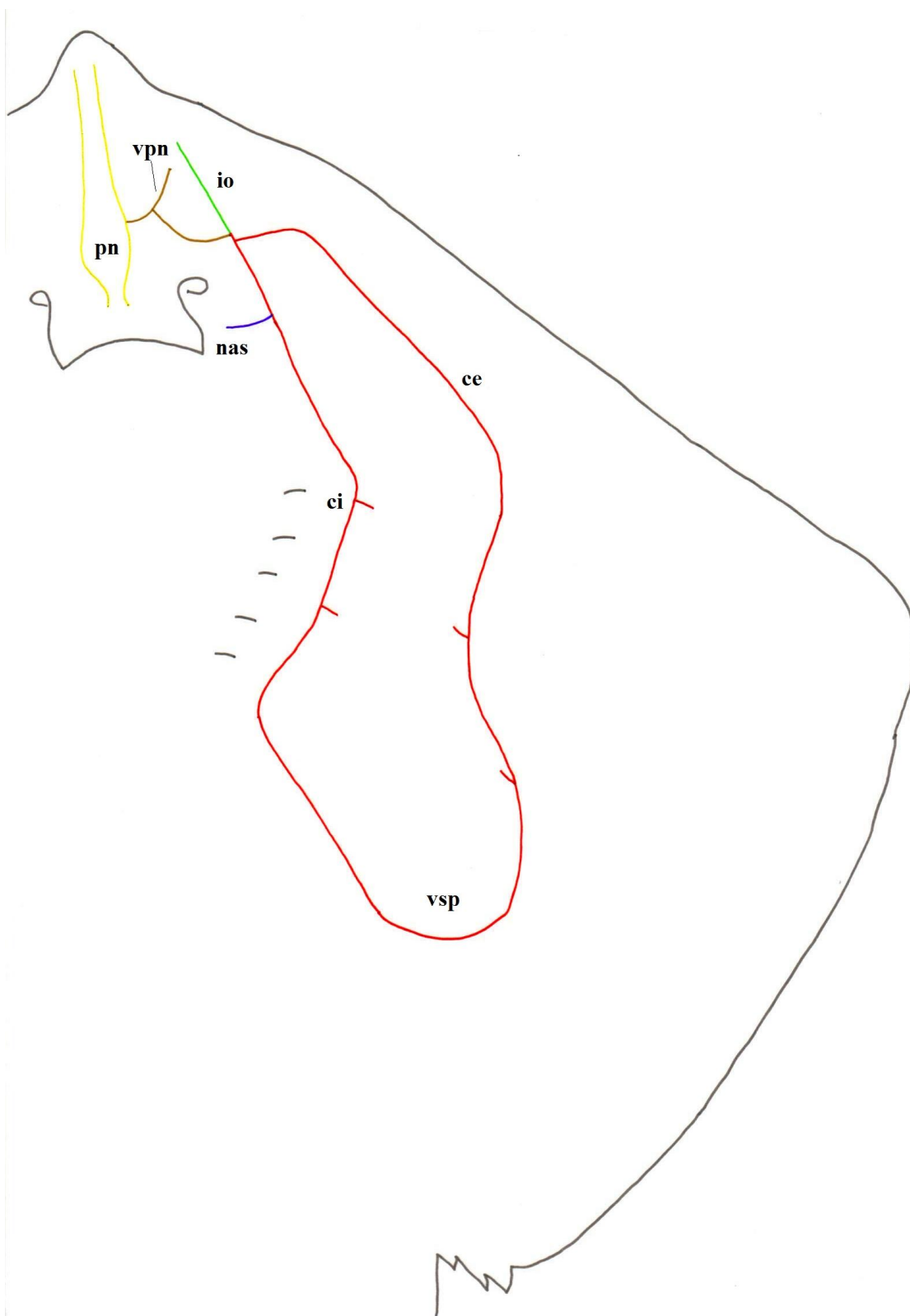


Figura 16: Canais ventrais da linha lateral em *Rioraja agassizi*.

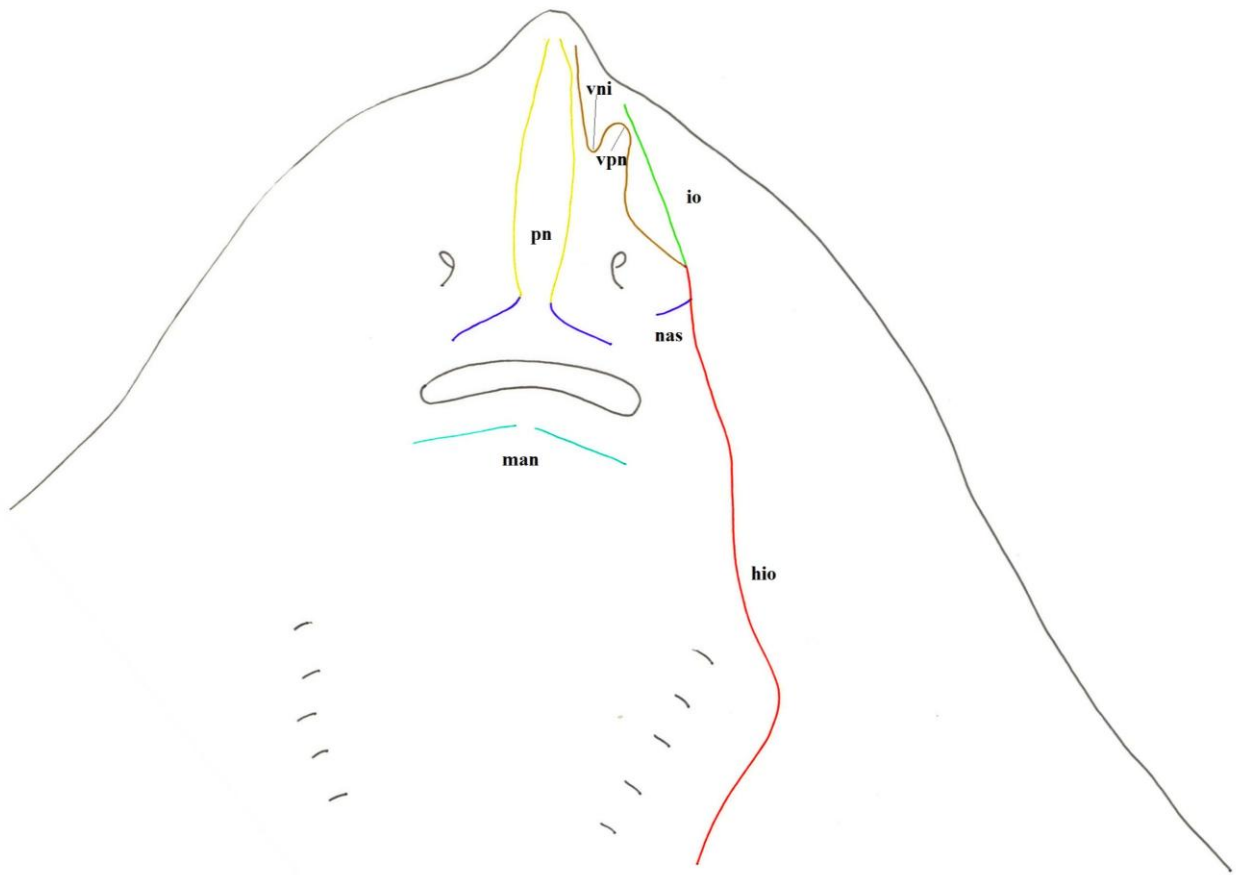


Figura 18: Canais ventrais da linha lateral em *Dactylobatus clarkii*



Figura 19: Canais ventrais da linha lateral em *Gurgesiella dorsalifera*.

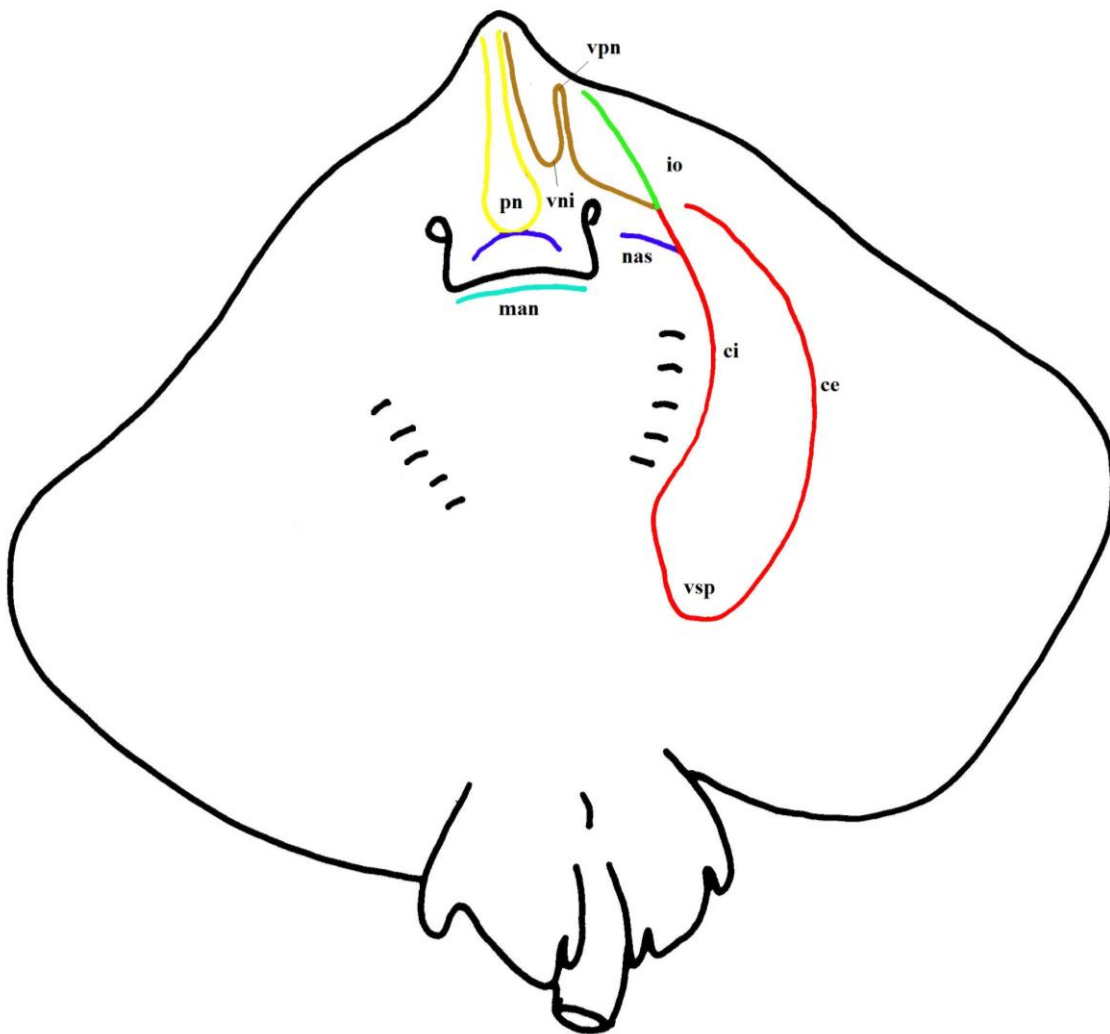


Figura 20: Canais ventrais da linha lateral em *Okamejei hollandii*.

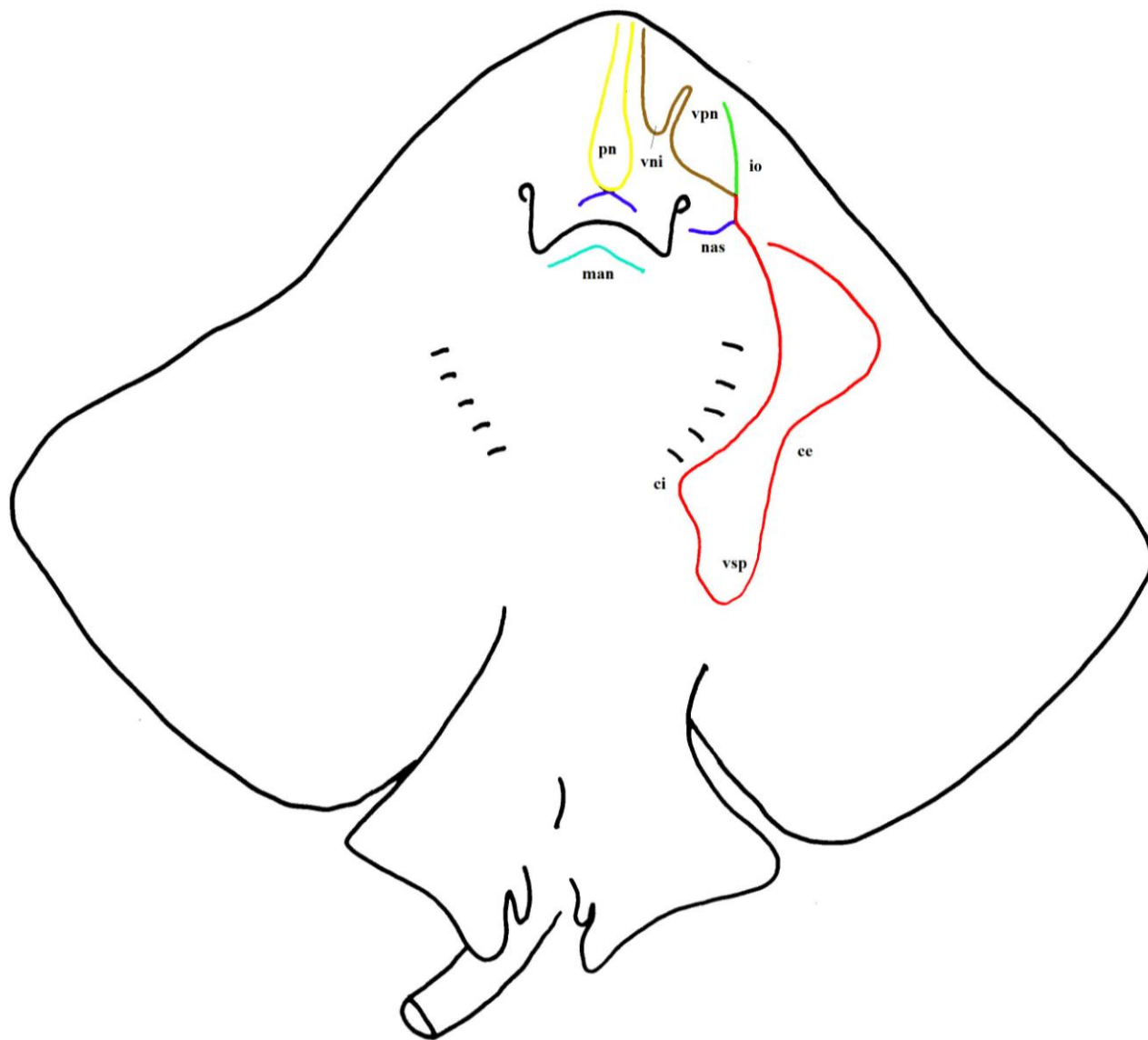


Figura 21: Canais ventrais da linha lateral em *Raja binocolata*.

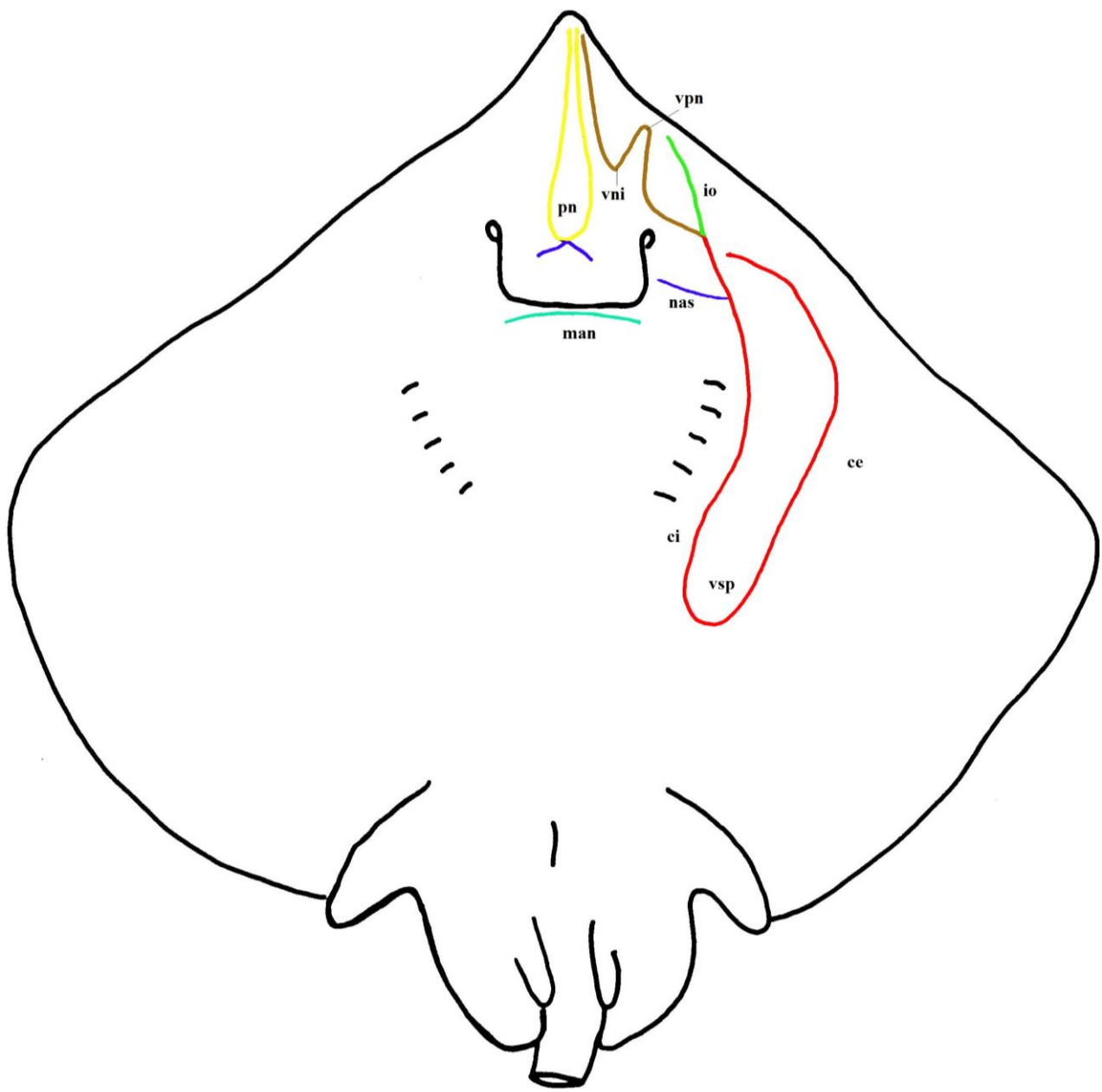


Figura 22: Canais ventrais da linha lateral em *Raja inornata*.

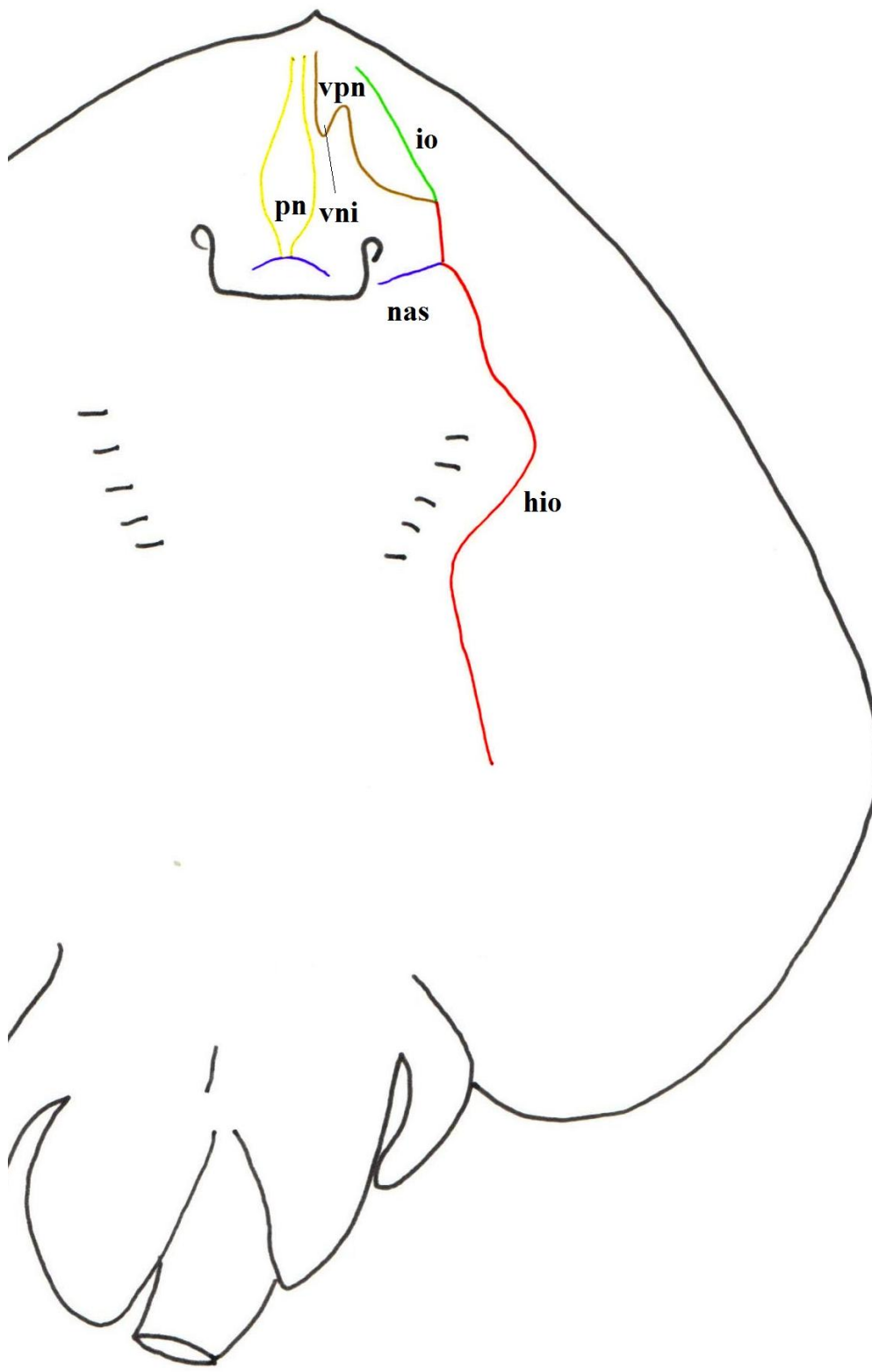


Figura 23: Canais ventrais da linha lateral em *Rajella fuliginea*.

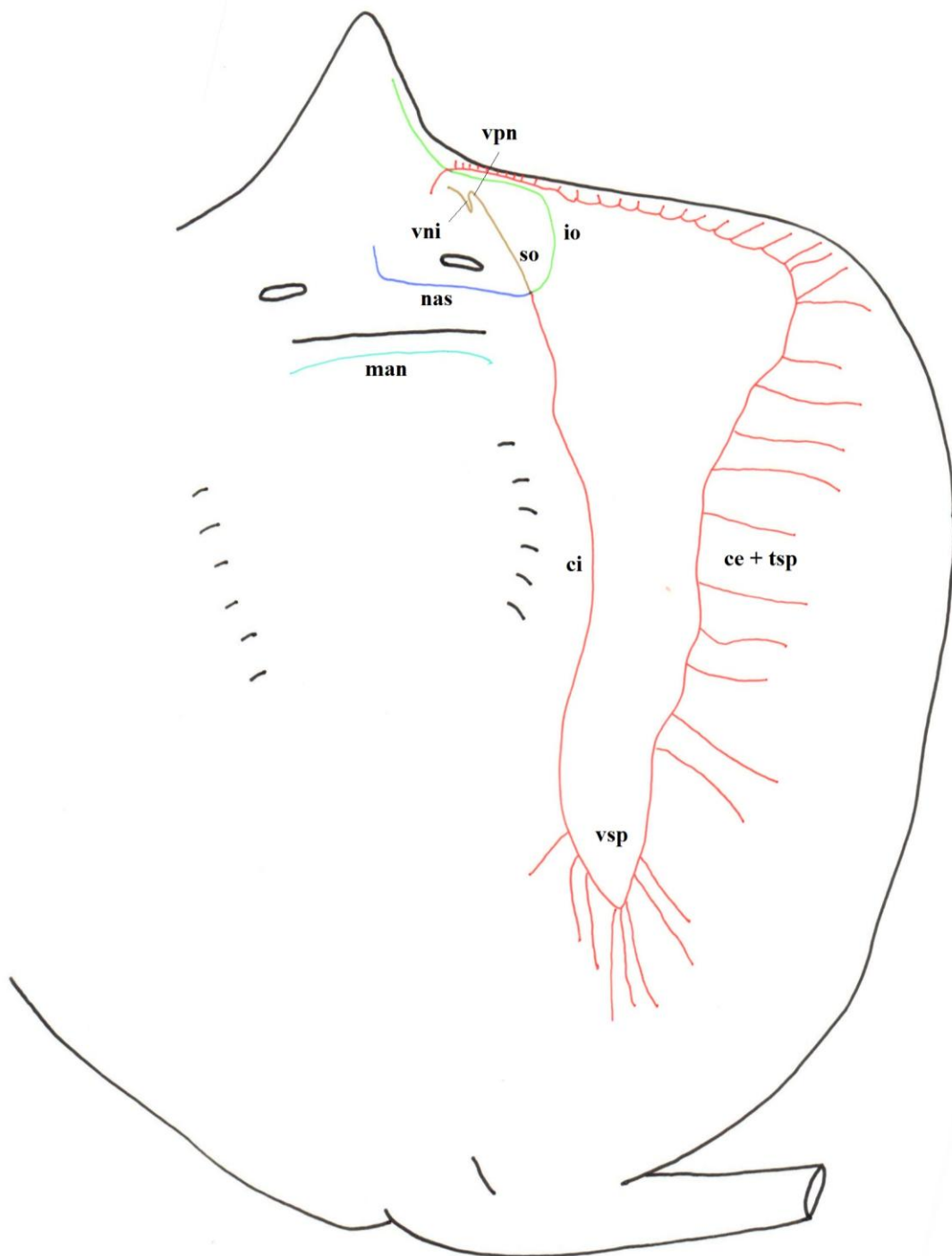


Figura 24: Canais ventrais da linha lateral em *Hexatrygon bickelli*.

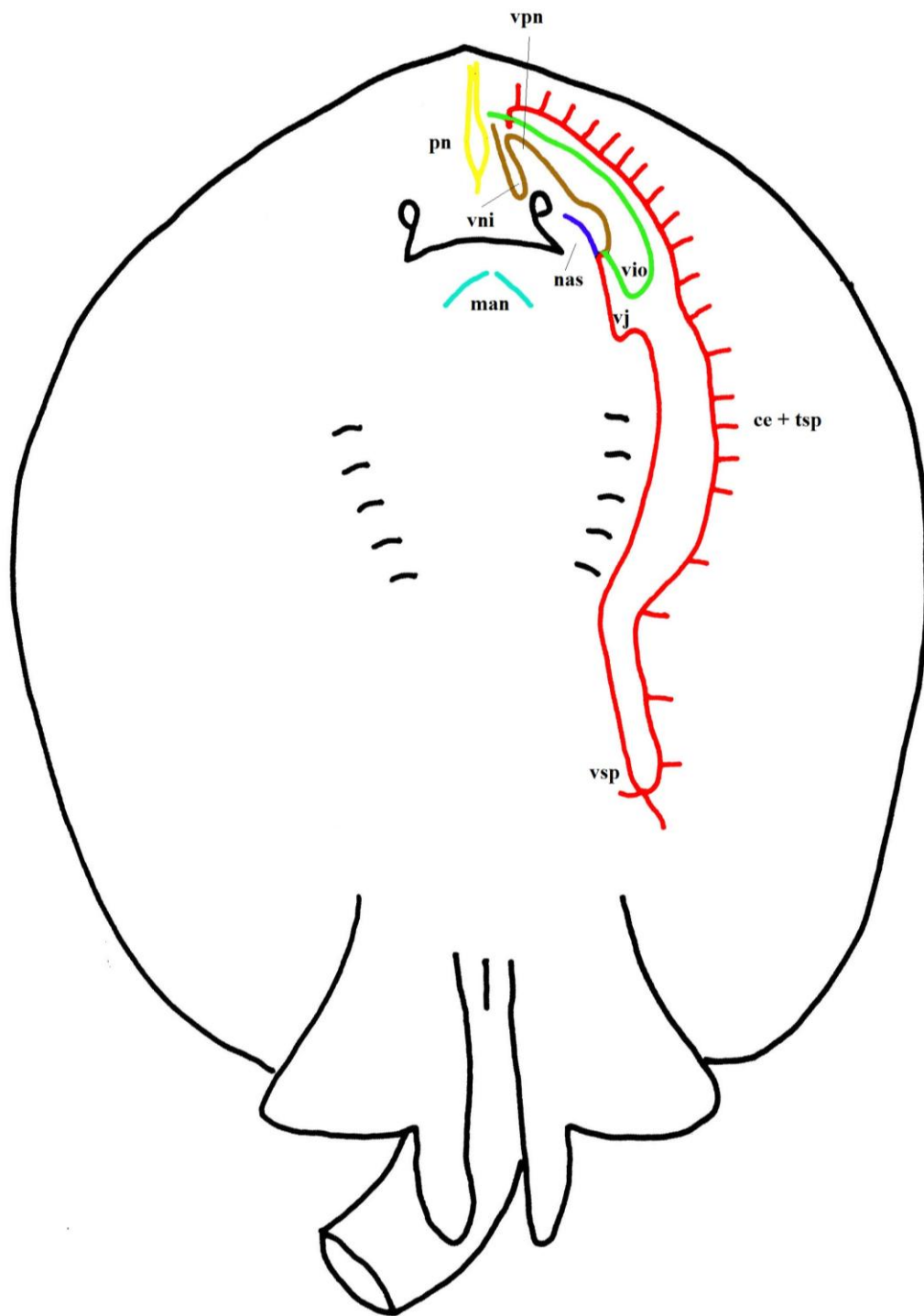


Figura 25: Canais ventrais da linha lateral em *Urobatis jamaicensis*.

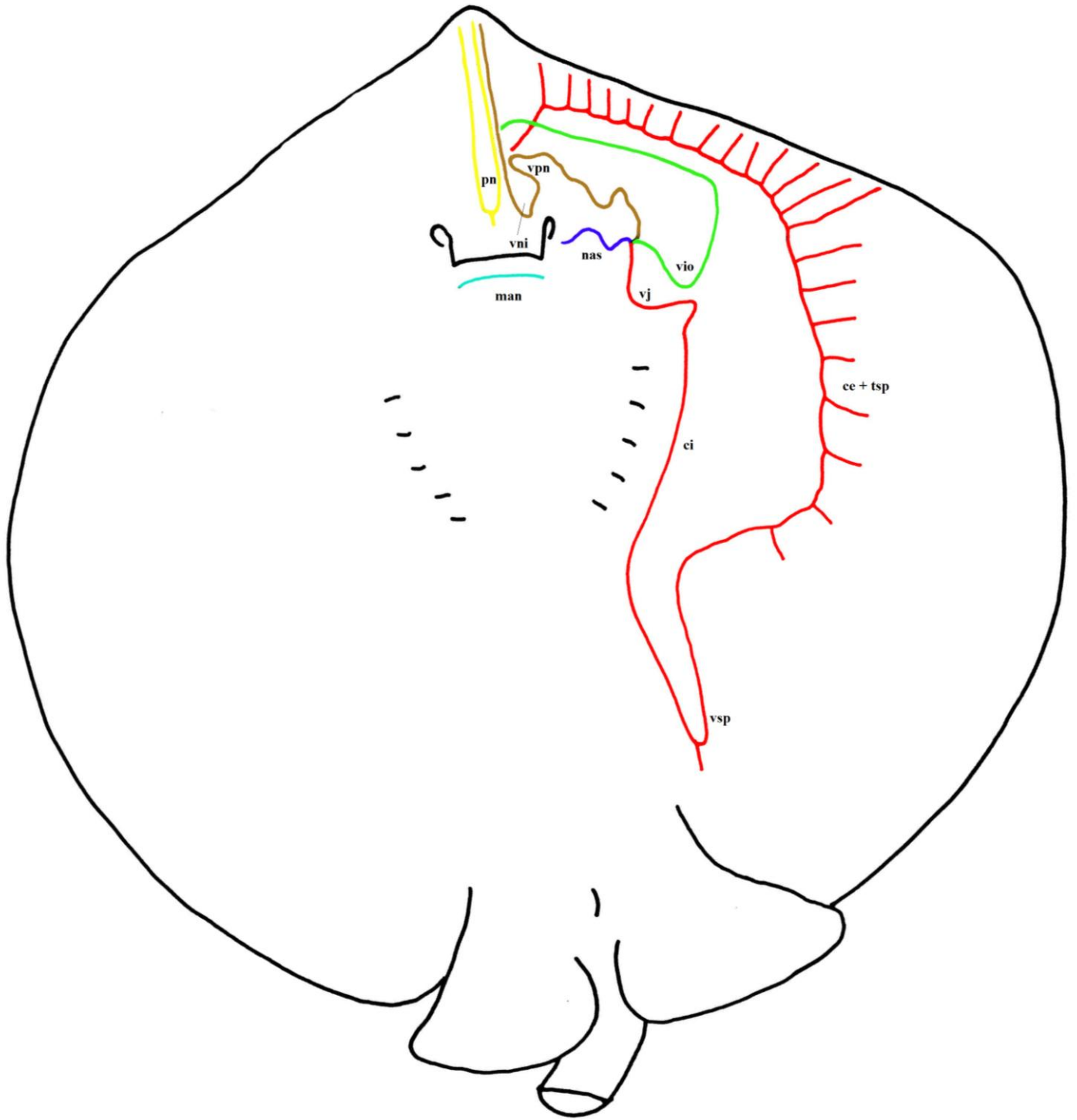


Figura 26: Canais ventrais da linha lateral em *Urotrygon aspidura*.

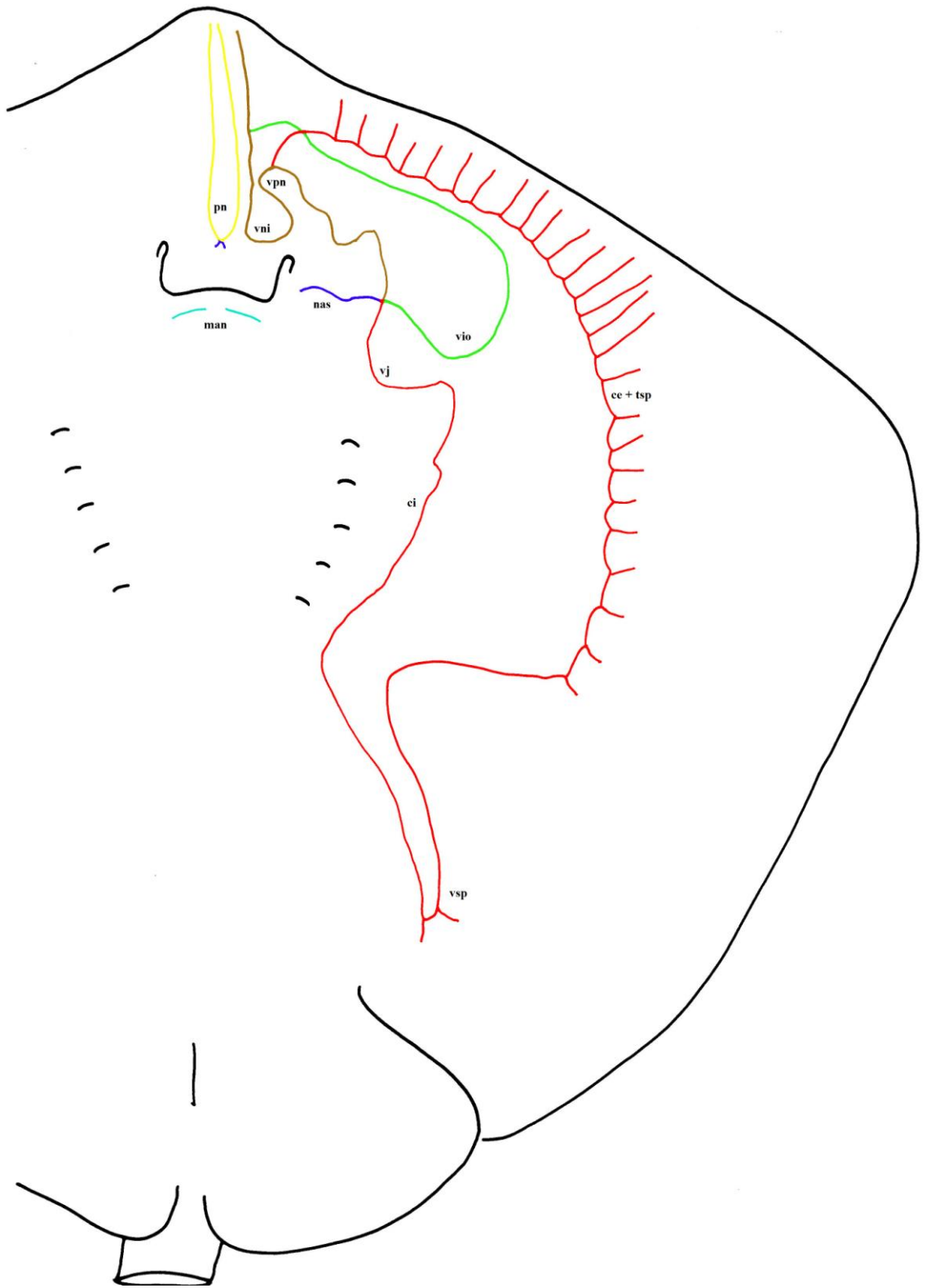


Figura 27: Canais ventrais da linha lateral em *Urotrygon rogersi*.

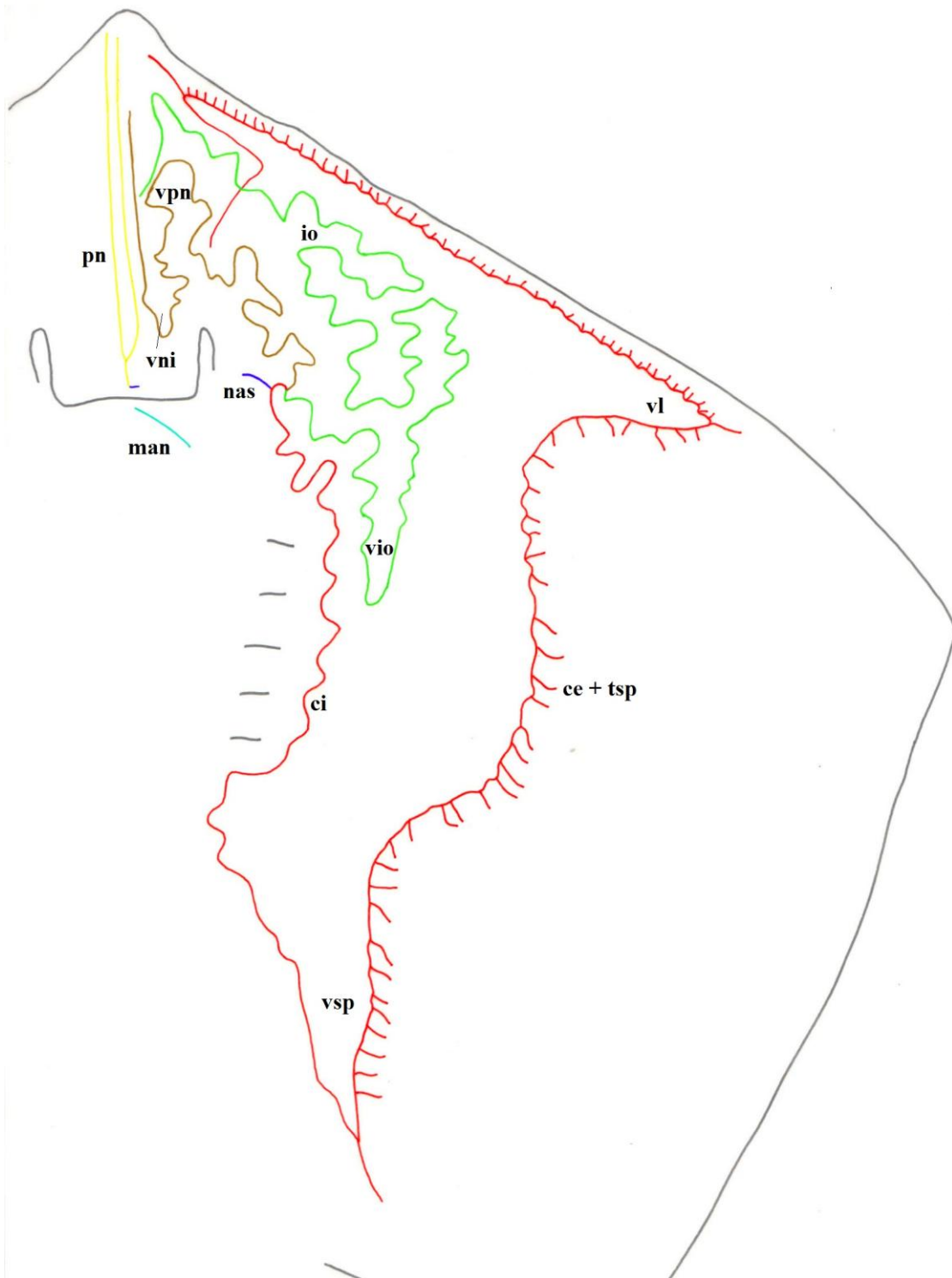


Figura 28: Canais ventrais da linha lateral em *Dasyatis guttata*.

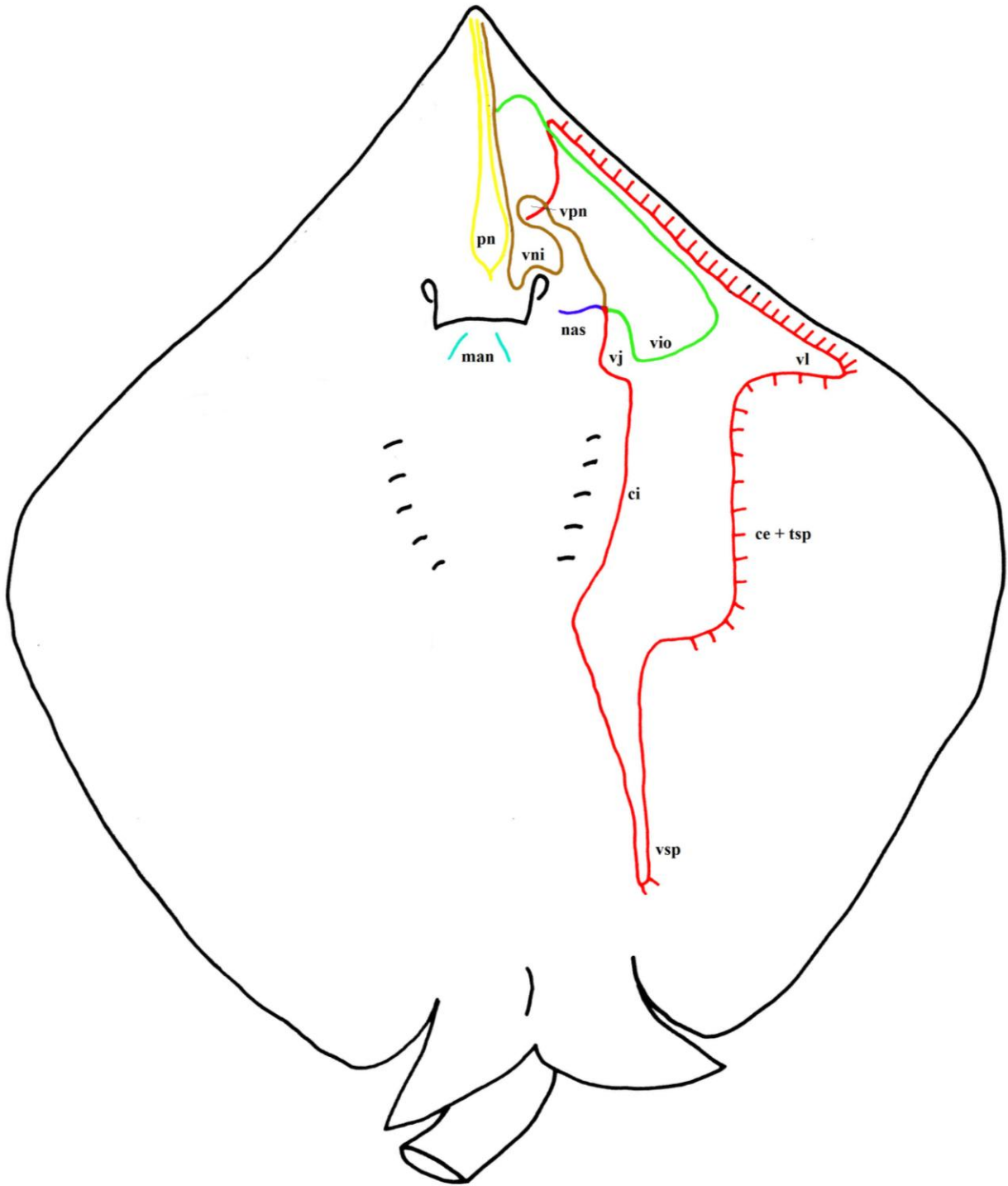


Figura 29: Canais ventrais da linha lateral em *Dasyatis zugei*.

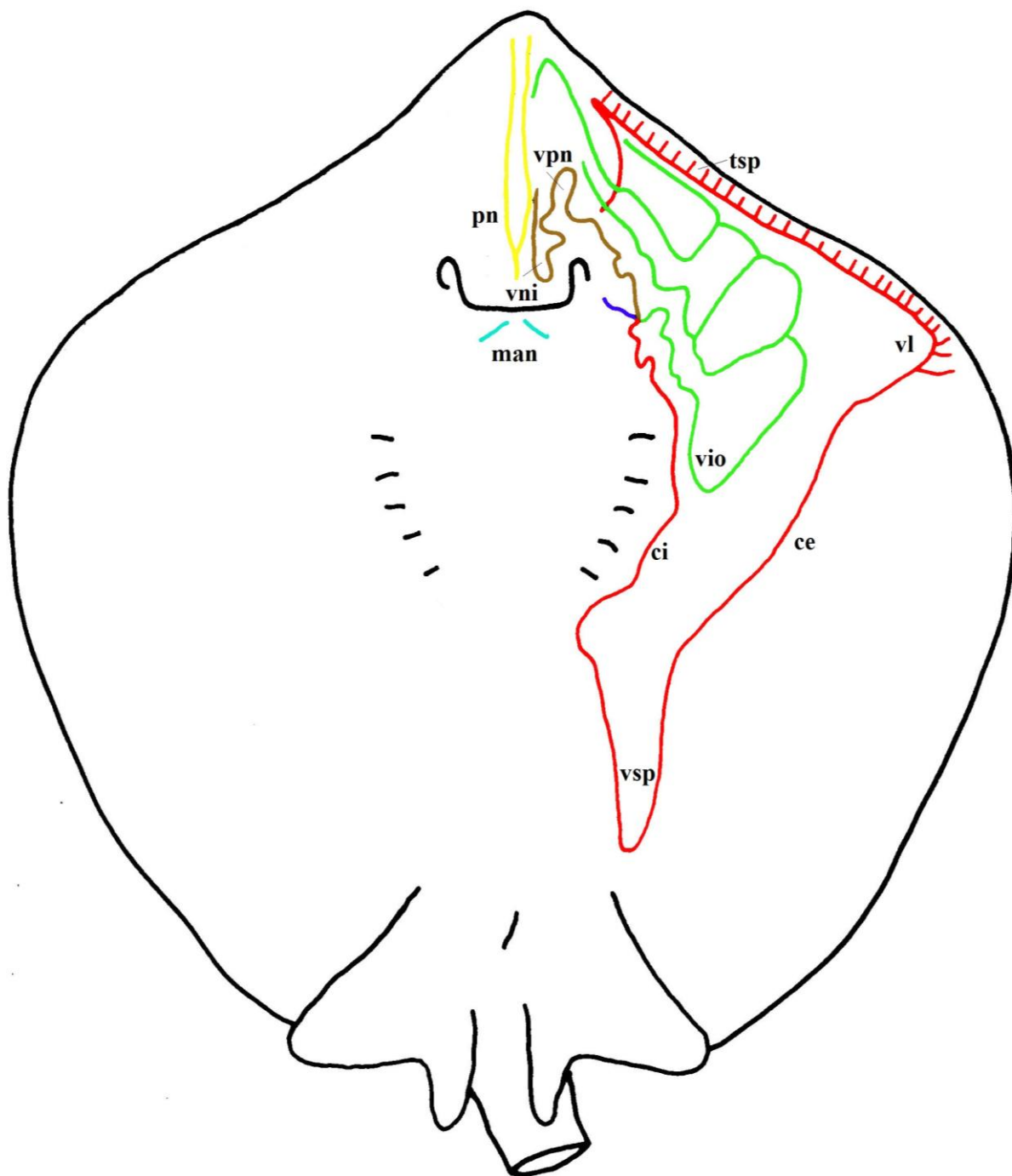


Figura 30: Canais ventrais da linha lateral em *Himantura imbricata*.

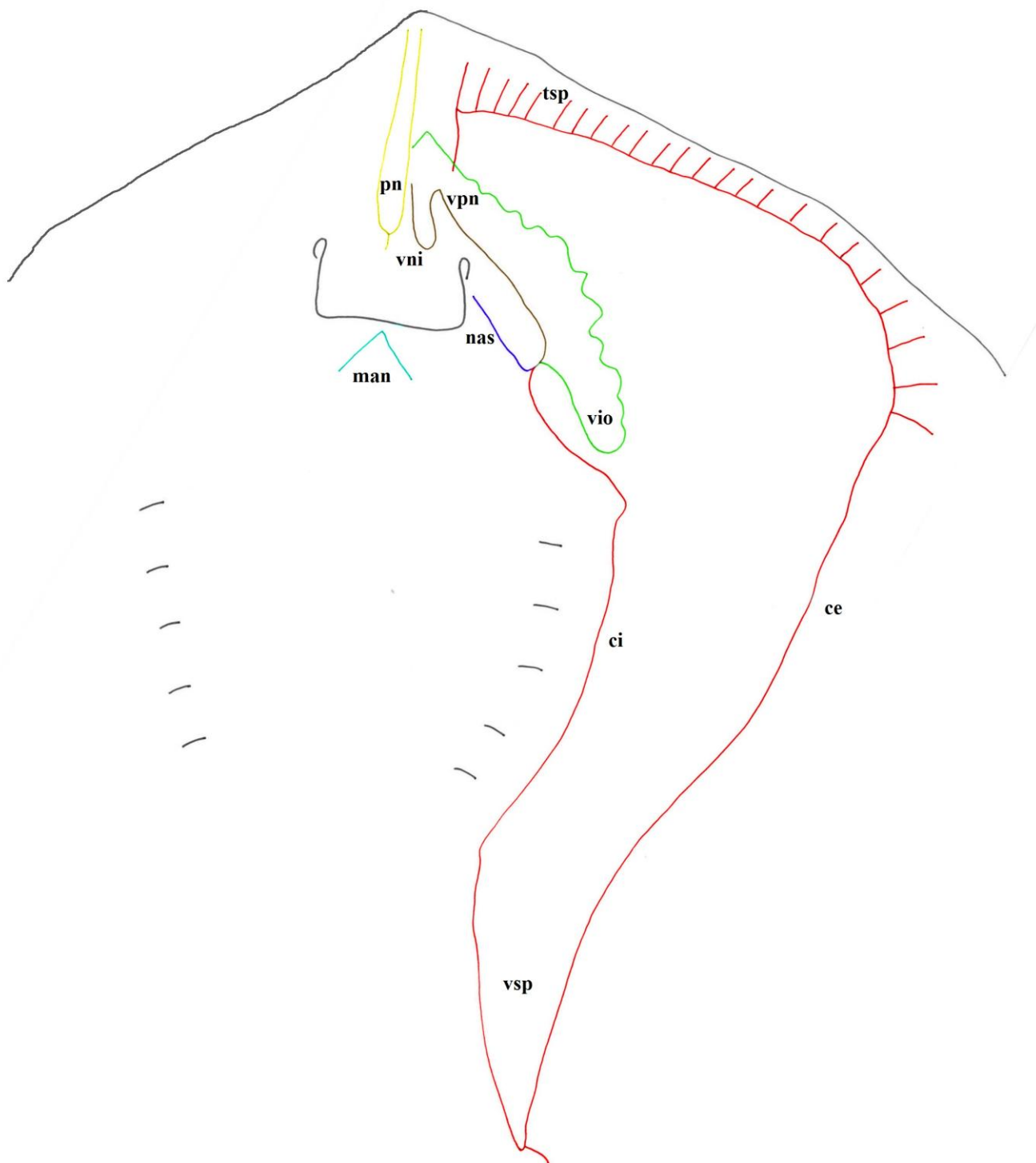


Figura 31: Canais ventrais da linha lateral em *Himantura schmardae*.

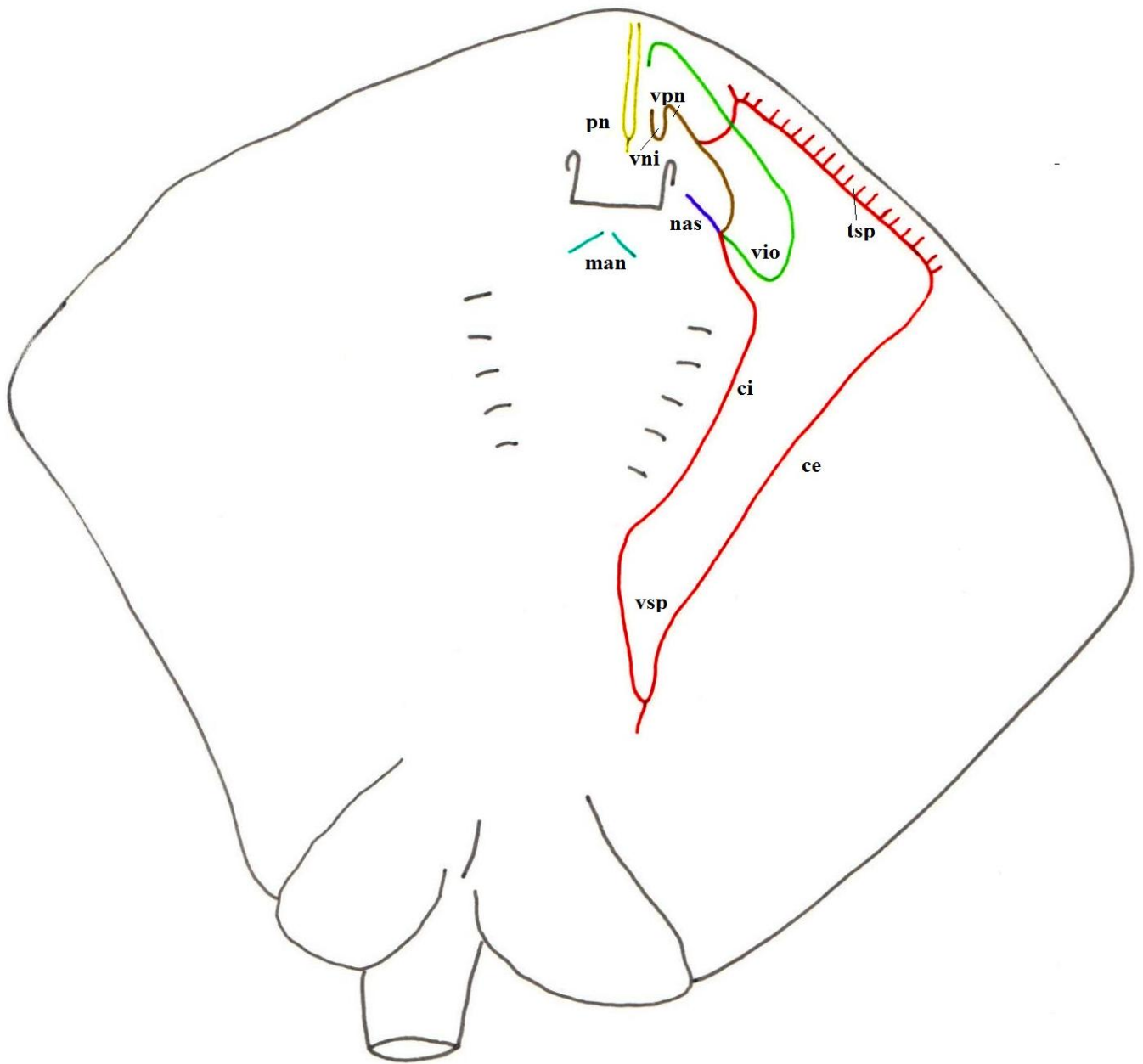


Figura 32: Canais ventrais da linha lateral em *Neotrygon kuhlii*.

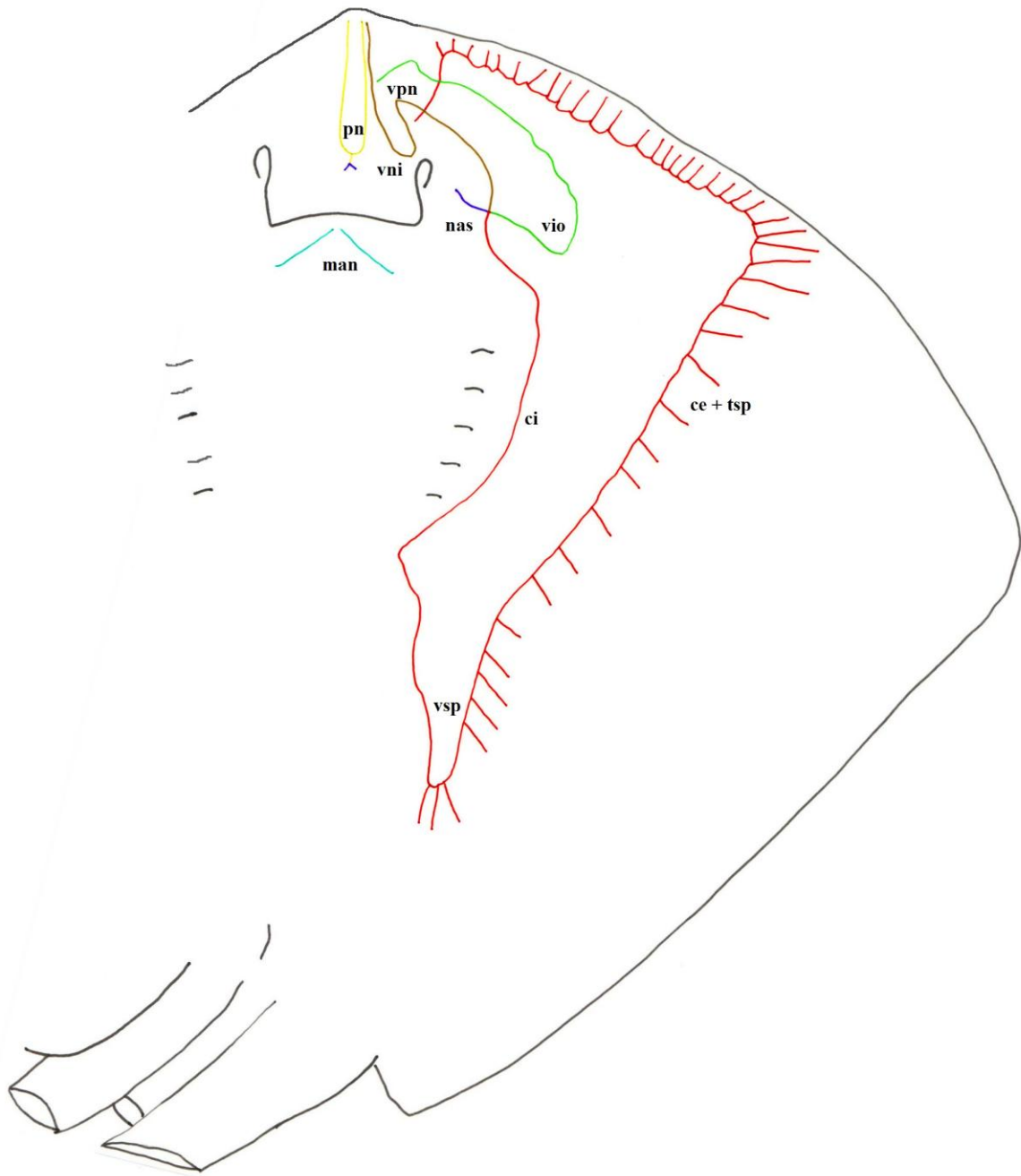


Figura 33: Canais ventrais da linha lateral em *Pteroplatytrygon violacea*.

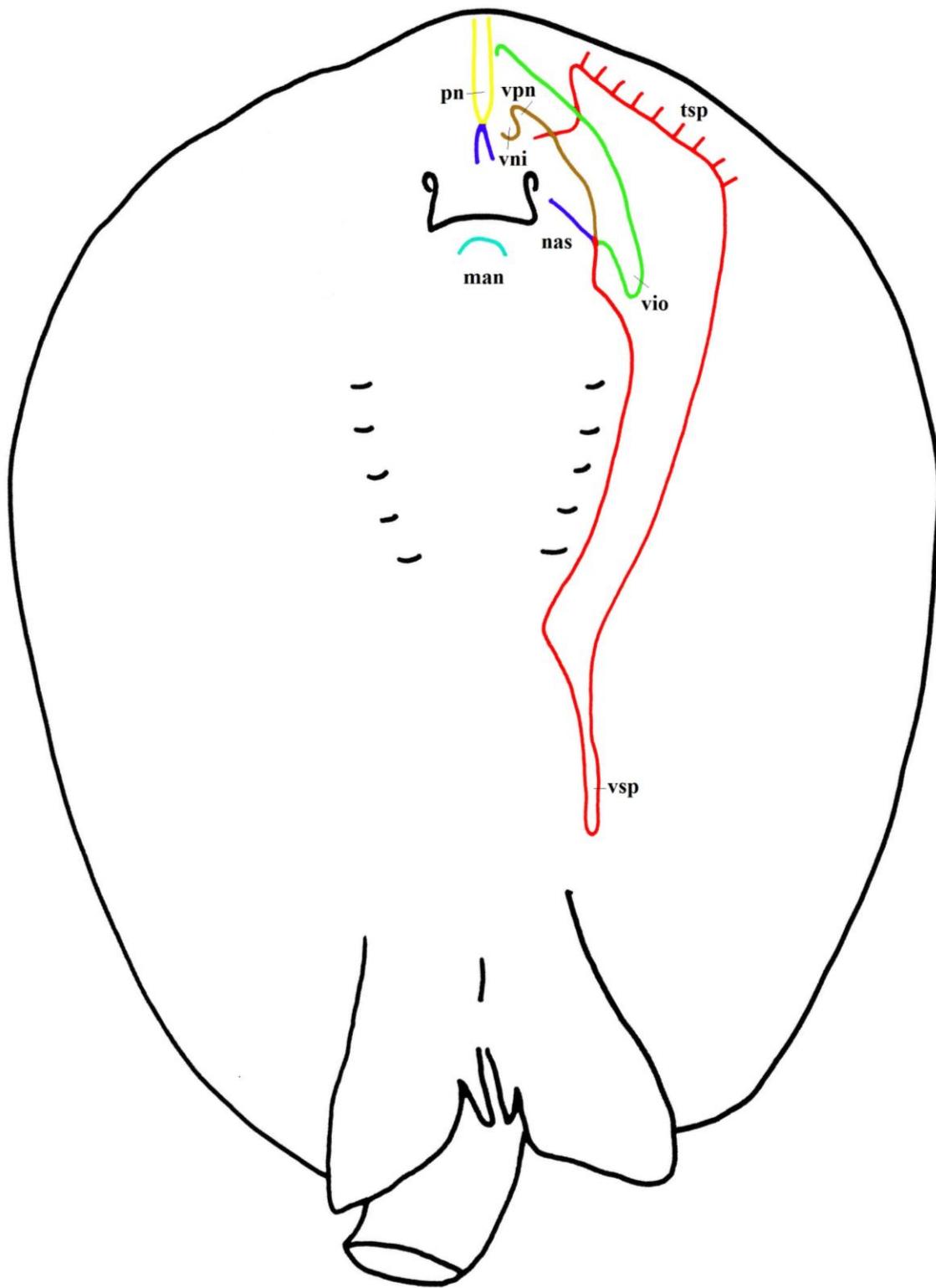


Figura 34: Canais ventrais da linha lateral em *Taeniura lymma*.

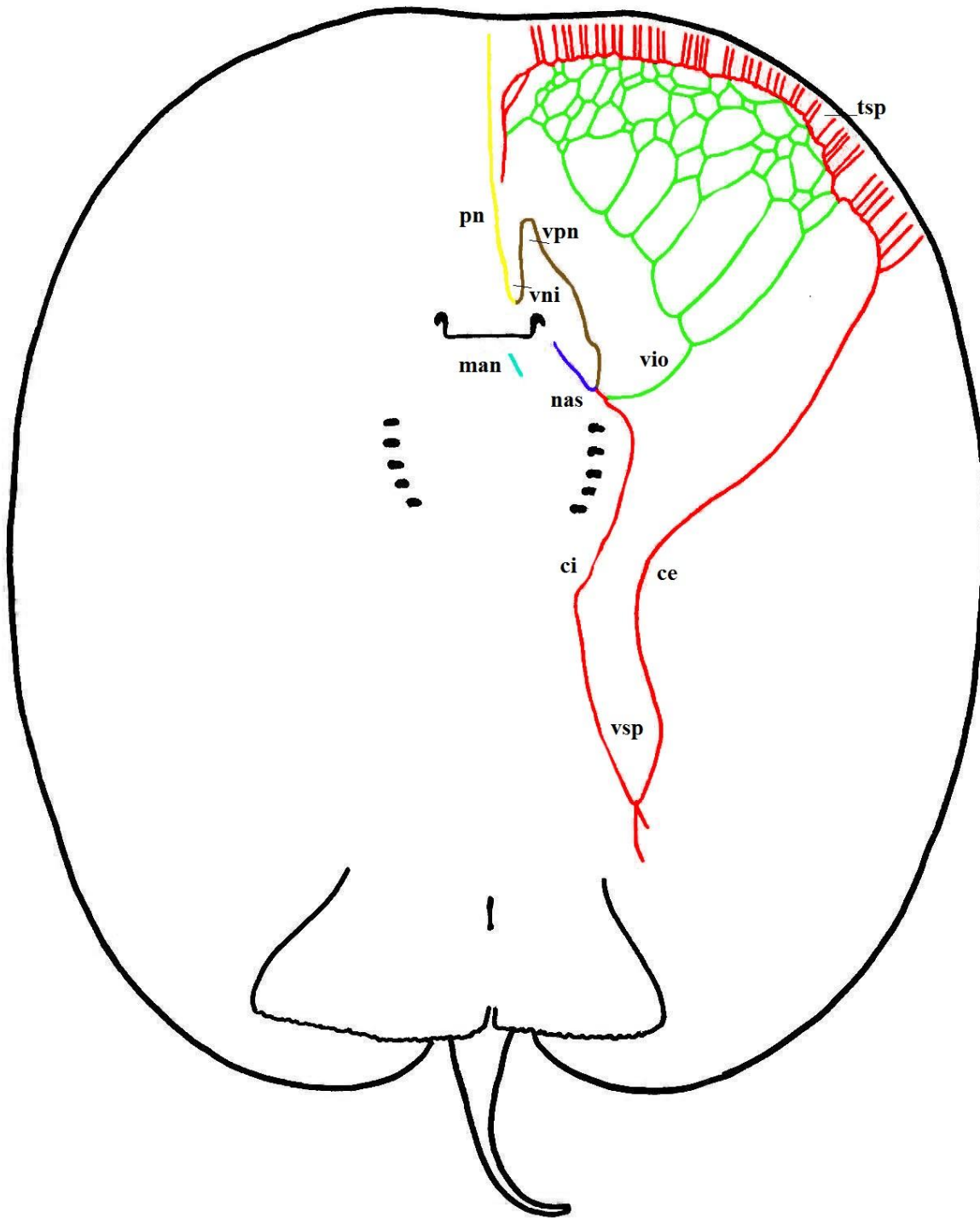


Figura 35: Canais ventrais da linha lateral em *Paratrygon aiereba*.

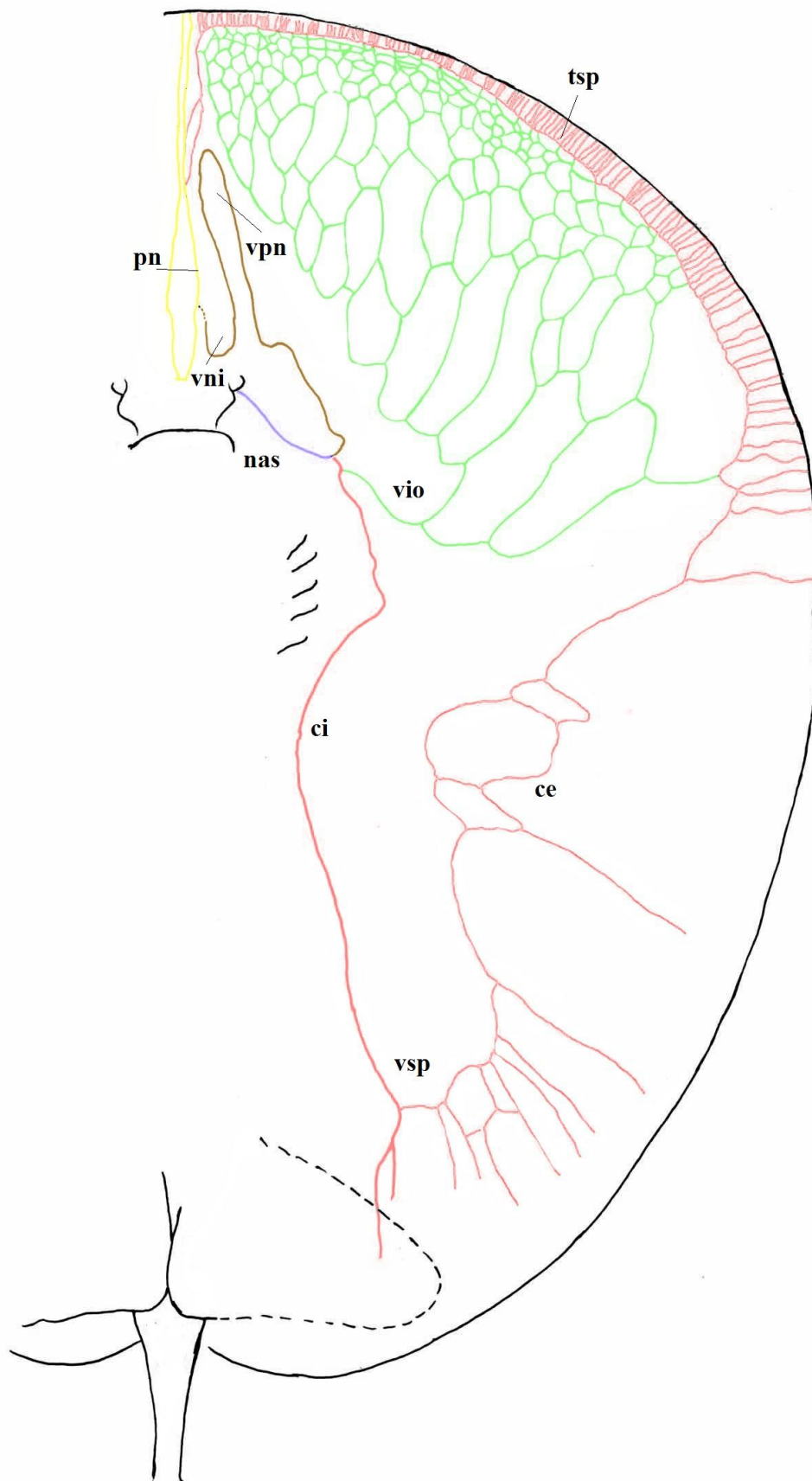


Figura 36: Canais ventrais da linha lateral em *Heliotrygon gomesi*.

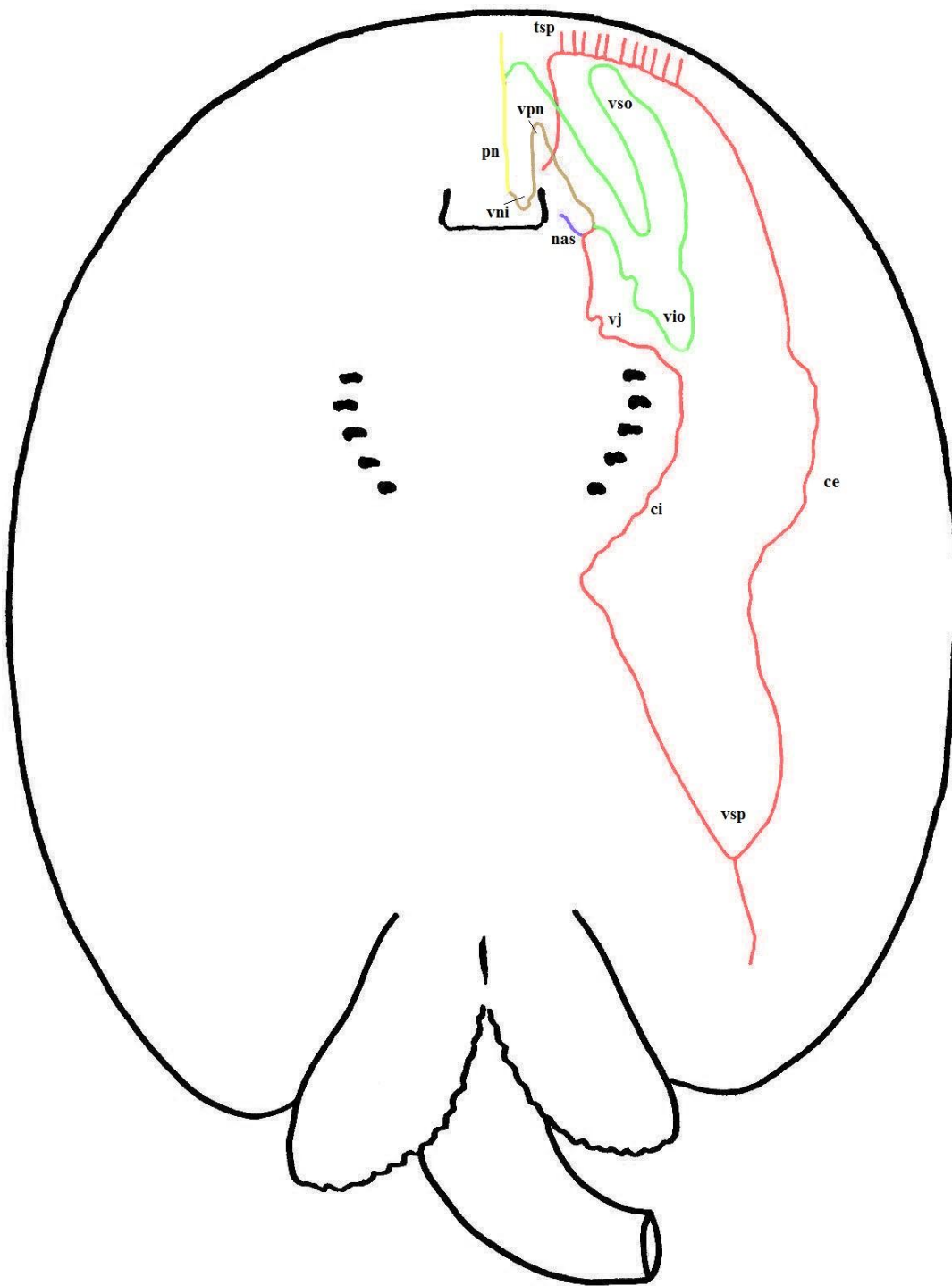


Figura 37: Canais ventrais da linha lateral em *Plesiotrygon iwamae*.

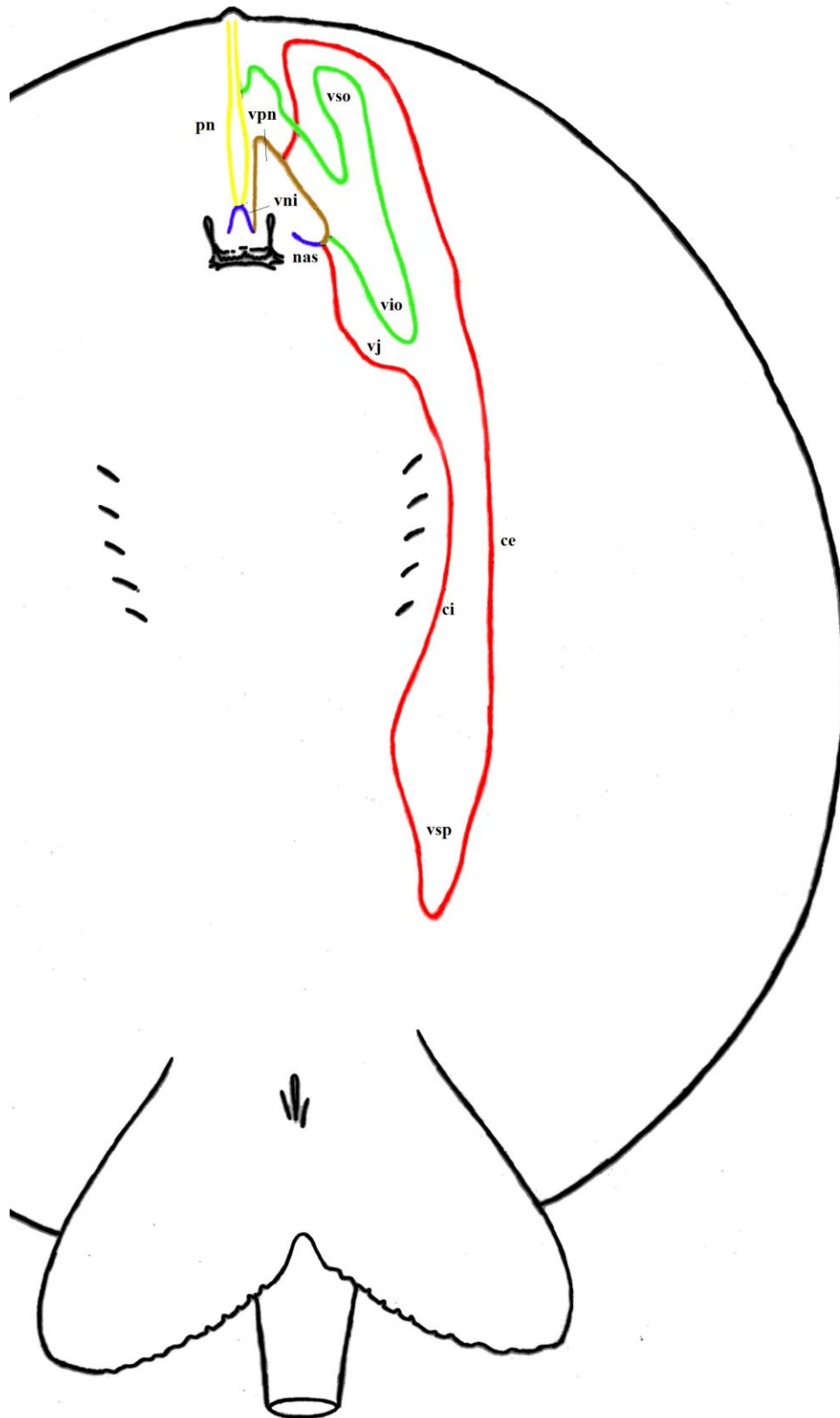


Figura 38: Canais ventrais da linha lateral em *Plesiotrygon nana*.

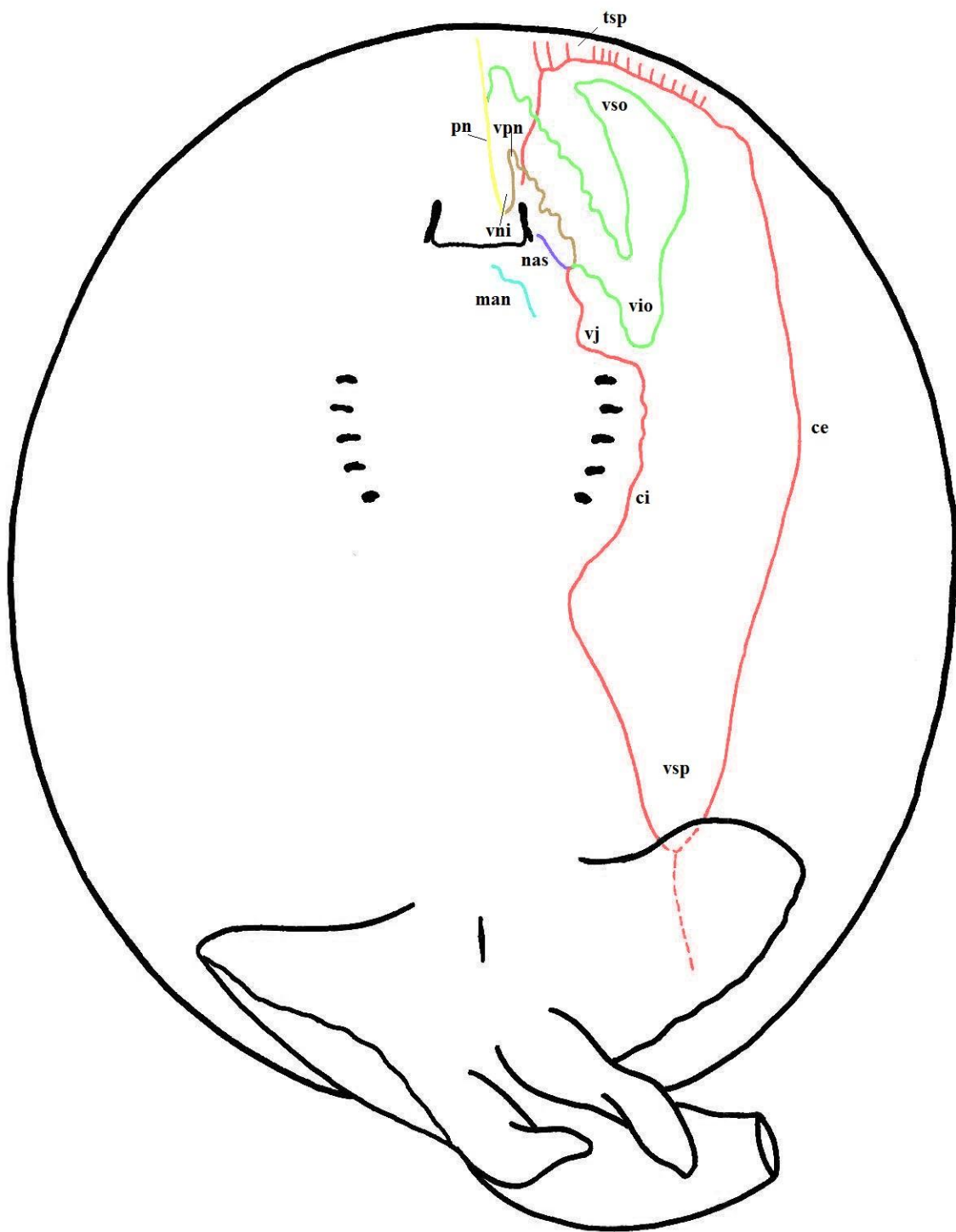


Figura 39: Canais ventrais da linha lateral em *Potamotrygon falkneri*.

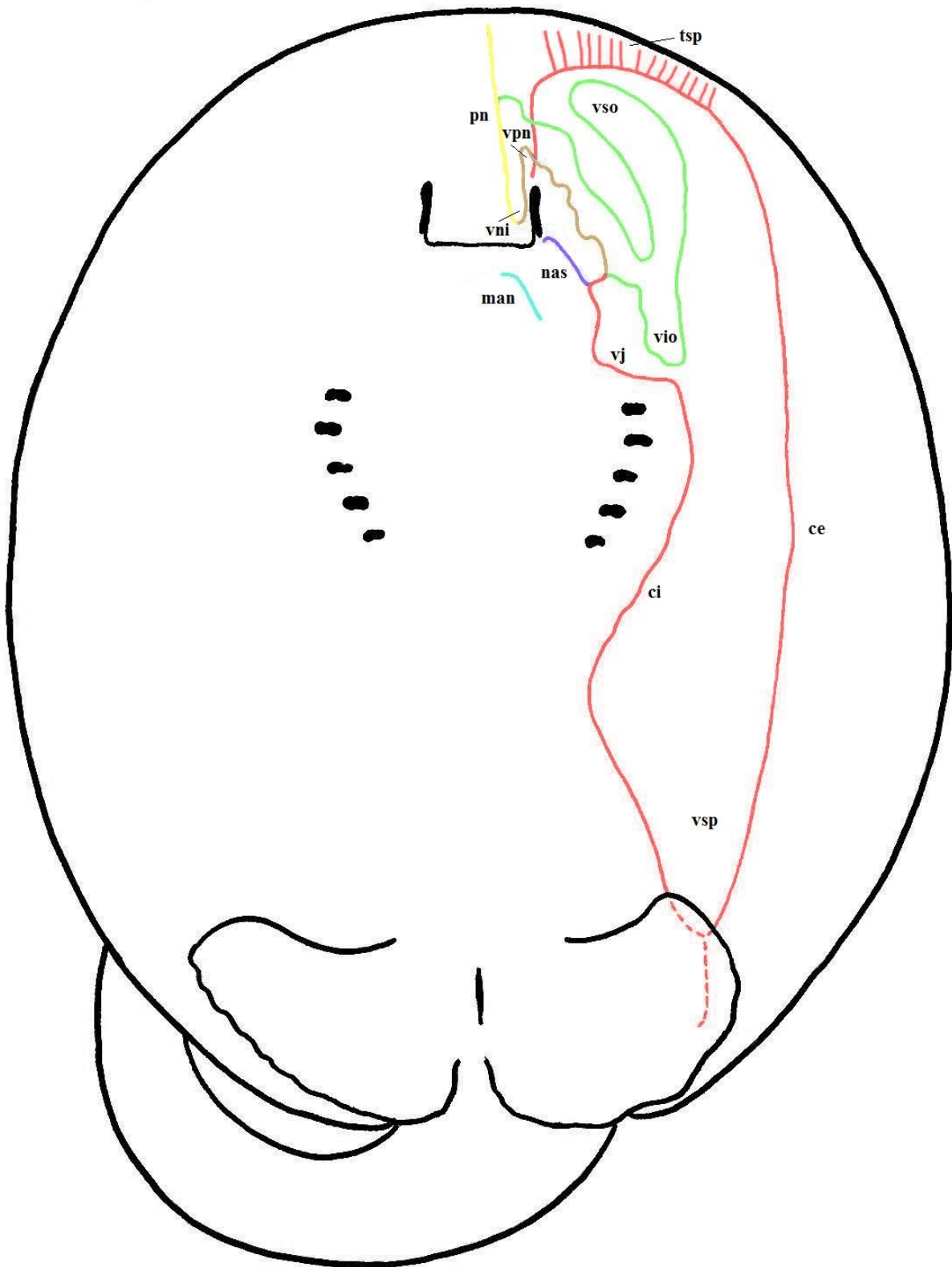


Figura 40: Canais ventrais da linha lateral em *Potamotrygon motoro*.

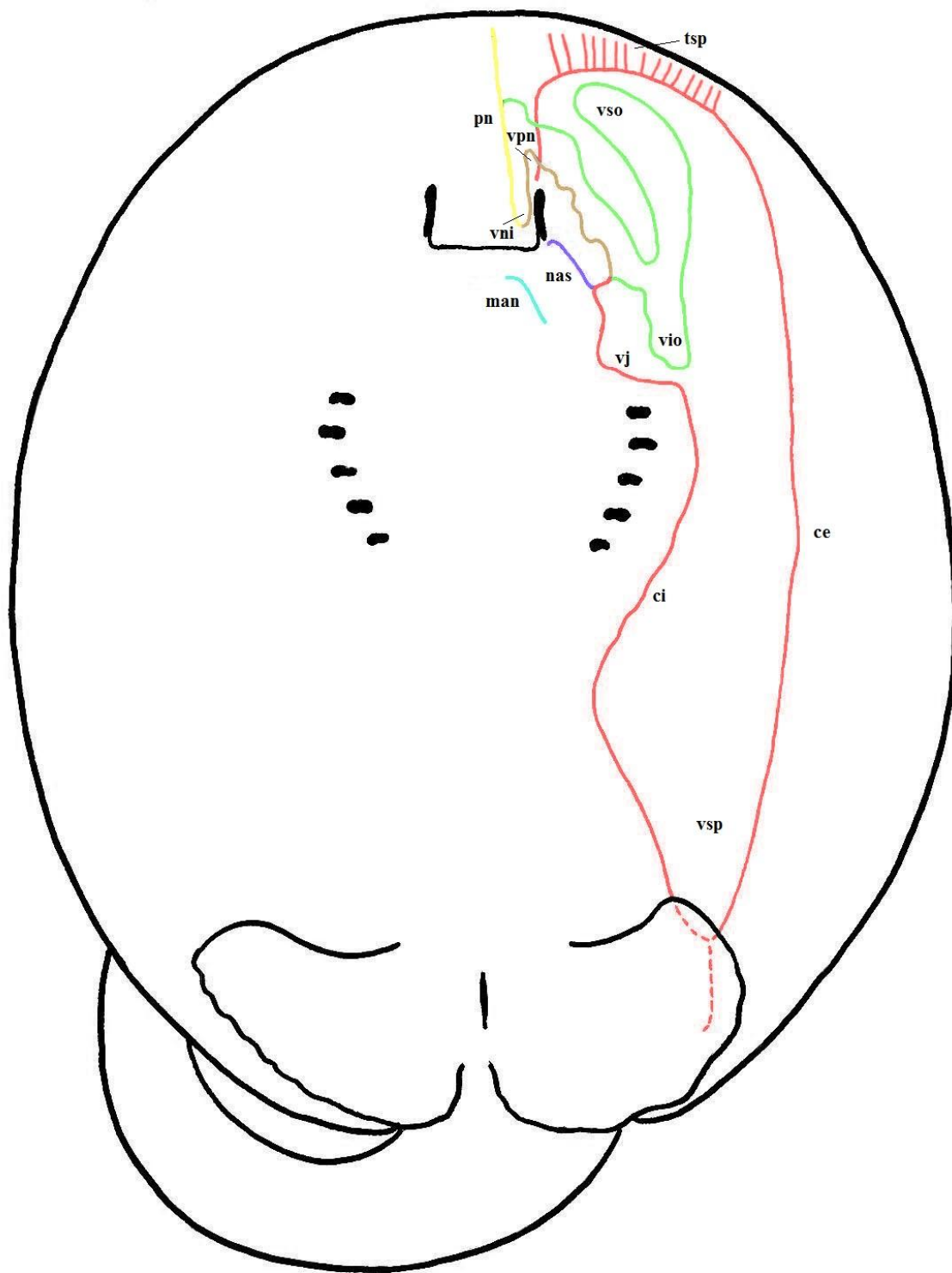


Figura 41: Canais ventrais da linha lateral em *Potamotrygon orbignyi*.

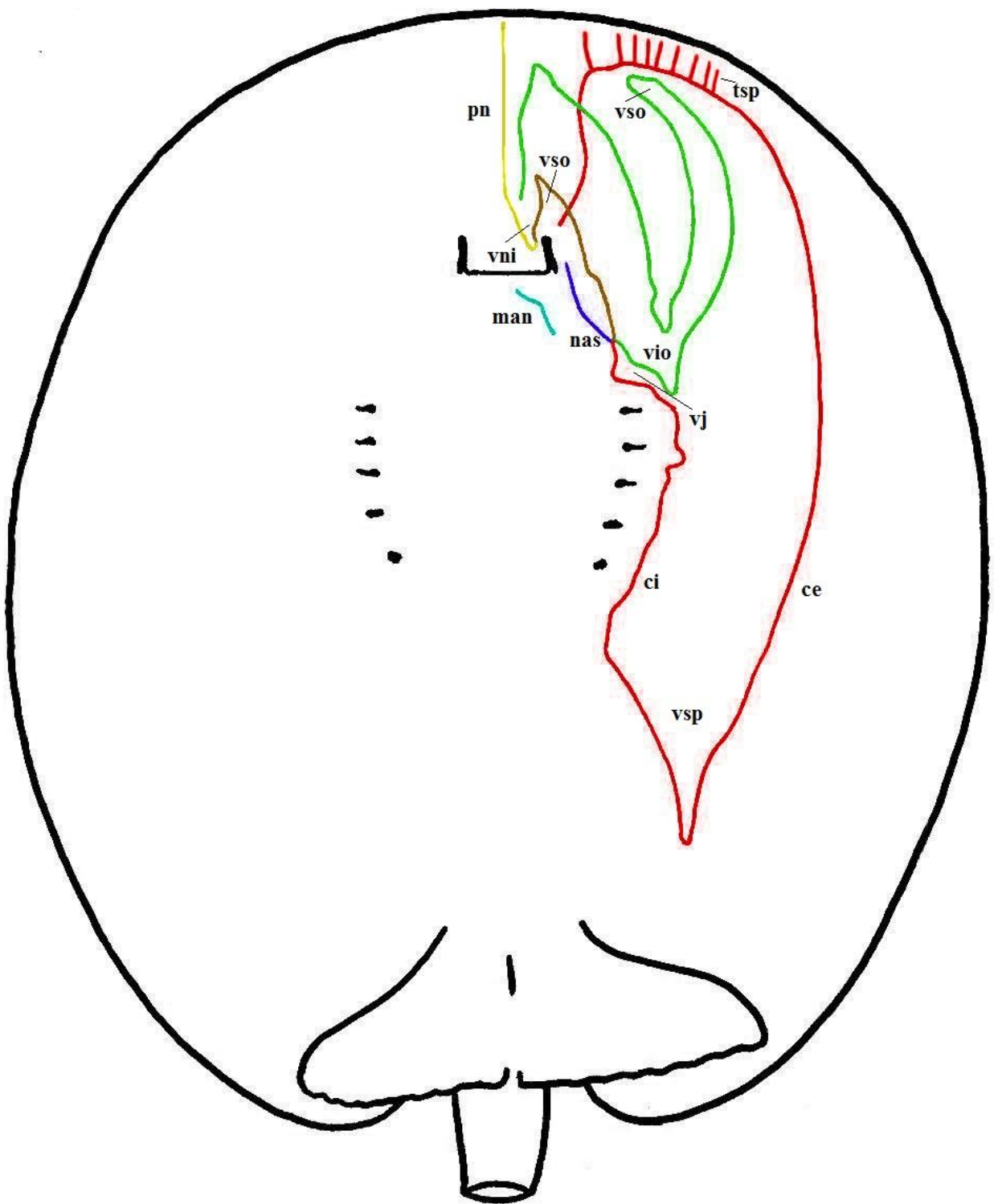


Figura 42: Canais ventrais da linha lateral em *Potamotrygon schroederi*.

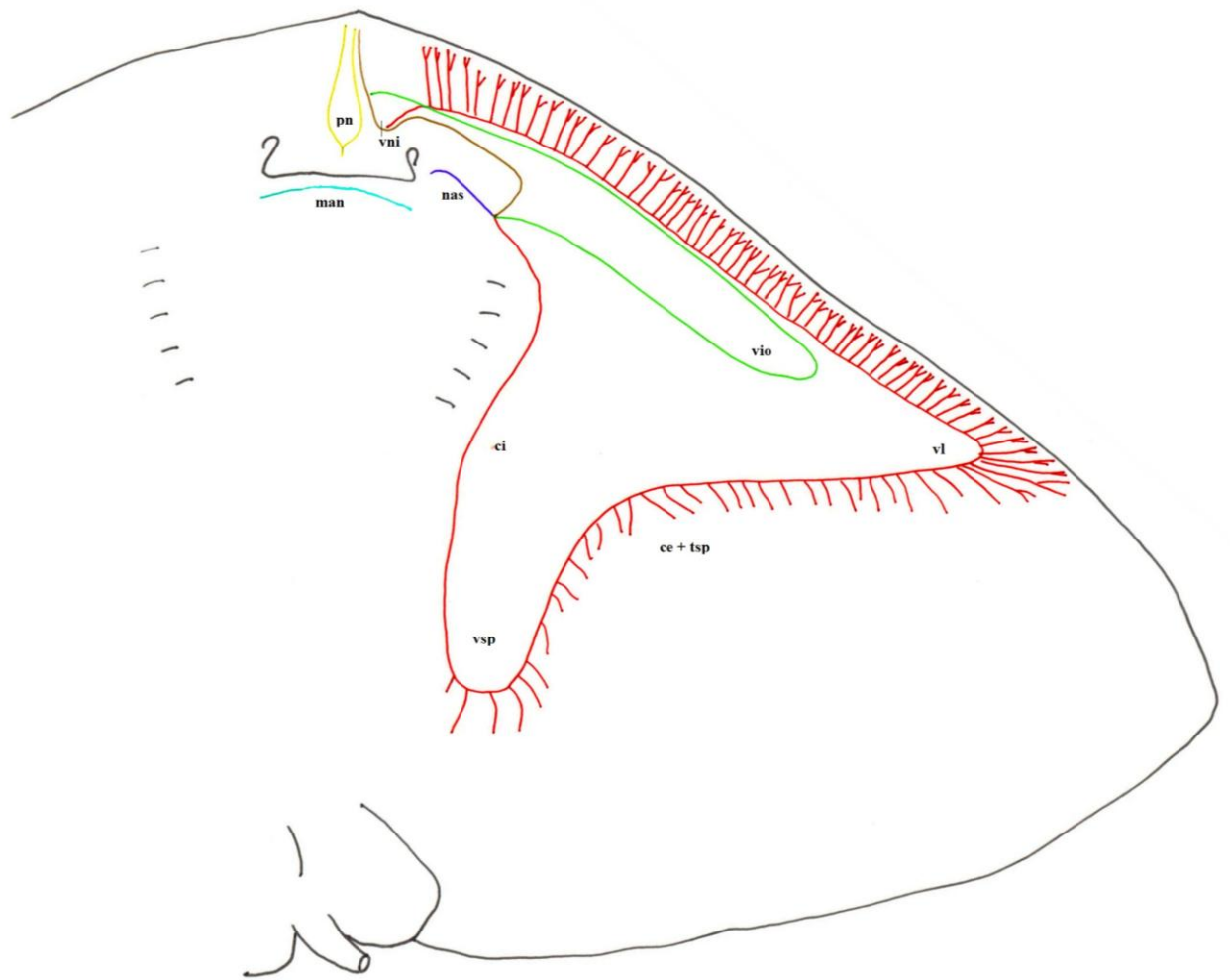


Figura 43: Canais ventrais da linha lateral em *Gymnura altavela*.

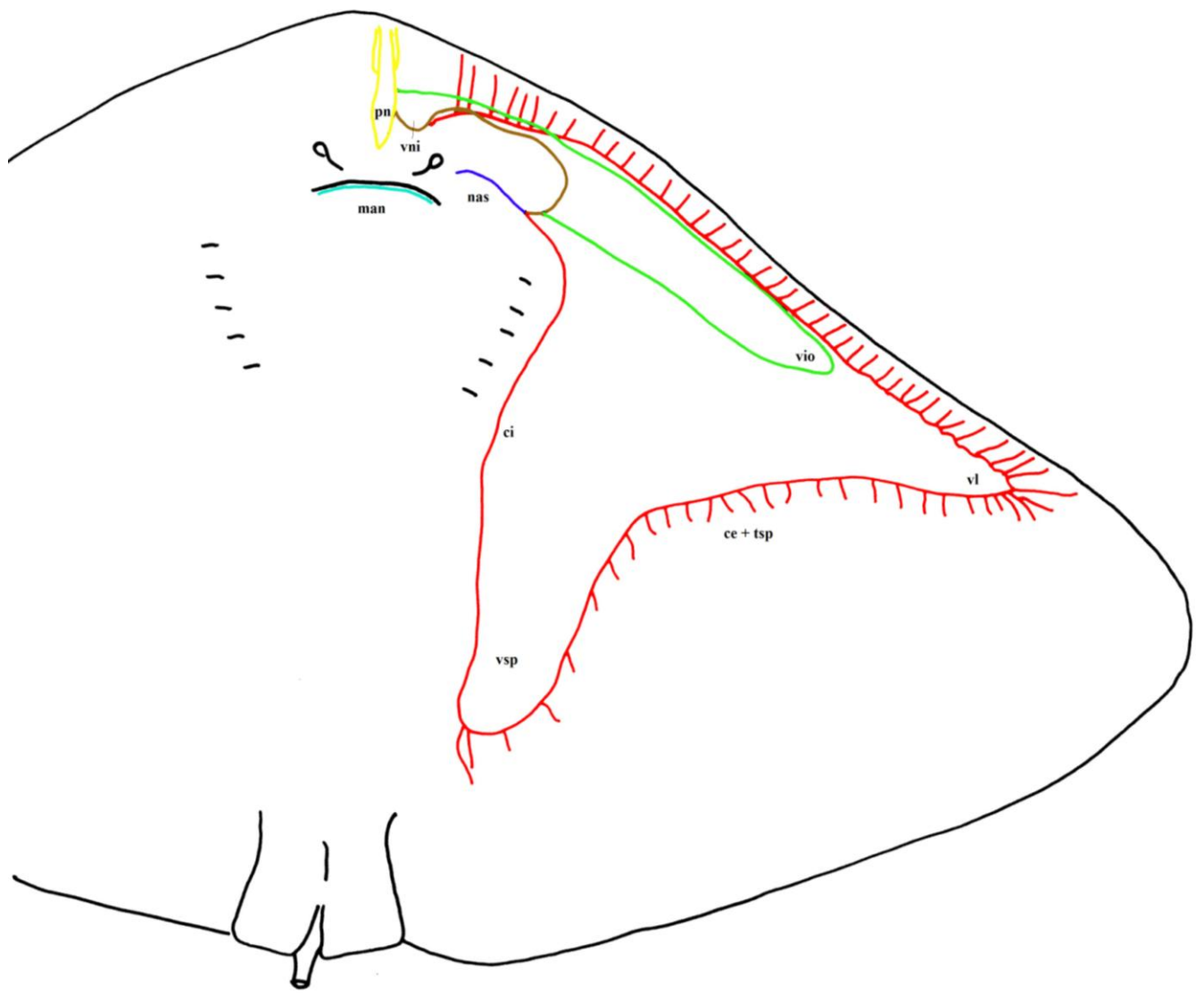


Figura 44: Canais ventrais da linha lateral em *Gymnura crebripunctata*.

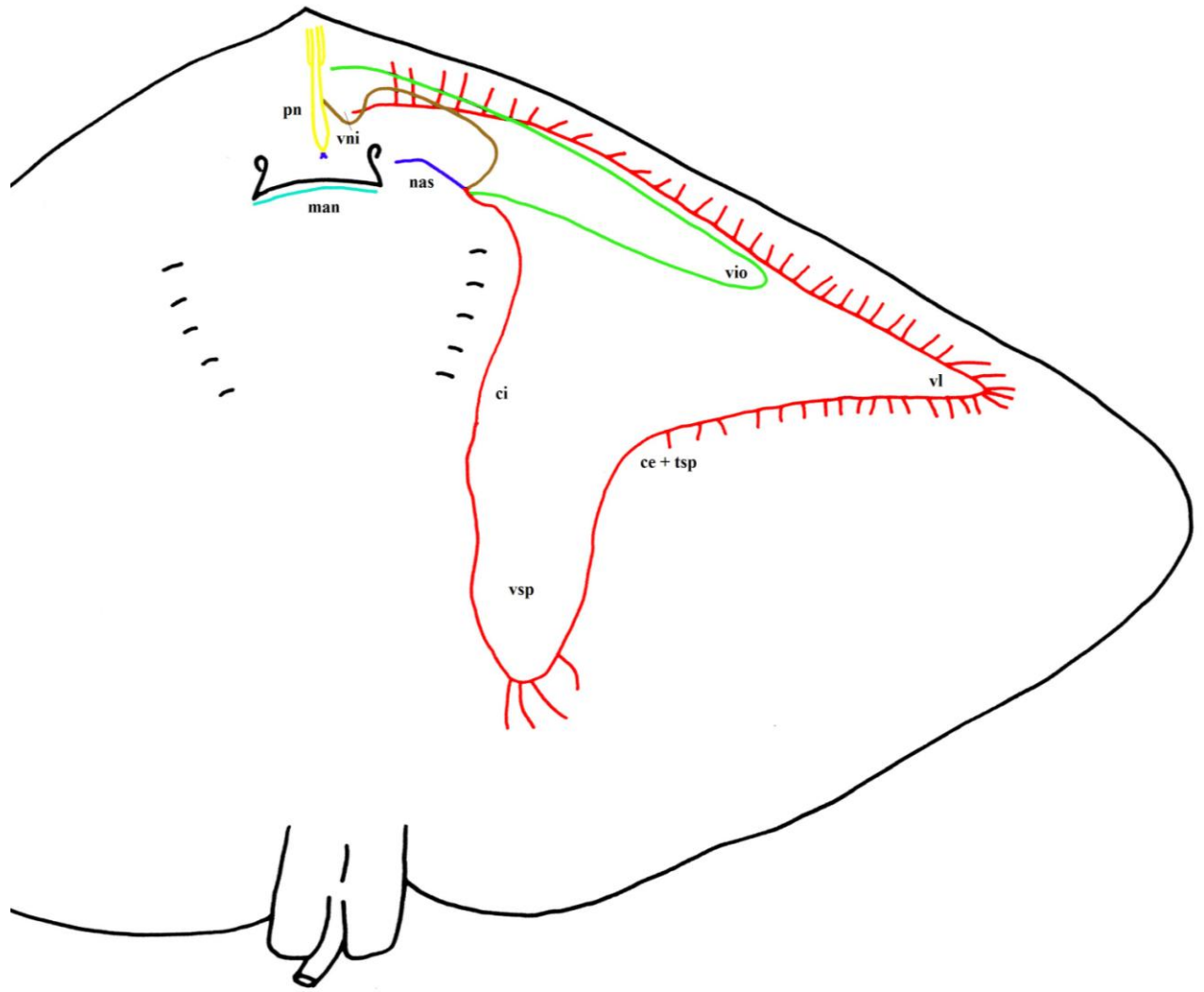


Figura 45: Canais ventrais da linha lateral em *Gymnura marmorata*.

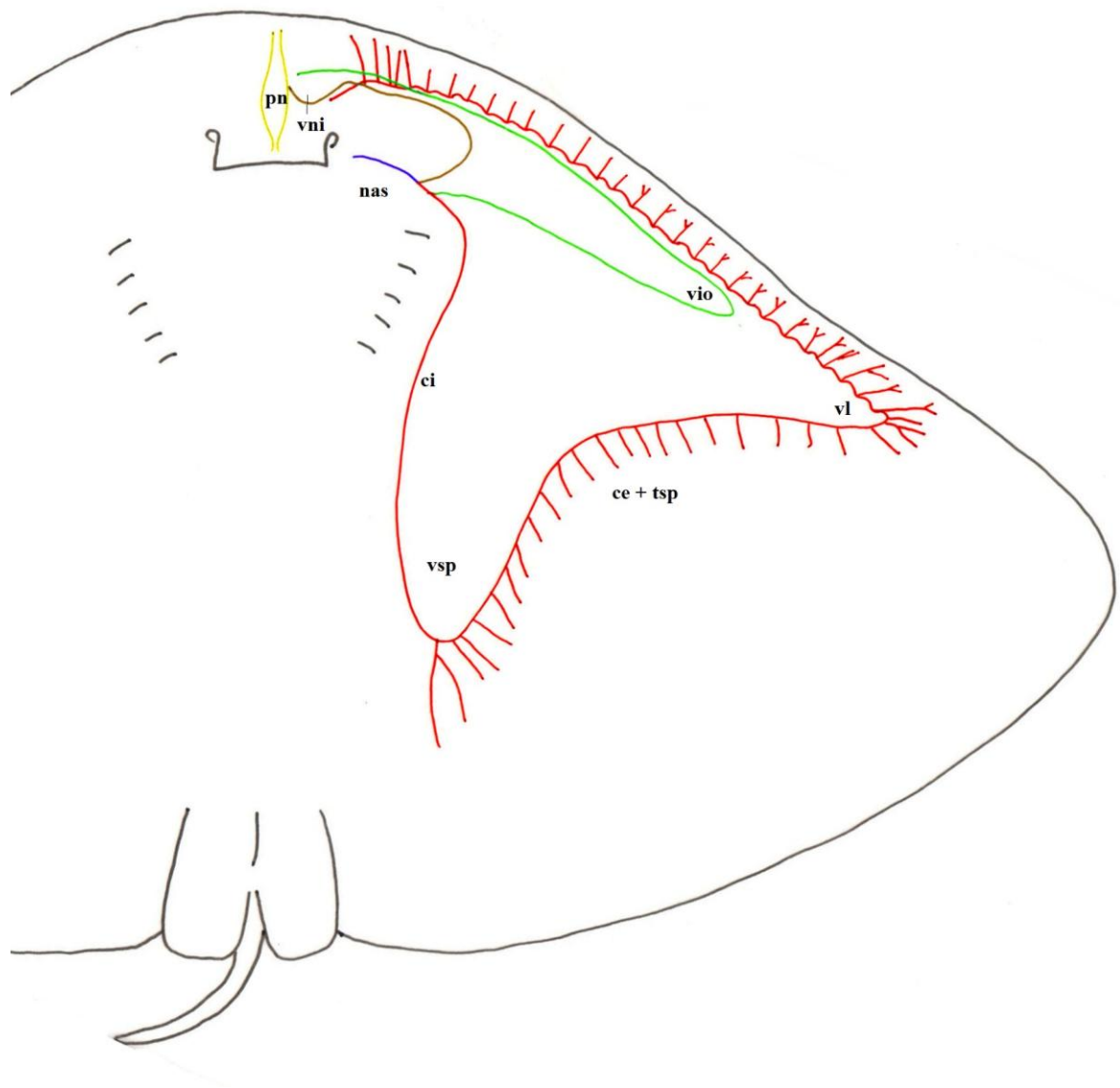


Figura 46: Canais ventrais da linha lateral em *Gymnura micrura*.

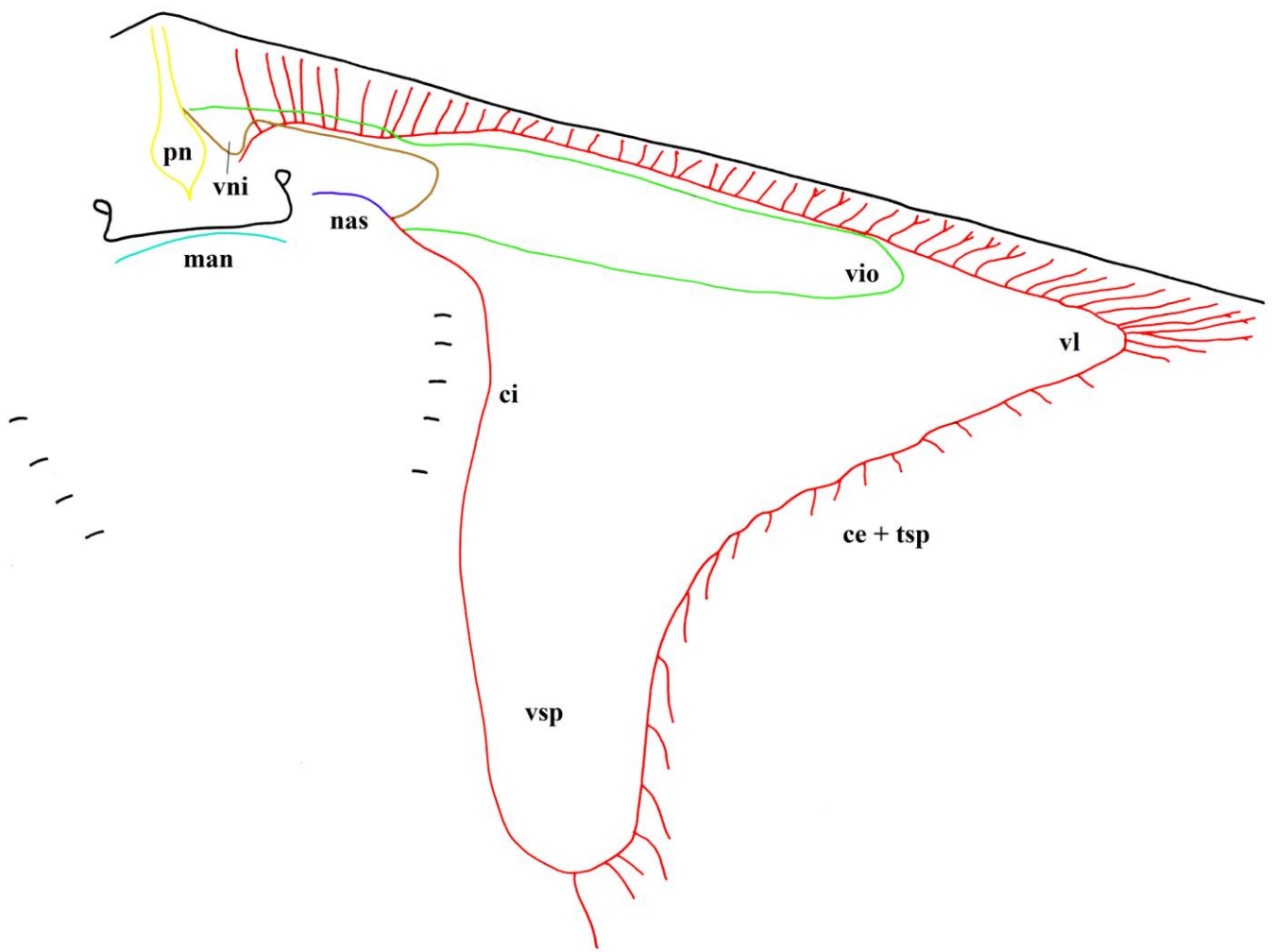


Figura 47: Canais ventrais da linha lateral em *Gymnura zonura*.

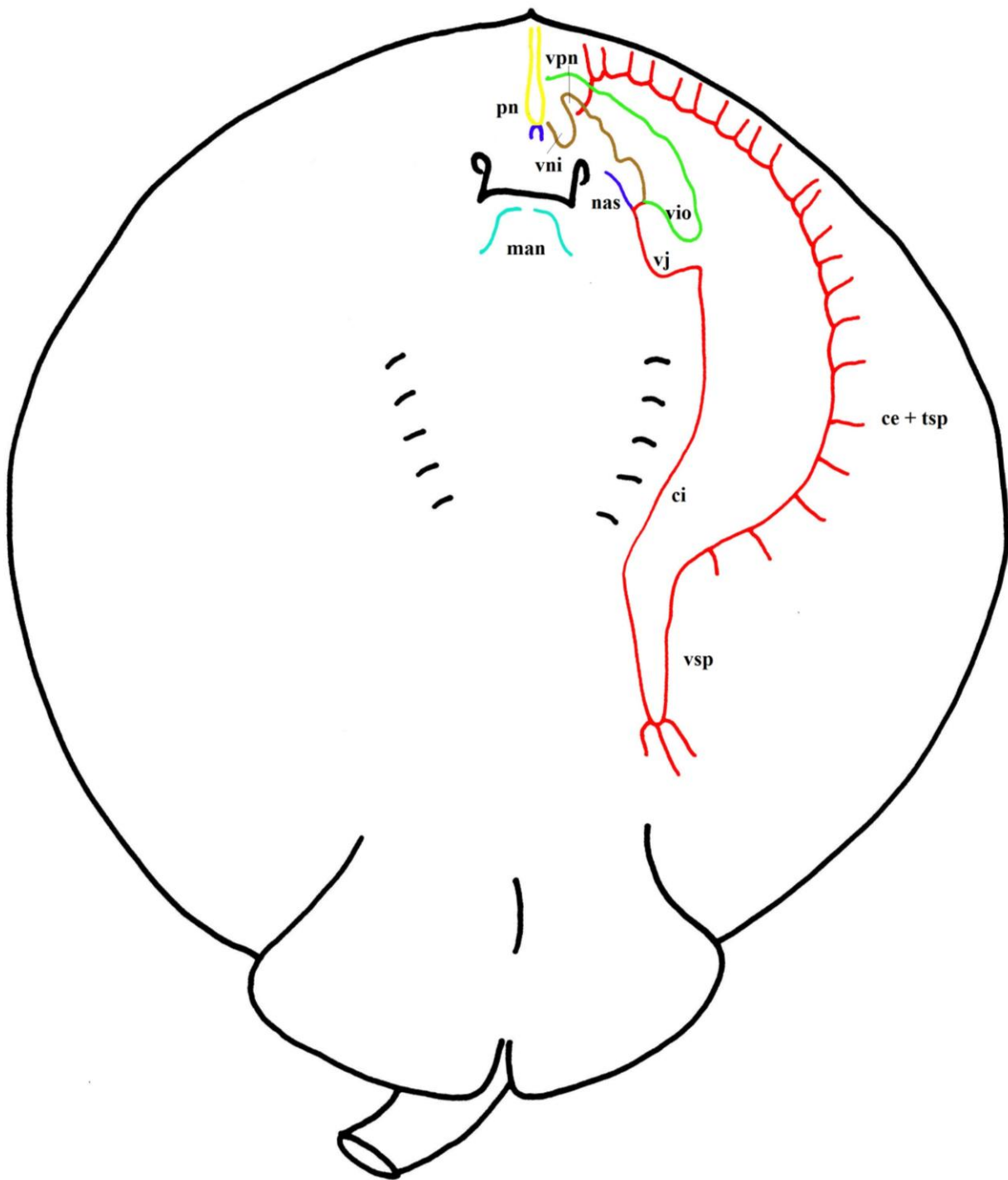


Figura 48: Canais ventrais da linha lateral em *Urolophus halleri*.

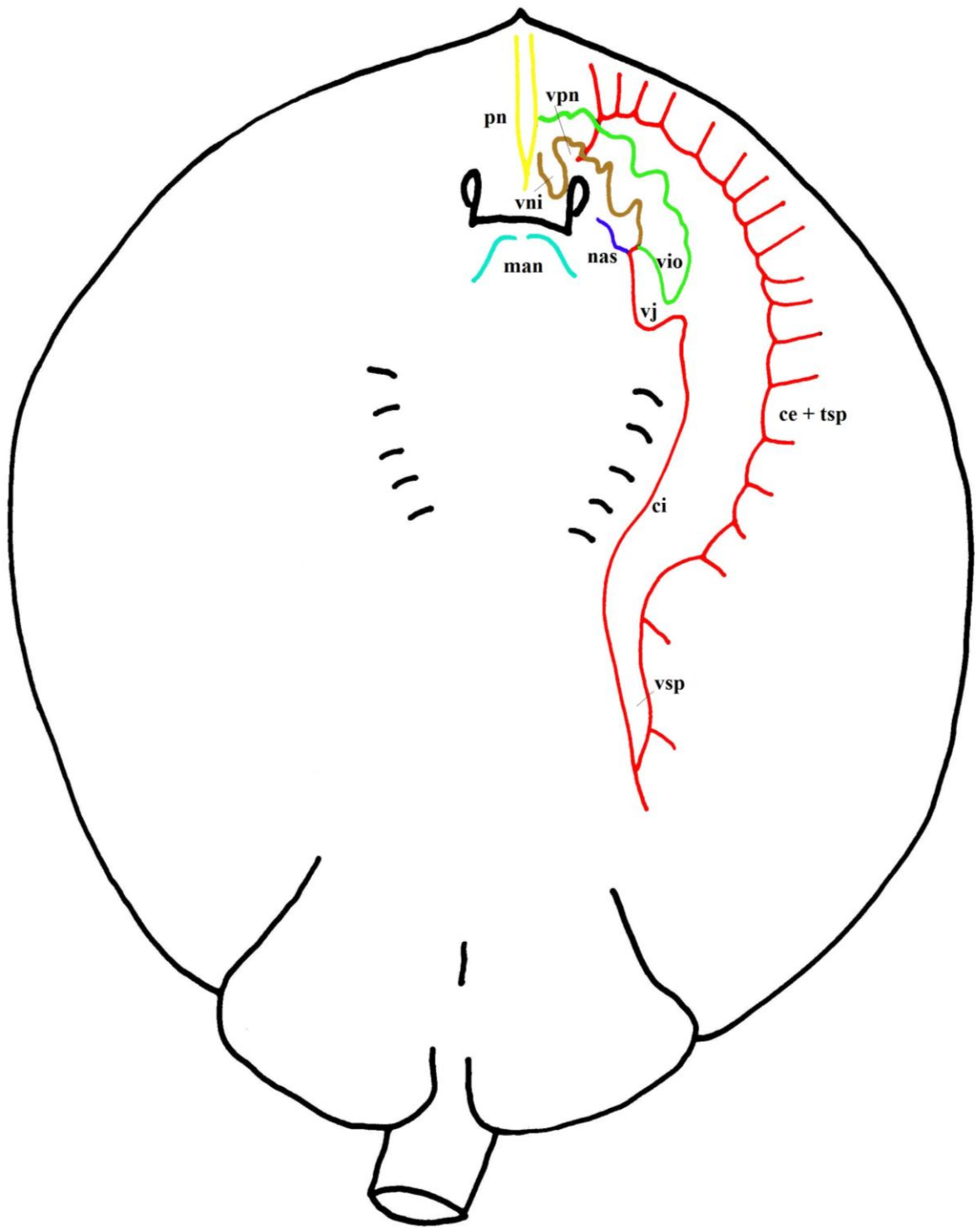


Figura 49: Canais ventrais da linha lateral em *Urolophus maculatus*.

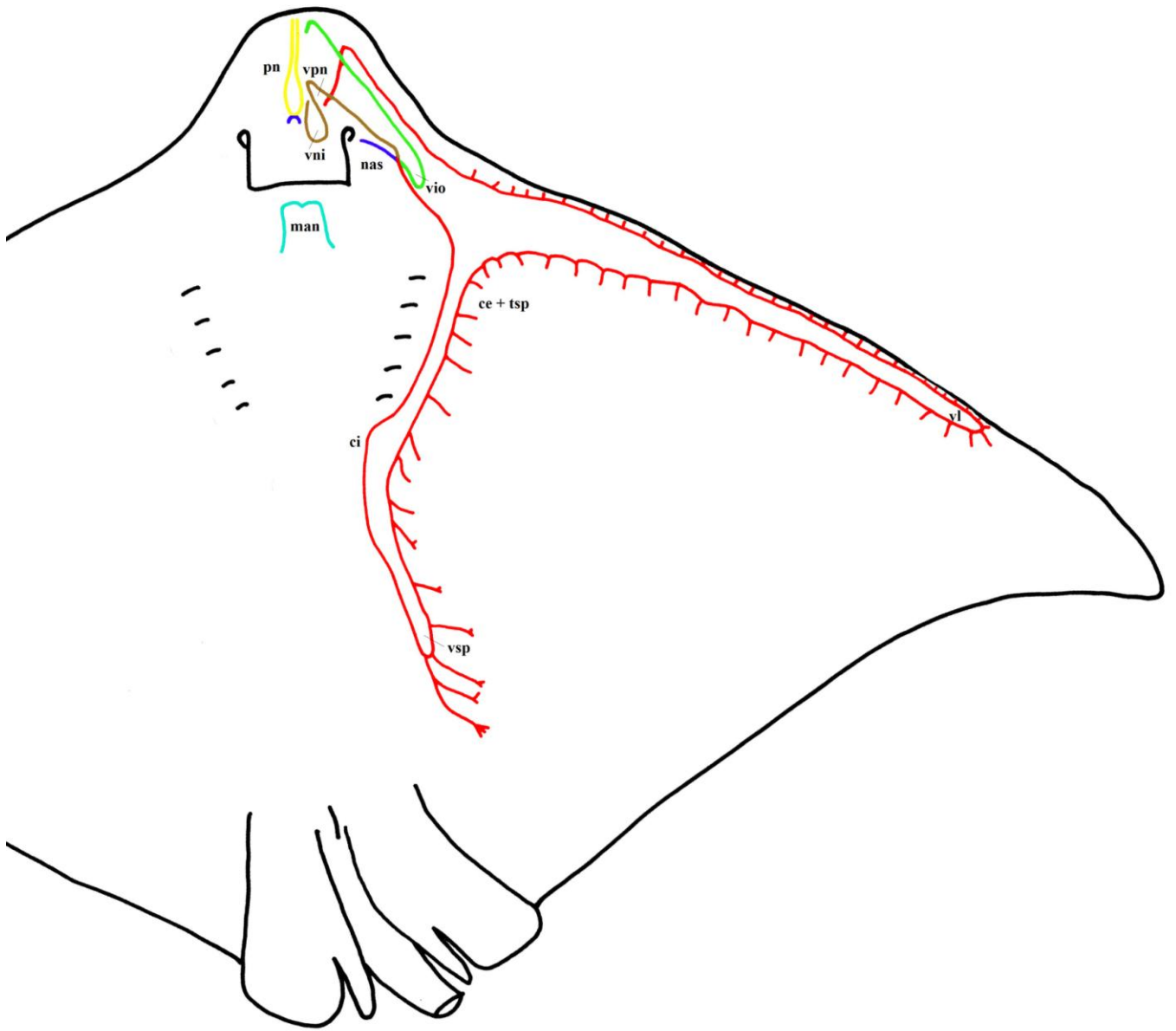


Figura 50: Canais ventrais da linha lateral em *Aetomylaeus nichoffi*.

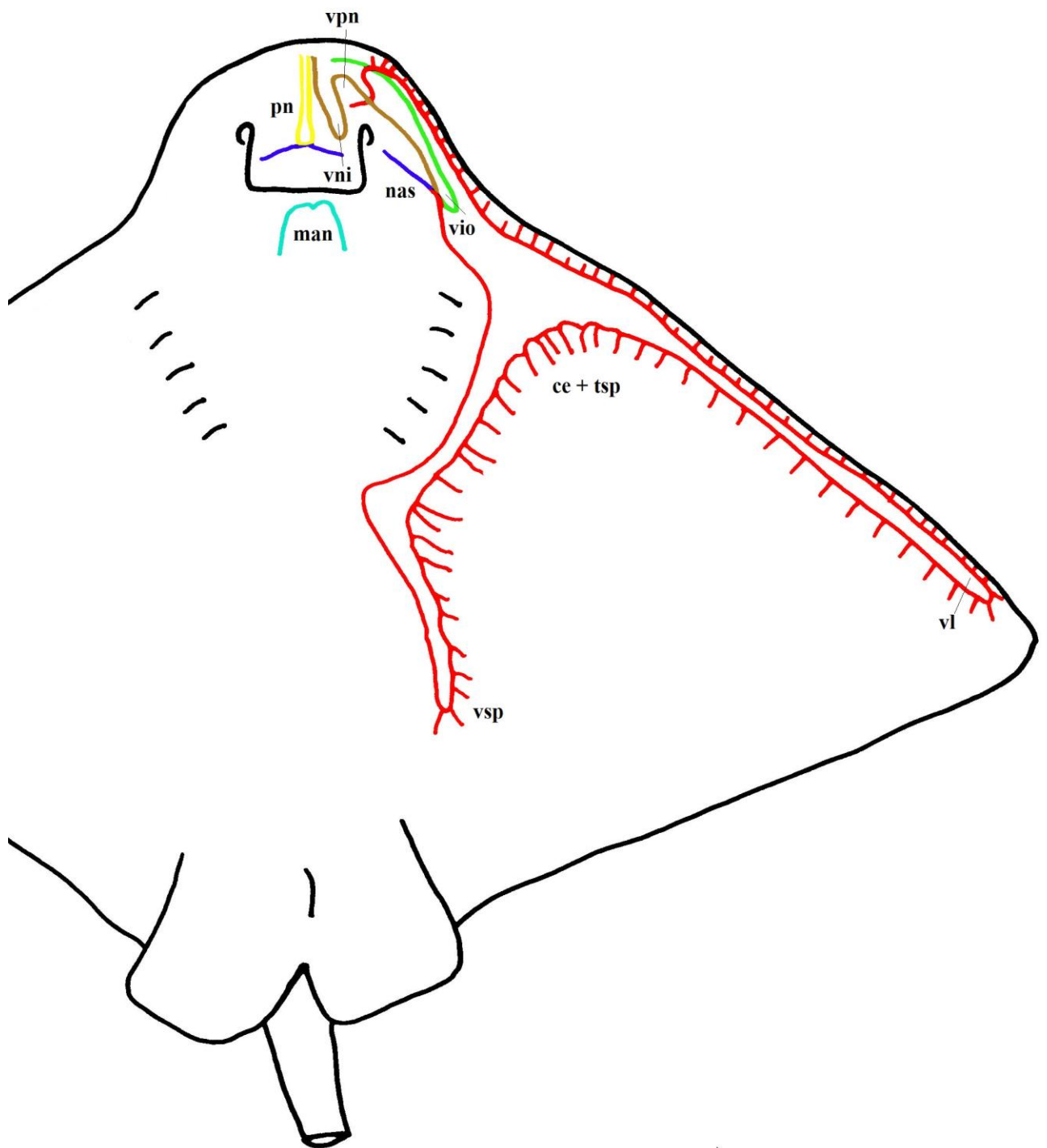


Figura 51: Canais ventrais da linha lateral em *Myliobatis californica*.

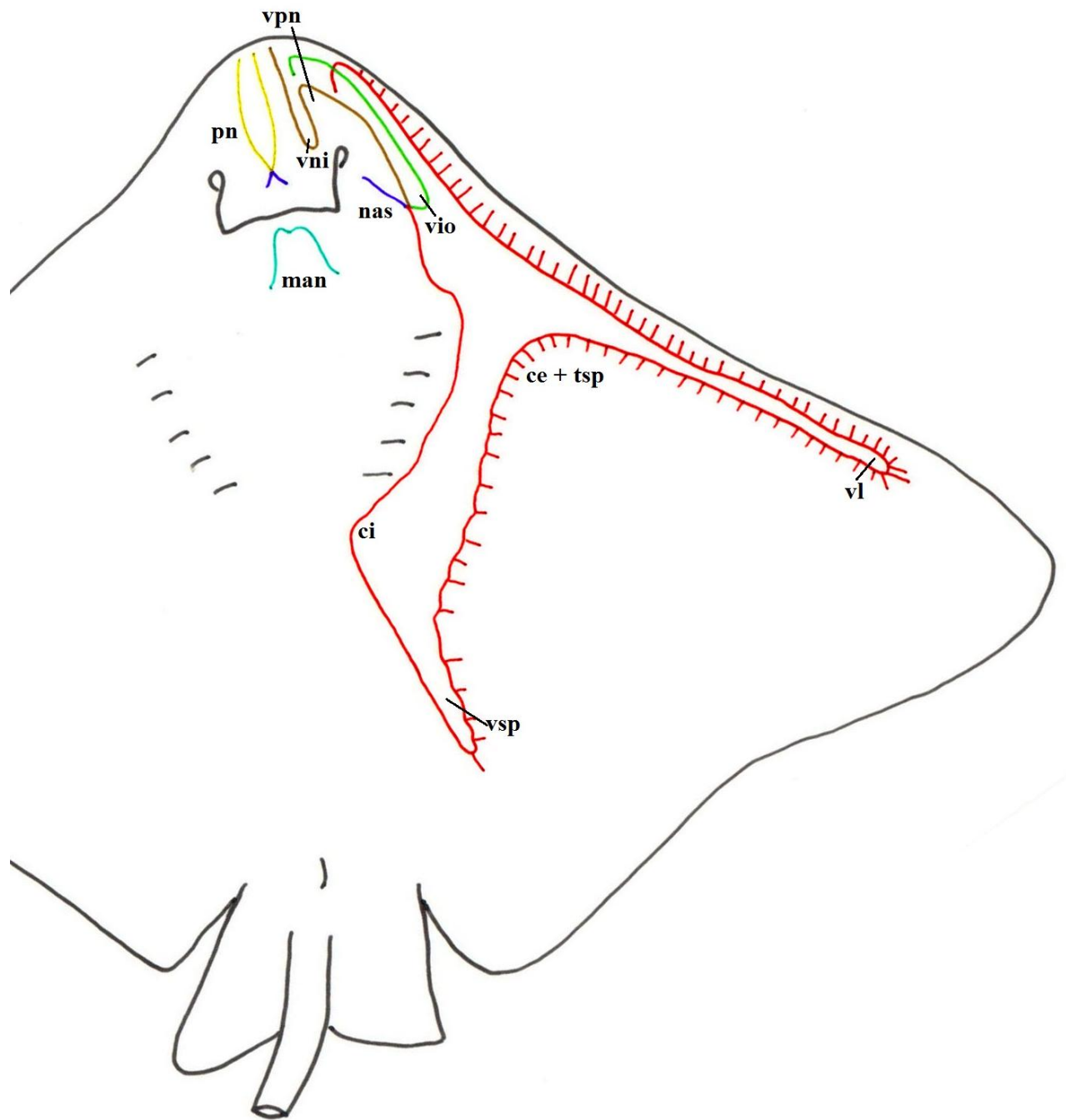


Figura 52: Canais ventrais da linha lateral em *Myliobatis freminvillei*.



Figura 53: Canais ventrais da linha lateral em *Rhinoptera bonasus*.