

أنواع وترتيب الخلايا المستقبلية للضوء لشبكية العين في ثلاثة أنواع من الأسماك العظمية تختلف في

محيطها الضوئي وطبيعة غذائها

علي اشكر عبد ، إخلص خليفة حامد

قسم علوم الحياة ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

(تاريخ الاستلام: ٢٥ / ٤ / ٢٠١٠ ---- تاريخ القبول: ١٦ / ٣ / ٢٠١١)

البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الثاني

الملخص

تتاولت الدراسة الحالية أنواع الخلايا المستقبلية للضوء (العصي والمخاريط) ، عند مستوى المجهر الضوئي، لعيون ثلاثة أنواع من اسماك المياه العذبة العظمية والتي تعود إلى عائلتين مختلفتين وهي كركور لامته *Garra lamta* والعراض *Acanthobrama marmid* والمرمريج *Mastacembelus simach*. تعيش هذه الأسماك في بيئات مائية تختلف في شدة الإضاءة من جانب وتختلف في طبيعة غذائها من جانب آخر. اوضحت النتائج ان الانواع الثلاثة من الأسماك تمتلك شبكية مزدوجة (فيها عصي ومخاريط) لوحظ نوع واحد من العصي في كل سمكة ، ولكن تترتب بشكل مجاميع غير منتظمة مختلفة الأطوال في المقاطع المستعرضة وتختلف بين الانواع الثلاثة من الأسماك وتكون قطعها الخارجية اسطوانية ماعدا في سمكة المرمريج تكون قمعية في بعض المناطق. فضلا عن ذلك توجد العصي بطبقات عدة في سمكتي كركور لامته والعراض. اما المخاريط فقد وجدت ستة أنواع في سمكة كركور لامته وهي المخروط الثنائي غير المتساوي وهو السائد ، المخروط المفرد الطويل ، المخروط المفرد القصير ، المخروطين القزميين البدين والنحيف ، وأعداد قليلة من المخروط الثلاثي. تحتوي هذه المخاريط في قمة جزئها الاهليلجي تركيب كروي يدعى الجسيم الاهليلجي الذي لم يظهر في مخاريط النوعين الآخرين من الأسماك . وفي سمكة العراض توجد ثمانية أنواع من المخاريط : مخروط ثنائي غير متساوي ، مخروطين مفردين طويلين بدين ونحيف ، مخروطين مفردين قصيرين بدين ونحيف ، مخروطين قزميين بدين ونحيف ومخروط ثلاثي نادر الوجود . أما سمكة المرمريج فقد ظهر نوعان فقط من المخاريط : المخروط التوأمي والمخروط المفرد من نوع واحد . قسمت المخاريط إلى الأنواع المذكورة في أعلاه تبعاً لطولها وسمكها وعدد الوحدات (الخلايا) المكونة لكل مخروط . أظهرت المخاريط نظاماً مختلفاً في ترتيبها بين الأنواع الثلاثة من الأسماك وفي المناطق المختلفة للشبكية . ففي سمكتي كركور لامته والعراض قد يكون النمط صفي منتظم أو عشوائي الا انه يكون في سمكة العراض أكثر انتظاماً . أما في سمكة المرمريج فقد ظهر نمط مربع منتظم في المنطقة المركزية من الشبكية ونمط صفي منتظم في المناطق المحيطية القريبة من القزحية .

المقدمة

شبكيته عصي فقط كما في أنواع اسماك المياه العميقة والمياه المتوسطة وتكون مرتبة بشكل صف واحد [4] أو مرتبة بهيئة طبقات عدة [5] وقد توجد بهيئة طبقات عدة مع وجود المخاريط [6] ومن ناحية اخرى توجد اسماك تحتوي شبكيته على مخاريط فقط كما في بعض أنواع اسماك المياه السطحية [7,8]. ان الشبكية المزدوجة تكون فيها العصي عادة هي الغالبة ولاسيما في الحيوانات ذات النشاط الليلي ، كما أن المخاريط توجد بوفرة في الحيوانات ذات النشاط النهاري [9] تكون العصي ذات نوع واحد في جميع الفقريات بصورة عامة ما عدا في سمكة *Pallide sturgeon* اذ وجد نوعان من العصي تختلفان من ناحية الشكل [10]. أما المخاريط فقد وصفت منها أنواع عدة مميزة في الفقريات المختلفة ان المخروط المفرد *Single cone* والمخروط الثنائي *Double or twin cone* هما النوعان الرئيسان من المخاريط مع وجود اختلافات في داخل كل من هذين النوعين من ناحية الشكل والحجم والتركيب [11,12]. أثبتت اغلب الدراسات عند مستوى المجهر الالكتروني ان في المخاريط الثنائية تكون الوحداتان متلاصقتين بعضهما ببعض ، وفي منطقة التلامس يكون الغشاءان الخليويان لكلا الوحدتين متلامسان ولكن وجد هناك نوع جديد من المعقد الغشائي بين الوحدتين هو الأغشية أو لصهاريج تحت السطحية *Subsurface*

تؤلف الخلايا المستقبلية للضوء الطبقة العصبية الخارجية ،تجاه الصلبة للشبكية الحسية في عين الفقريات . وهي عبارة عن خلايا ثنائية القطب تمتد محاولتها بشكل شعاعي ومستقطبة وهي متخصصة جداً في التركيب والوظيفة، ولها قدرة فريدة على امتصاص الطاقة الضوئية (الفوتونات) وتحويلها إلى دفعات عصبية *Nervous impulses* وإرسالها إلى المركز البصري في الدماغ عن طريق العصبونات المرتبطة بها في الطبقات الأخرى من الشبكية [1] . يوجد نوعين من الخلايا المستقبلية للضوء في شبكية الفقريات وتدعى العصي *Rods* والمخاريط *Cones* على أساس الشكل والوظيفة ، وأن العصي مخصصة للرؤية في الظلام *Scotpic vision* والمخاريط خاصة للرؤية في الضوء *Photopic vision*. وبناءً على ذلك وضعت النظرية المسماة بنظرية التضاعف أو الازدواجية [2] . ومن جانب آخر تكون العصي أكثر تحسناً من المخاريط . إن نوع وكثافة وترتيب الخلايا المستقبلية للضوء يعكس الظروف الضوئية في البيئة التي يعيش فيها الحيوان مثل شدة الإضاءة ، الأطوال الموجية المختلفة المتوفرة، طبيعة التغذية، ومرحلة النمو [3]. يطلق على الشبكية التي تحتوي على العصي والمخاريط بالشبكية المزدوجة *Duplex retina* التي توجد في أغلب الأسماك ، لكن هناك عدداً من الأسماك تتضمن

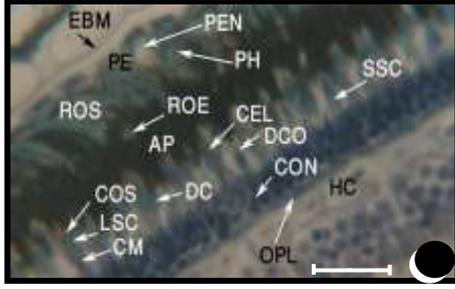
مركز الوحدة المربعة تسمى المخاريط المركزية Central cones وهي المخاريط المفردة الطويلة ، وقد توجد مخاريط اخرى تقع في زوايا الوحدة المربعة وتسمى المخاريط الاضافية Additional cones وهي المخاريط المفردة القصيرة [14]. وفي النمط المثلث تتكون الوحدة الفسفيسائية من ثلاثة مخاريط تشكل خطوط التماس زوايا حادة مع بعضها البعض وتمثل المخاريط المفردة مركز المثلث أو زواياها [25,24,20] وصفت ستة أنواع من الأنماط الفسفيسائية في دراسة لأربع وأربعون نوعاً مختلفاً من الاسماك [25]. كما وصفت ثمانية أنواع من الأنماط الفسفيسائية متحورة من الأنواع الأساسية السابقة [26]. إن النمط الفسفيسائي لا يختلف فقط في الأنواع المختلفة وحسب البيئة وإنما يختلف أيضاً في شبيكية النوع نفسه إذ وجد نمط صفي في الشبيكية المحيطية والآخر مربع في الشبيكية المركزية [28,27]. ونظراً لاختلاف نوع وترتيب الخلايا المستقبلية للضوء حسب المحيط وطبيعة التغذية تم إجراء الدراسة الحالية على ثلاثة أنواع من الأسماك المختلفة في محيطها الضوئي وغذائها كجزء من الدراسات النسيجية المقارنة للكشف عن نوع وترتيب المستقبلات الضوئية في الأنواع الثلاثة.

المواد وطرائق العمل

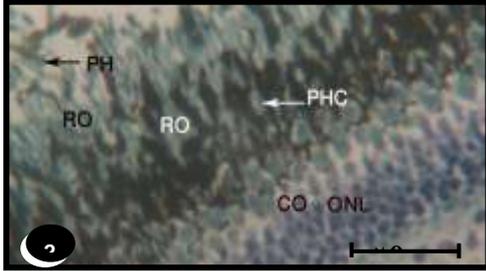
تم الحصول على نماذج الدراسة الحالية من بيانات مختلفة وكالاتي:

١. كركور لامته Garra lamta (اسماك نباتية التغذية): تم جمع النماذج من ينبوع المحلبية ومجره الذي يبعد حوالي ٣٥ كم إلى الغرب من مدينة الموصل. حيث تم جمع النماذج خلال ساعات النهار باستعمال شبكة يدوية صغيرة
٢. العراض Acanthobrama marmid (اسماك القوارت): تم جمع النماذج من نهر دجلة المار بمنطقتي الرشيدية والقبه.
٣. المرمريج Mastacembelus simach (اسماك مفترسة): تم جمع النماذج من نهر الزاب عند قرية المخلط حيث يتم النقاء نهر دجلة مع نهر الزاب ، والتي تبعد ما يقارب ٣٠ كم إلى الجنوب الشرقي من منطقة الموصل نقلت الأسماك (الأنواع الثلاثة) إلى المختبر ووضعت في أحواض تربية زجاجية (Aquaria) مؤطرة قياس ٣٠ × ٣٠ × ٥٠ سم إذ وضع كل نوع من الأسماك على حده في الأحواض الحاوية على ماء خال من الكلور مزودة بأجهزة تهوية Aerators ومنظم للحرارة Thermostat إذ ضبطت درجة حرارة أحواض التربية عند ٢٤±١ م. وللمحافظة على نظافة الأحواض تم تبديل الماء مرتين في الأسبوع بانتظام . تم تغذية الأسماك بالغذاء التجاري المحلي . تم تشريح الأنواع الثلاثة من الأسماك التي تتراوح أطوالها ما يقارب (٣-٥)، (١١-١٣)، (٤٤-٤٦) سم لكل من كركور لامته والعراض والرمريج على التوالي . تم التشريح بطريقة قطع الرأس بواسطة سكين حاد ، وأخرجت العين بواسطة ملاقط دقيقة منحنية بعد قص العظام المحيطة بها بمقص دقيق ، نقلت العين بعد قلعها مباشرة إلى طبق بتري Petridish حاوي على قطعة شاش لتثبيت العين والمغمورة بمحلول فسلسجي خاص بالأسماك، شرحت العين

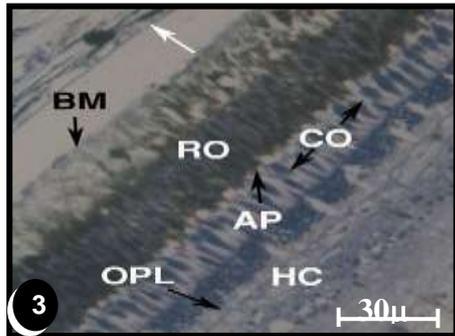
membrane (Cisternae) وهي صهاريج مسطحة تقع قرب الغشاء الخلوي من السطح الداخلي وهي منطقة التلامس لكلا الوجدتين. [15,14,13]. فضلاً عن المخاريط المفردة والثنائية يوجد نوعان آخران من المخاريط باعداد قليلة هما : المخاريط الثلاثية Triple cones إذ لوحظت بشكل وحدات ثلاثية متصلة مع بعضها البعض ومنتشرة بين المخاريط المفردة والثنائية [17,16,15] والمخاريط الرباعية Quadruple cones وفيها تترتب المخاريط الاربعة إذ يكون المخروط الوسطي فيها كبيراً ومحاطاً بثلاثة مخاريط صغيرة [19,18]. وفي السمكة من نوع Noemacheilus tigris وجد ستة أنواع من المخاريط عند مستوى المجهرين الضوئي والالكتروني [15]. تتكون الخلية المستقبلية للضوء من حيث التركيب من عدة أجزاء الجزء الاول هو القطعة الخارجية Outer segment (المنطقة الحساسة للضوء) التي تقع بتماس مع الخلايا الظهارية الصباغية باتجاه الصلبة ، وقطعة داخلية Inner segment (منطقة البناء) باتجاه السائل الزجاجي Vitreous humor . تنقسم القطعة الداخلية بدورها الى جزأين الجزء الاهليجي Ellipsoid والجزء نظير العضلة Myoid الذي يتصل بالنواة التي تقع في الطبقة النووية الخارجية Outer nuclear layer . تتصل القطعة الخارجية بالقطعة الداخلية بواسطة هذب رابط او سويق هدي غير متحرك Connecting ciliary stalk [20]. تتكون القطعة الخارجية كما يظهرها المجهر الالكتروني من اكوام (أكداس) من أقراص ثنائية الغشاء . إن ترتيب الخلايا المستقبلية للضوء ، ولاسيما المخاريط ، في شبيكية الأسماك العظمية صفة تركيبية ووظيفية مهمة . يكون الترتيب المنتظم للمخاريط المفردة والثنائية بأنماط فسفسائية Mosaic patterns صفة شائعة في الكثير من الأسماك العظمية ولكن العصي عادة ما تنتشر بين المخاريط بشكل عشوائي [21]. إن الترتيب في انماط منتظمة يؤدي فيه المخروط الثنائي الدور الاساس في تكوينه ويختلف النمط باختلاف اتجاهات هذا المخروط ، اما المخاريط المفردة فتتبع الترتيب نفسه او توجد بين المخاريط الثنائية. وجدت ثلاثة أنواع رئيسة من النمط الفسفيسائي هي : النمط الصفوي Row pattern والنمط المربع Square pattern والنمط المثلث Triangular pattern . تشكل هذه الانماط وحدات فسلسجية ترتبط بطريقة منتظمة وقد تكون لهذه الوحدات أهمية خاصة بالنسبة لبيئة الاسماك [22,20,17]. لا يوجد نمط خاص منتظم في الاسماك التي تعيش في المياه الطينية والعكرة أو الاسماك التي تقطن القاع او تكون ليلية النشاط كما يختلف النمط في الليل والنهار [23,6]. تترتب المخاريط في النمط الصفوي إذ تكون خطوط التلامس بين وحدتي المخروط الثنائي للزوج المتتالية موازية لبعضها البعض وفي حالات وجود المخاريط المفردة فانها تصطف ايضاً بين صفوف المخاريط الثنائية [24]. اما النمط المربع فتشكل خطوط التلامس للمخاريط الثنائية زاوية قائمة أو حادة مع خطوط التلامس للمخاريط المجاورة لها مما يؤدي الى تكوين وحدة مربعة تشكل المخاريط الثنائية أضلاعها ، وقد توجد مخاريط مفردة تقع في



الشكل (1) : مقطع مستعرض في شبكية العين لسمكة كركور لامته يوضح مكونات الشبكية . لاحظ الغشاء القاعدي للخلايا الظهارية الصباغية EBM ، الخلايا الظهارية الصباغية للشبكية PE ، ونواة الخلية الظهارية الصباغية PEN ، وأجسام ملتهممة في الخلايا الظهارية الصباغية PH ، والقطعة الخارجية للعصي ROS ، والجزء الاهليلجي للعصية ROE ، والاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP ، والقطعة الخارجية للمخروط COS ، والجزء الاهليلجي للمخروط CEL ، والجزء نظير العضلة للمخروط CM ، ونواة المخروط CON ، والمخروط الثنائي DC ، والمخروط المفرد الطويل LSC ، والمخروط المفرد القصير SSC ، والمخروط القرصي DCO ، والطبقة الضفيريّة الخارجية OPL . بإستعمال ملون أزرق التولودين(جميع الأشكال اللاحقة لونت بنفس الملون).



الشكل (٢) : مقطع طولي في شبكية العين في الخلايا الظهارية الصباغية والخلايا المستقبلية للضوء يوضح كثافة العصي وترتيبها بعدة طبقات RO في سمكة كركور لامته . وأجسام ملتهممة في الخلايا الظهارية الصباغية PH ، والطبقة النووية الخارجية ONL ، والمخاريط CO ، والخلية الملتهممة PHC . أما في سمكة العراض تترتب العصي بصف واحد في مناطق قليلة من الشبكية (الشكل ٣) .



تحت مجهر التشريح من نوع (Wild heeburgy AM 7A) اذ تم عمل تقويب بحذر في العين من الجهة الخلفية أو في منطقة القرنية لتلافي تمزق أنسجة العين للسماح للمثبت بالنفوذ . ومن ناحية أخرى بعد قطع الرأس تم تعليم مناطق العين الظهرية Dorsal ، البطنية Ventral ، الصدغية الظهرية Dorso-temporal ، والصدغية البطنية Ventro-temporal ، والانفيسية الظهرية Dorsonasal بواسطة دبابيس ملونة وبعد إجراء التثبيت قسمت العين إلى قسمين أو أربعة أقسام للمناطق المذكورة أعلاه ولضبط المكونات النسيجية لكل جزء [6].

تم تثبيت النسيج على وفق الطريقة التي استعملها [14] مع بعض التحويرات التي أجراها [15] وأعطت نتائج أفضل. ثبت النسيج بمثبتين هما : الأول الكلوتر الديهايد بنسبة (٢%) في محلول فوسفات الصوديوم المنظم ، المثبت الثاني هو : رابع اوكسيد الاوزميوم بنسبة ١% في محلول داريء الفوسفات .ثم تم الانكاز بواسطة الكحول الايثيلي (٥٠%، ٧٠%، ٩٠%، ١٠٠%) بثلاثة تغييرات مدة خمس عشرة دقيقة لكل تغيير ، ثم باوكسيد البروبيلين بثلاثة تغييرات وبالزمن نفسه .ثم طمر النسيج في مزيج من مادة الايبون Epon-812 للحصول على مقاطع نصف رقيقة Semithin sections ، استخدم المشراح الفوقي من نوع Ultratome LKB 2088 . ولقطع النماذج استعملت سكاكين زجاجية . قطعت مقاطع نصف رقيقة بسمك (١-٢) مايكروميتر لغرض الدراسة بالمجهر الضوئي واستخدم ملون أزرق التولودين بنسبة ١% من محلول البوراكس المائي لصيغ المقاطع. حملت مباشرة بمادة الـ D.PX ووضع عليها غطاء الشريحة وفحصت بالمجهر الضوئي . واستخدمت أفلام من نوع Konica ذات حساسية VX ١٠٠ لتصوير المناطق المنتخبة.

النتائج

١. العصي:

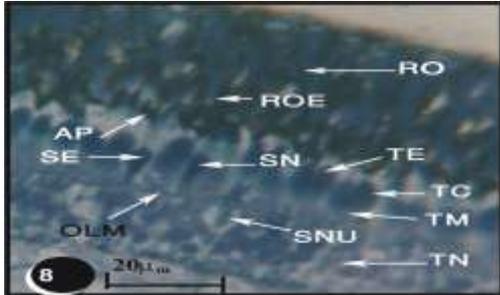
تظهر العصية بشكل خلية عصبية نحيفة متحورة تنتظم بشكل عمودي على الغشاء المحدد الخارجي في الأنواع الثلاثة من الأسماك وقد تترتب بصف واحد أو صفوف مطبقة عدة حسب نوع السمكة والمناطق المختلفة من الشبكية في كرة العين . ومن جانب آخر تكون العصي أقصر طولاً في المناطق المحيطية من الشبكية عما هو في المنطقة المركزية بصورة عامة في الأنواع الثلاثة من الأسماك . ففي سمكة كركور لامته تترتب أغلب العصي بصف واحد ولكن توجد طبقات عدة منها في بعض المناطق ولاسيما الشبكية الظهرية ، وتكون نسبة العصي بصورة عامة أكثر مما هو في سمكة المرمرج وأقل مما هو في سمكة العراض (الشكلان ٢،١).

القيمة للخلايا الظهارية الصباغية AP، والغشاء المحدد الداخلي
ILM، والطبقة الضفيريّة الخارجية OPL.

أما في سمكة المرمريج فتترتب العصي بصف واحد في كل مناطق
الشبكية أي لا توجد عصي مطبقة كما في السمكتين السابقتين
(الشكلان ٧، ٨).



الشكل (7) : مقطع طولي في شبكية العين، الخلايا الظهارية
الصباغية PE والخلايا المستقبلة للضوء لسمكة المرمريج، يوضح
أنواع وطبيعة الخلايا المستقبلة للضوء لاحظ غشاء بروش BM،
والخلايا الملتصقة PHC، والقطع الخارجية للمخاريط ROS، جزء
نظير العضلة من المخروط CM، والقطعة الخارجية للمخروط
التوأمي TO، جزء نظير العضلة للمخروط التوأمي TE، والعصي RO
والاجزاء نظيرة العضلة للعصي RM، جزء اهليلجي للعصية
ROE، والمخروط التوأمي TC، والمخروط المفرد SN، وقطعته
الخارجية SO، والجزء الاهليلجي CEL، والاستطالات القيمة للخلايا
الظهارية الصباغية AP، والطبقة النووية الخارجية ONL، والطبقة
الضفيريّة الخارجية OPL، غشاء محدد خارجي OLM.



الشكل (8) : مقطع طولي في الخلايا الظهارية الصباغية والخلايا
المستقبلة للضوء في شبكية سمكة المرمريج، يوضح أن العصي
تترتب بصف واحد RO. لاحظ الجزء الاهليلجي للعصي ROE،
والاستطالات القيمة للخلايا الظهارية الصباغية AP، والمخروط
المفرد SN، وقطعته الاهليلجية SE، ونواته SNU، والمخروط
التوأمي TC، وجزئه الاهليلجي TE، وجزئه نظير العضلة TM،
ونواته TN، والغشاء المحدد الخارجي OLM.

ومن جانب آخر تظهر العصي متموجة في المقطع الطولي في أغلب
مناطق الشبكية في سمكة كركور لامنة بينما تكون مستقيمة في
السمكتين الأخرتين (الشكلان ٩، ١٠).

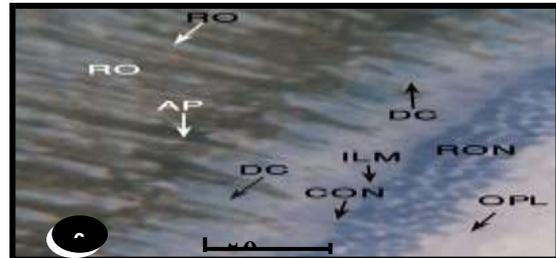
الشكل (3) : مقطع مستعرض في مركز كرة العين في المنطقة بين
المركز والمحيط لسمكة العراض، يوضح العصي في الشبكية RO
مرتبة بصف واحد، والطبقة الضفيريّة الخارجية في الشبكية OPL،
، وخلايا أفقية كبيرة HC، والاستطالات القيمة للخلايا الظهارية
الصباغية AP، غشاء بروش BM، والمخاريط CO.
وفي أغلب المناطق الأخرى تكون العصي بطبقات عدة تتراوح من ٢-
٦ طبقة (الإشكال ٤، ٥، ٦).



الشكل (4) : مقطع طولي في شبكية العين في الخلايا الظهارية
الصباغية والخلايا المستقبلة للضوء لسمكة العراض، يوضح العصي
طبقات عدة RO، والمخروط الثنائي DC، والمخروط المفرد
الطويل LSC، والمخروط المفرد القصير SSC، والجزء الاهليلجي
للمخروط CEL، ونواة المخروط CON جزء نظير العضلة من
المخروط CM، مخروط قزمي DCO.

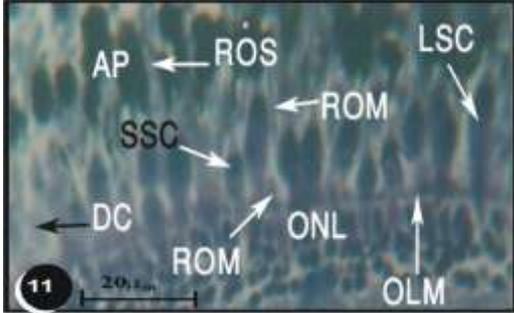


الشكل (5) : مقطع طولي في شبكية العين في الخلايا المستقبلة
للضوء، المخروط المفرد الطويل LSC، والمخروط الثنائي DC،
والمخروط المفرد القصير SSC، والمخروط القزمي DCO، في
سمكة العراض. لاحظ أن العصي RO طبقات عدة، قطعة خارجية
للعصية ROS، والجزء الاهليلجي للعصية ROE والغشاء المحدد
الداخلي ILM، والطبقة النووية الخارجية ONL.

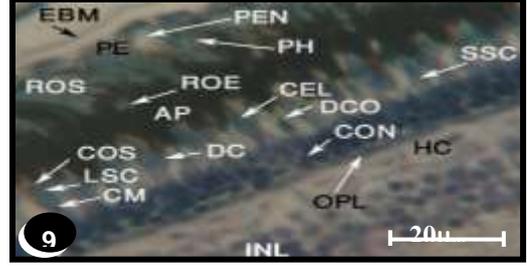


الشكل (6) : مقطع طولي في شبكية العين في الخلايا المستقبلة
للضوء لسمكة العراض. العصي RO. لاحظ أنوية المخاريط CON،
، وأنوية العصي RON، والمخروط الثنائي DC، والاستطالات

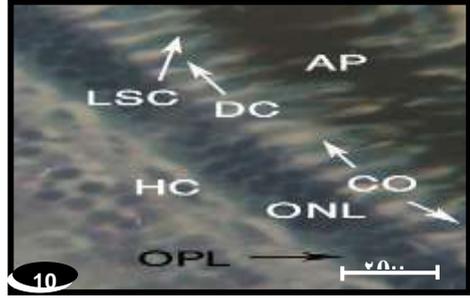
حسب موقعها في الطبقات في حالة كونها أكثر من طبقة من جهة ، وحسب نوع السمكة ومنطقة الشبكية في النوع الواحد من جهة أخرى . تتصل القطعة الخارجية بالقطعة الداخلية التي تتكون بدورها من الجزء الاهليلجي والجزء نظير العضلة ويكون الجزء الاهليلجي مخروط مقلوب إذ تساوي سعته سعة القطعة الخارجية عند اتصاله بها ويستدق باتجاه الجزء نظير العضلة، أما الجزء نظير العضلة فيبدو بشكل بروز نحيف ويمتد في نهاية الجزء الاهليلجي الى الطبقة النووية الخارجية في الانواع الثلاثة من الاسماك. تندس العصي بين الاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية في حالة التكيف للضوء بحيث تصل قممها بالقرب من غشاء بروش في سمكة كركور لامته . أما في سمكة المرمريج تصل القطع الخارجية بالقرب من جسم الخلايا الظهارية الصباغية ولا تصل الى غشاء بروش ، وكذلك بالنسبة لسمكة العراض، ويلاحظ وجود فسخ فوق مجاميع العصي في هذه السمكة (الاشكال ٣ ، ٧ ، ٩) يكون محيط القطعة الخارجية دائريا في المقطع المستعرض ، ومن ناحية أخرى يبدو الجزء الاهليلجي قصيراً بالنسبة للقطعة الخارجية في الانواع الثلاثة من الاسماك وبشكل بحدود ٨:١ من طول القطعة الخارجية في سمكة كركور لامته و٥:١ بالنسبة لسمكة العراض و٤:١ بالنسبة لسمكة المرمريج . يظهر الجزء الاهليلجي افتح لونا من القطعة الخارجية بملون ازرق التولودين . أما الجزء نظير العضلة فيكون واضحاً في سمكة كركور لامته وبشكل تركيباً مثلثاً غامق الصبغة عند وصوله الى الغشاء المحدد الخارجي (الشكل ١١) .



الشكل (11) : مقطع مستعرض في كرة العين يوضح مكونات الشبكية لسمكة كركور لامته. لاحظ القطعة الخارجية للعصي ROS، والجزء نظير العضلة الذي يشكل تركيب مثلث عند اتصاله بالغشاء المحدد الخارجي ROM ، والمخروط المفرد الطويل LSC ، والمخروط المفرد القصير SSC ، والمخروط الثنائي DC ، والغشاء المحدد الخارجي OLM الطبقة النووية الخارجية ONL ، الاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP . يتسمك الجزء نظير العضلة في سمكة العراض حال تلامسه مع الغشاء المحدد الخارجي . ظهرت خلايا ملتزمة عند قاعدة الجزء الاهليلجي للعصي (الشكل ٤) . أما في سمكة المرمريج فيكون الجزء نظير العضلة نحيفاً ولا يشكل تسمىاً عند قاعدته (الشكل ٧)

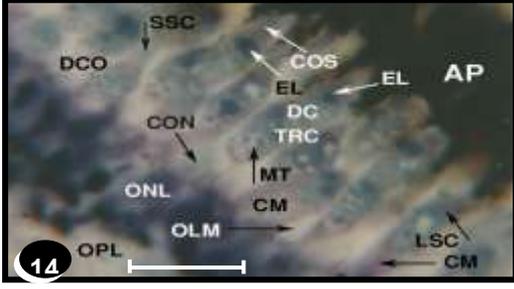


الشكل (٩) : مقطع مستعرض في شبكية العين لسمكة كركور لامته يوضح مكونات الشبكية . لاحظ الغشاء القاعدي للخلايا الظهارية الصباغية EBM ، الخلايا الظهارية الصباغية PE ونواة الخلية الظهارية الصباغية PEN ، وأجسام ملتزمة في الخلايا الظهارية الصباغية PH ، والقطعة الخارجية للعصي ROS ، والجزء الاهليلجي للعصي ROE ، والاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP ، والقطعة الخارجية للمخروط COS ، والجزء الاهليلجي للمخروط CEL ، والجزء نظير العضلة للمخروط CM ، ونواة المخروط CON ، والمخروط الثنائي DC ، والمخروط المفرد الطويل LSC ، والمخروط المفرد القصير SSC ، والمخروط القرصي DCO ، والخلايا الافقية HC ، والخلايا الظهارية الصباغية للشبكية PE، الطبقة الضفيريية الخارجية OPL ، والطبقة النووية الداخلية INL .



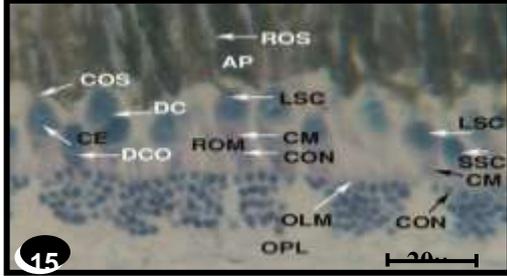
الشكل (١٠) : مقطع مستعرض في كرة العين لسمكة كركور لامته توضح مكونات الشبكية . لاحظ الخلايا الافقية HC ، الطبقة الضفيريية الخارجية OPL ، الطبقة النووية الخارجية ONL ، المخاريط CO ، المخروط الثنائي DC ، المخروط المفرد الطويل LSC ، الاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP. أما في المقطع المستعرض وفي حالة التكيف للضوء تبدو العصي بانها محاطة ، بشكل مجاميع ، بالاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية ومن كل الجهات ، وتكون هذه المجاميع أكبر في سمكة العراض إذ تتكون كل مجموعة من ٥-١٥ عصبية وفي سمكة كركور لامته من ٥-٩ عصبية وفي سمكة المرمريج من ٢-٣ عصبية . ومن ناحية أخرى تظهر المجاميع في سمكة المرمريج في بعض المناطق بشكل قمعي أي أن قممها متوسعة وقواعدها تستدق باتجاه الأجزاء نظيرة العضلة (الشكل ٧) ، وهذه الحالة لم تلاحظ في النوعين الاخرين من الاسماك. تتكون العصية في الأنواع الثلاثة من الاسماك موضوع الدراسة الحالة من قطعة خارجة اسطوانية ، ما عدا في سمكة المرمريج تبدو بعض العصي هراوية الشكل ، طويلة، يختلف طولها

ONL ، الطبقة الضفيريّة الخارجيّة OPL ، الغشاء المحدد الخارجي OLM



الشكل (14) : مقطع طولي في شبكية العين في المخاريط لسمة كركور لامته ، يوضح أنواع المخاريط ، المخروط الثنائي DC ، والمخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط المفرد القصير SSC ، والمخروط القزمي DCO ، المخروط الثلاثي TRC ، الجزء نظير العضلة من المخروط CM ، نواة المخروط CON ، القطع الخارجي من المخروط COS ، لاحظ امتلاء الأجزاء الأهلجيّة بالمتقدرات MT ، ووجود الجسم الأهلجي EL في أنواع المخاريط المختلفة ، الطبقة النوويّة الخارجيّة ONL ، الغشاء المحدد الخارجي OLM ، الاستطالات القميّة للخلايا الظهارية الصباغية AP .

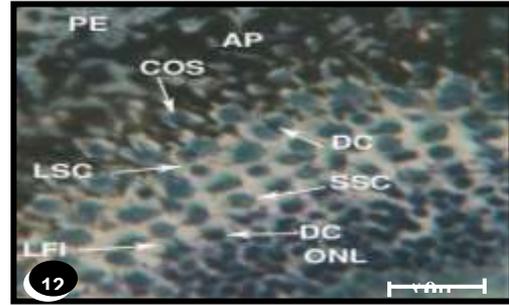
أما في سمكة العراض فقد ظهرت ثلاثة أنواع رئيسية من المخاريط وهي المفردة ، الثنائية وهي السائدة والثلاثية وتكون نادرة جداً ، من جانب آخر توجد ستة أنواع ثانوية من المخاريط المفردة وهي المفردة الطويلة البدينة ، الطويلة النحيفة ، القصيرة البدينة ، القصيرة النحيفة ، والقزمي البدين ، والقزمي النحيف الذي يتميز بطول قطعه الخارجي ونحافته قياساً إلى القطعة الداخلية (الشكل ٥ ، ١٥ ، ١٦) .



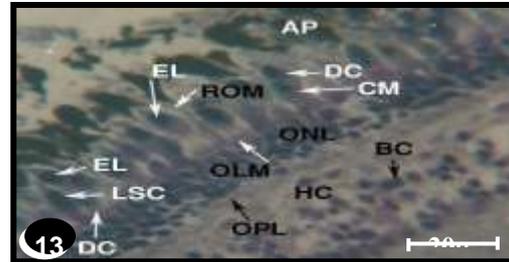
الشكل (15) : مقطع طولي في الخلايا المستقبلية للضوء والخلايا الظهارية الصباغية لسمة العراض ، يوضح أنواع المخاريط والعصي ، لاحظ المخروط الثنائي DC ، والمخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط المفرد القصير SSC ، والمخروط القزمي DCO ، واختلاف مواقع أنوية المخاريط CON ، الجزء نظير العضلة من المخروط CM ، القطع الخارجي من المخروط COS ، الجزء الأهلجي من المخروط CEL ، الجزء نظير العضلة للعصية ROM ، القطعة الخارجيّة للعصية ROS ، الاستطالات القميّة للخلايا الظهارية الصباغية AP ، الغشاء المحدد الخارجي OLM ، الطبقة الضفيريّة الخارجيّة OPL .

٢. المخاريط:

أوضحت نتائج الدراسة الحالية وجود تباين كبير في المخاريط من ناحية النوع ، الحجم ، الكثافة ، والترتيب في شبكية الأنواع الثلاثة من أسماك الدراسة حسيماً أظهرته المقاطع الطولية والمستعرضة في الخلايا المستقبلية للضوء . ومن جانب آخر ظهر اختلاف في وجود أنواع المخاريط في المناطق المختلفة من الشبكية ، للنوع الواحد من الأسماك . ففي سمكة كركور لامته ظهرت ثلاثة أنواع رئيسية من المخاريط وهي المخاريط المفردة Single cones ، المخاريط الثنائية Double cones وهي السائدة والمخاريط الثلاثية Triple cones وتكون بأعداد نادرة . ومن جانب آخر ، وجد أربعة أنواع ثانوية من المخاريط المفردة وهي المخاريط الطويلة Long single cones ، القصيرة Short single cones ، القزمية النحيفة Thin dwarf cones ، والقزمية البدينة (السميكة) Thick dwarf cones . سميت المخاريط بهذه التسميات تبعاً لبُعد قمتها عن الغشاء المحدد الخارجي ، طول جزءها نظير العضلة ، عدد الوحدات الخلوية المكونة وسعة الجزء الأهلجي من المخروط (الشكل ١٢ ، ١٣ ، ١٤) .

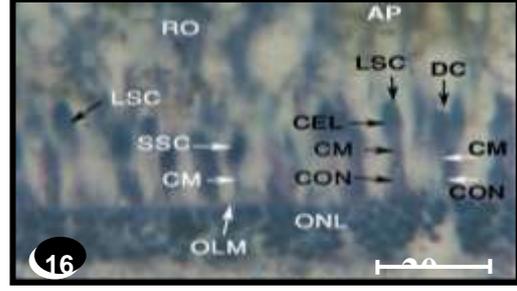


الشكل (12) : مقطع مستعرض في شبكية العين في الخلايا المستقبلية للضوء والخلايا الظهارية الصباغية في المنطقة البطنية لعين سمكة كركور لامته. لاحظ تراص الخلايا الظهارية الصباغية PE ، واستطالاتها القميّة AP ، والقطعة الخارجيّة للمخروط COS ، والمخروط الثنائي DC ، والمخروط المفرد الطويل LSC ، والمخروط المفرد القصير SSC ، والزعانف الجانبية للمخاريط LFI ، والطبقة النوويّة الخارجيّة ONL .

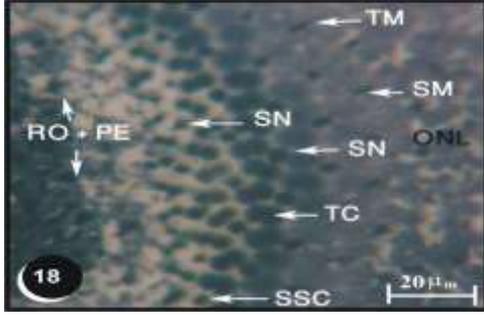


الشكل (13) : مقطع مستعرض في كرة العين لسمة كركور لامته يوضح أنواع المخاريط ، المخروط الثنائي DC ، الجزء نظير العضلة من المخروط CM ، المخروط المفرد الطويل LSC ، الجزء نظير العضلة للعصية ROM ، الجسم الأهلجي (القطيرة الزيتية) EL ، الاستطالات القميّة للخلايا الظهارية الصباغية AP ، خلايا ثنائية القطب BC ، خلايا أفقية HC ، الطبقة النوويّة الخارجيّة

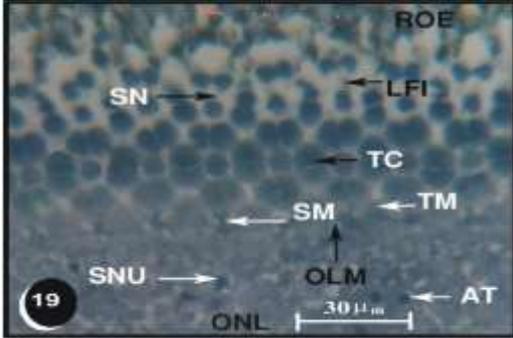
يكون تناظر المخاريط المفردة بصورة عامة شعاعياً فيما يكون تناظر المخاريط الثنائية والثلاثية جانبياً . أما في سمكة المرمريج ظهر نوعان من المخاريط هما المخاريط التوأمية Twin cones ، التي تكون فيها الوجدتان متساويتان بالطول والحجم ، والمخاريط المفردة من نوع واحد والتي يكون تناظرها شعاعياً . كما لوحظ في بعض المناطق من الشبكية وبشكل نادر مخاريط ثنائية تكون فيها الوجدتان غير متساويتان كما تظهرها المقاطع المستعرضة (الاشكال ١٨ ، ١٩ ، ٢٠)



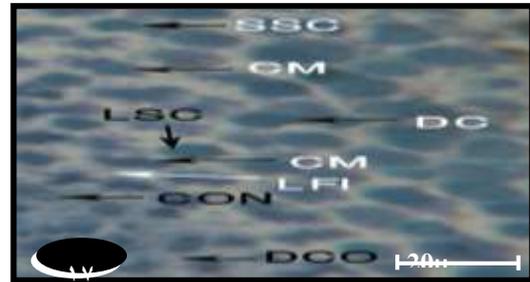
الشكل (16) : مقطع طولى في الخلايا المستقبلية للضوء والخلايا الظهارية الصباغية لسمكة العراض في المنطقة المركزية من كرة العين ، لاحظ نحافة أنواع المخاريط ، المخروط الثنائي DC ، والمخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط المفرد القصير SSC ، أنوية المخاريط CON ، الجزء نظير العضلة من المخروط CM ، الجزء الاهليلجي من المخروط CEL ، الاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP ، العصي RO ، الغشاء المحدد الخارجي OLM ، الطبقة النووية الخارجية ONL .



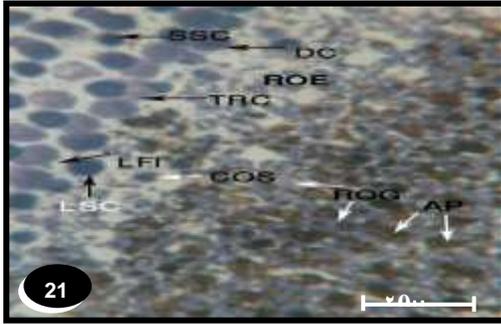
الشكل (18) : مقطع مستعرض في شبكية العين في الخلايا المستقبلية للضوء في المنطقة المحيطة في شبكية سمكة المرمريج . لاحظ أنواع المخاريط والنمط الصفي لها ، المخروط المفرد القصير SSC ، مخروط توأمي TC ، الجزء نظير العضلة للمخروط التوأمي TM ، المخروط المفرد SN ، الجزء نظير العضلة للمخروط المفرد SM ، العصي RO ، الخلايا الضهارية الصباغية للشبكية PE ، الطبقة النووية الخارجية ONL .



الشكل (19) : مقطع مستعرض في المخاريط والطبقة النووية الخارجية لسمكة المرمريج في المنطقة المركزية من الشبكية. لاحظ المخاريط التوأمية TC ، والمخاريط المفردة SN ، التي تشكل نمطاً منتظماً مربعاً ، الجزء نظير العضلة للمخروط المفرد SM ، الموت المبرمج لنواة المخروط المفرد AT ، الجزء نظير العضلة للمخروط التوأمي TM ، نواة المخروط المفرد SNU ، الجزء الاهليلجي للعصية ROE ، الزعانف الجانبية للمخاريط LFI ، الطبقة النووية الخارجية ONL ، الغشاء المحدد الخارجي OLM .



الشكل (17) : مقطع مستعرض في شبكية العين في المنطقة الصدغية البطينية لسمكة العراض . لاحظ أنواع المخاريط في المقطع المستعرض ، المخروط الثنائي DC ، والمخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط المفرد القصير SSC ، والمخروط القزمي DCO ، مواقع أنوية المخاريط CON ، الجزء نظير العضلة من المخروط CM ووجود الزعانف الجانبية لها LFI لاحظ النمط شبه الصفي للمخاريط الثنائية والمفردة في هذه المنطقة

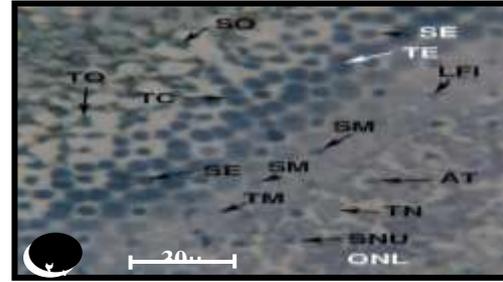


الشكل (21) : مقطع مستعرض في طبقتي الخلايا المستقبلية للضوء والخلايا الظهارية الصباغية لسمة العراض لاحظ أن مجاميع العصي ROG تحاط بالاستطالات القمية للخلايا الظهارية AP ، والقطعة الخارجية للمخروط المفرد COS ، والزعانف الجانبية للمخروط الثنائي LFI ، والمخروط المفرد القصير SSC محاط بمخاريط ثنائية ومفردة طويلة ، والمخروط الثلاثي TRC ، المخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط الثنائي DC ، الجزء الاهليلجي للعصية ROE .

أما الجزء الاهليلجي فيكون مغزلي الشكل في المقطع الطولي ، أي يكون متسعاً في الوسط ومستقفاً عند النهايتين ويختلف حجم هذا الجزء وسعته وطوله تبعاً لنوع المخروط ، فيما يكون قطره مساوياً لقطر القطعة الداخلية عند منطقة التلامس بينهما ، ويظهر في المقطع المستعرض اما بيضوياً أو كروياً في الأنواع الثلاثة من الاسماك موضوع الدراسة بصورة عامة. أما الجزء نظير العضلة فيختلف في حجمه وسعته وطوله تبعاً لنوع المخروط

نظام ترتيب الخلايا المستقبلية للضوء في الشبكية :

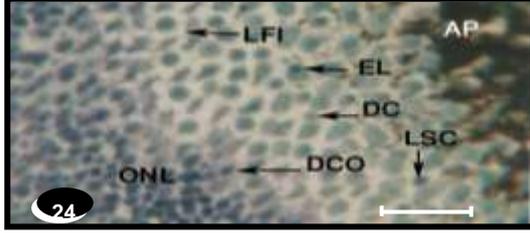
أوضحت النتائج ان المقاطع المستعرضة المتسلسلة للخلايا المستقبلية للضوء ، في حالة التكيف للضوء ، بدءاً من قم القطع الخارجية الى الانوية التي تقع بنماس مع الغشاء المحدد الخارجي ، لم تظهر ترتيباً خاصاً ومنظماً للعصي في الأنواع الثلاثة من الاسماك ، هذا من جانب ، ومن جانب آخر ظهرت العصي بشكل تجمعات تحيط بها الاستطالات القمية للخلايا الظهارية ويختلف عدد العصي لكل مجموعة في الأنواع الثلاثة من اسماك الدراسة الحالية . وقد ذكر عدد العصي لكل مجموعة في الأنواع الثلاثة من الاسماك في حقل العصي . اما فيما يخص المخاريط في حالة التكيف للضوء أظهرت المقاطع المستعرضة المتسلسلة تبايناً واضحاً في ترتيبها في الأنواع الثلاثة من الاسماك من جهة وفي المناطق المختلفة للشبكية في النوع الواحد من جهة اخرى . ففي سمكة كركور لامته ظهرت المخاريط في المنطقة الظهريّة المركزية مرتبة بشكل صفوف منتظمة حيث ان كل صف من المخاريط الثنائية يليه صف من المخاريط المفردة بهيئة تكون فيها الوحدة المساعدة للمخروط الثنائي تقابل الوحدة الرئيسة للمخروط الذي يسبقه والمخروط الذي يليه . ومن الملاحظ ان المخاريط في هذه المنطقة تكون مترابطة جداً ابتداءً من القطعة الخارجية ويزداد الترابط



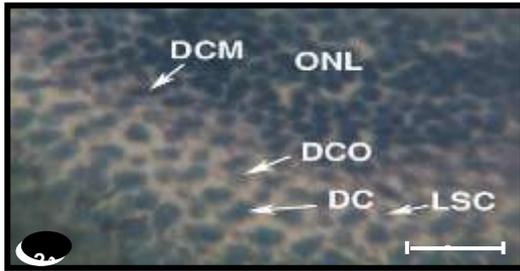
الشكل (20) : مقطع مستعرض للخلايا المستقبلية للضوء والخلايا الظهارية الصباغية في الشبكية القريبة من مركز كرة العين لسمة المرمريج. لاحظ المخاريط التوأمية TC ، القطعة الخارجية للمخروط التوأمي TO ، الجزء نظير العضلة للمخروط التوأمي TM ، الجزء الاهليلجي للمخروط التوأمي TE ، نواة المخروط التوأمي TN ، المخروط المفرد القصير ، القطعة الخارجية للمخروط المفرد القصير SO ، الجزء الاهليلجي للمخروط المفرد القصير SE ، الجزء نظير العضلة للمخروط المفرد SM ، نواة المخروط المفرد SNU ، الزعانف الجانبية للمخاريط LFI ، الموت المبرمج لنواة المخروط المفرد AT ، الطبقة النووية الخارجية ONL ، والنمط مربع منتظم في هذه المنطقة.

تكون نسبة المخاريط التوأمية : المفردة ٧:٢ . أوضحت المقاطع الطولية في الخلايا المستقبلية للضوء أن المخاريط في الشبكية المركزية الظهريّة (فوق العصب البصري) أضخم من المخاريط في الشبكية البطنيّة المركزية وأقل ترابصاً وعدداً عند مستوى القطع الاهليلجية (الشكلان ١٩ ، ٢٠) . ومن جانب آخر ، تكون المخاريط في الجزء المحيطي من الشبكية أكثر ترابصاً وأصغر حجماً بصورة عامة من مخاريط الشبكة المركزية (الشكل ١٨) لم يلاحظ مخاريط ثلاثية أو مخاريط مفردة قصيرة أو قزمية في سمكة المرمريج تترتب المخاريط ، في الأنواع الثلاثة من الاسماك ، كما هو الحال في العصي ، بشكل عمودي على الغشاء المحدد الخارجي وتكون موازية لبعضها البعض . يتألف المخروط بصورة عامة من قطعتين الاولى خارجية مخروطية الشكل إذ تستند في قمتها وتتوسع عند منطقة اتصالها بالقطعة الثانية وهي القطعة الداخلية . تتكون القطعة الداخلية من جزأين ، الاول الجزء الاهليلجي المملوء بالمتقدرات (المائتوكوندريا) والثاني هو الجزء نظير العضلة الذي يربط الجزء الاهليلجي مع النواة . تبدو القطعة الخارجية ، بصورة عامة ، منتظمة إما بيضوية أو دائرية حسب نوع المخروط كما تظهرها المقاطع المستعرضة (الأشكال ١٠، ٢١).

تظهر الزعانف الجانبية في هذه المنطقة من الشبكية وافرة ولاسيما في الاجزاء نظيرة العضلة حيث تتشابه جميع أنواع المخاريط عند هذا المستوى ، ويلاحظ ان كثافة المخاريط أقل من المنطقة الظهرية المركزية (الشكل ٢٤) .

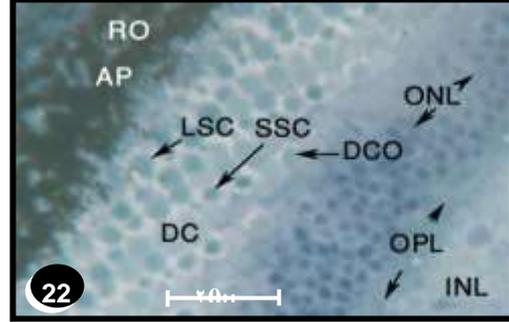


الشكل (٢٤) : مقطع مستعرض في المخاريط واستطالات الخلايا الظهارية الصباغية AP في المنطقة البطنية المركزية لسمة كركور لامته . لاحظ الجسم الاهليجي في المخروط المفرد EL ، المخروط الثنائي DC ، المخروط القزمي DCO ، المخروط المفرد الطويل LSC ، الزعانف الجانبية للمخاريط LFI ، الطبقة النووية الخارجية ONL ، ويكون نمط المخاريط عشوائيا في هذه المنطقة. اما في المنطقتين البطنية المحيطة والظهرية المحيطة فتظهر المخاريط بصورة عشوائية وتكثر فيها الزعانف ابتداءً من القطع الاهليلجية باتجاه الاجزاء نظيرة العضلة حيث تتشابه هناك وتكون المخاريط أقل كثافة عما هو في المنطقة المركزية . ومن جانب آخر تكون المخاريط أقل عدداً في المنطقة البطنية المحيطة عما هو في المنطقة الظهرية المحيطة



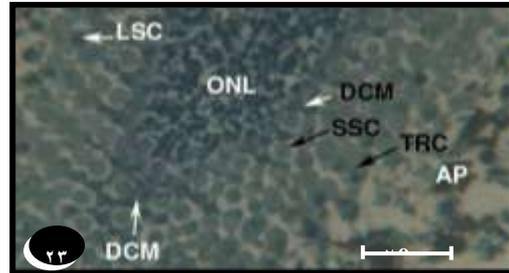
الشكل (25) : مقطع مستعرض في المخاريط للمنطقة المحيطة الظهرية من كرة العين لسمة كركور لامته ، يوضح النمط العشوائي لترتيب المخاريط في هذه المنطقة ، المخروط الثنائي DC ، الجزء نظير العضلة للمخروط الثنائي DCM ، المخروط القزمي DCO ، المخروط المفرد الطويل LSC ، الطبقة النووية الخارجية ONL . أما في سمكة العراض فقد ظهر ايضاً تبايناً في نظام ترتيب المخاريط في المناطق المختلفة للشبكية. ففي المنطقة الظهرية الصدغية يكون نظام ترتيب المخاريط عشوائي (الشكل ٢٦).

باتجاه الجزء نظير العضلة لجميع المخاريط وتكون الزعانف الجانبية الممتدة من القطع الداخلية للمخاريط بصورة عامة قليلة (الشكل ٢٢).



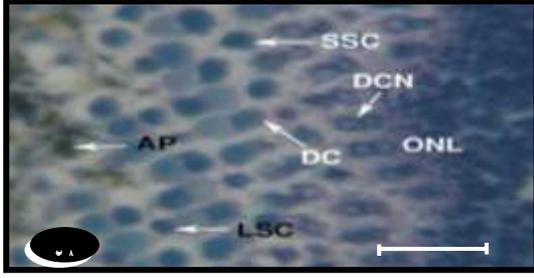
الشكل (٢٢) : مقطع مستعرض في شبكية سمكة كركور لامته في المنطقة الظهرية المركزية. لاحظ أنواع المخاريط في هذه المنطقة ونسبة المخاريط الثنائية الى المفردة ، المخروط الثنائي DC ، المخروط القزمي DCO ، المخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط المفرد القصير SSC ، العصب RO ، الاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP ، الطبقة الضفيرية الخارجية OPL ، الطبقة النووية الخارجية ONL ، الطبقة النووية الداخلية INL ، يكون النمط صفي منتظم في هذه المنطقة.

وفي المنطقة الظهرية الصدغية تترتب المخاريط بشكل عشوائي وتكون كثيفة ومتراصة ، كما ان الاجزاء نظيرة العضلة للمخاريط في هذه المنطقة تكون سميكة ومتلاحمة مع بعضها البعض (الشكل ٢٣) .



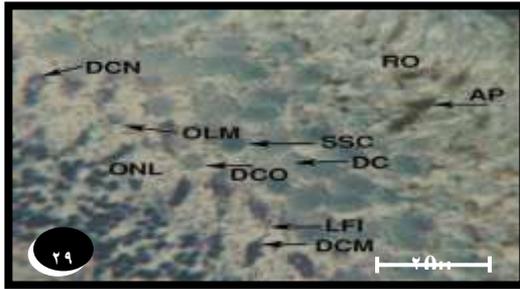
الشكل (٢٣) : مقطع مستعرض للمخاريط والطبقة النووية الخارجية في المنطقة الظهرية من كرة العين لسمة كركور لامته، توضح أنواع المخاريط في هذه المنطقة . لاحظ كثافة المخاريط وان الاجزاء نظيرة العضلية للمخاريط الثنائية تشكل حلقة متصلة حول المخاريط المفردة DCM ، لاحظ المخروط الثلاثي TRC ، المخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط المفرد القصير SSC ، الجزء نظير العضلة للمخروط الثنائي DCM ، الاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP ، الطبقة النووية الخارجية ONL يكون نمط المخاريط في هذه المنطقة عشوائيا.

أما في المنطقة البطنية المركزية يظهر ترتيب المخاريط بشكل عشوائي عند مستوى القطع الخارجية والقطع الاهليلجية في المخاريط الثنائية والمفردة الطويلة ، وكلما تقدمنا بالمقطع باتجاه الاجزاء نظيرة العضلة تترتب المخاريط بترتيب شبه صفي وتصبح الاجزاء الاهليلجية للمخاريط المفردة القصيرة والمخاريط القزمية والاجزاء نظيرة العضلة للمخاريط الثنائية والمفردة الطويلة مرتبة بشكل صفوف منتظمة .



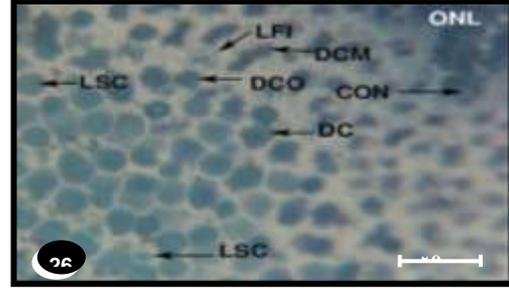
الشكل (28) : مقطع مستعرض في المخاريط واستطالات الخلايا الظهارية الصباغية AP في المنطقة الانفية من كرة العين لسمة العراض، يوضح النمط الصفي المنتظم للمخاريط الذي يمتد إلى منطقة الأنوية ، المخروط الثنائي DC ، نواة المخروط الثنائي DCN ، المخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط المفرد القصير SSC ، الطبقة النووية الخارجية ONL

من ناحية أخرى تظهر المخاريط في هذه المنطقة أكثر ضخامة من المناطق الأخرى ، كما أن ترتيبها يختلف في نفس المنطقة وبعضها يكون منتظماً بدرجة عالية (الشكل ٢٨) والآخر أقل انتظاماً (الشكل ٢٧) . أما في المنطقة الانفية البنية فيبدو النمط شبه صفي وتكون المخاريط أكثر كثافة وأضخم حجماً عما هو في المنطقة الظهريّة الانفية (الشكل ٢٩) .



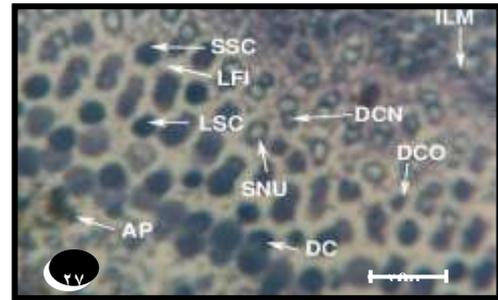
الشكل (29) : مقطع مستعرض في طبقة الخلايا المستقبلية للضوء والاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP ، في المنطقة البنية الأنفية لسمة العراض. لاحظ ضخامة المخاريط وقلة عددها في هذه المنطقة . ويكون نمط المخاريط شبه صفي ، المخروط الثنائي DC ، نواة المخروط الثنائي DCN ، الجزء نظير العضلة للمخروط الثنائي DCM ، المخروط القزمي DCO ، المخروط المفرد القصير SSC ، الزعانف الجانبية للمخروط LFI ، العصي RO ، الطبقة النووية الخارجية ONL ، الغشاء المحدد الخارجي OLM .

تظهر المخاريط ذات كثافة عالية نوعاً واكثر تراصاً في المنطقة المركزية عما هو في المناطق الأخرى ، ومن ناحية أخرى يكون نمط المخاريط عشوائياً نوعاً ما في المنطقة المركزية البنية (الشكل ٣٠) .



الشكل (26) : مقطع مستعرض في المخاريط واستطالات الخلايا الظهارية الصباغية في المنطقة الظهريّة الصدغية لشبكية سمكة العراض . لاحظ أن المخاريط تكون أضخم من نظيراتها في المنطقة المركزية ، ويكون نمط المخاريط في هذه المنطقة عشوائياً ، المخروط الثنائي DC ، الجزء نظير العضلة للمخروط الثنائي DCM ، المخروط القزمي DCO ، المخروط المفرد الطويل LSC ، الطبقة النووية الخارجية ONL ، نواة المخروط CON ، الزعانف الجانبية للمخروط LFI .

وفي المنطقة البنية الصدغية يكون نظام المخاريط شبه صفي بنوعها المفرد والثنائية . ومن جانب آخر تتباين المخاريط في هاتين المنطقتين في كثافتها فتكون أكثر كثافة في المنطقة الظهريّة الصدغية عما هي عليه في المنطقة البنية الصدغية (الشكل ١٧) أما في المنطقة الظهريّة الأنفية فتترتب المخاريط بنظام صفي منتظم ويمتد هذا الترتيب إلى منطقة الانوية (الشكلان ٢٧ ، ٢٨) .

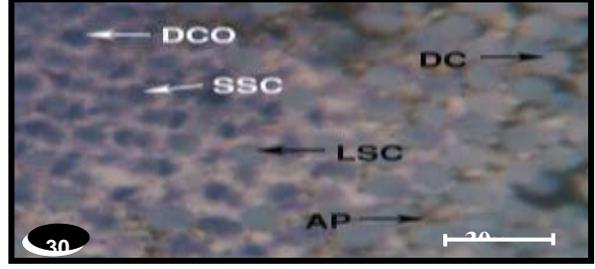


الشكل (27) : مقطع مستعرض في المخاريط في المنطقة الظهريّة الأنفية لشبكية سمكة العراض، الاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP. لاحظ أنواع المخاريط والزعانف الجانبية لها ، المخروط الثنائي DC ، نواة المخروط الثنائي DCN ، المخروط القزمي DCO ، المخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط المفرد القصير SSC ، نواة المخروط المفرد SNU ، الزعانف الجانبية للمخروط LFI ، الغشاء المحدد الداخلي ILM ، ويكون نمط المخاريط صفيّاً منتظماً في هذه المنطقة . لاحظ أنوية المخاريط تكون بشكل حلقات .

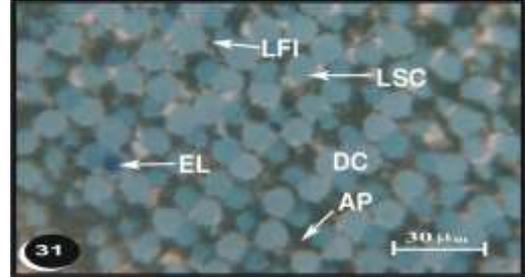
عند منتصف الاجزاء الاهليلجية الى مستوى الانوية ، اما عند قمم القطع الخارجية والاجزاء العليا من القطع الاهليلجية فيبدو نظام المخاريط شبة مربع (الشكل ١٨) . وتبدو المخاريط في المناطق المحيطة اكثر ترصاً وأصغر حجماً من المنطقة المركزية .

المناقشة

اثبتت الدراسة الحالية وجود نوعين من الخلايا المستقبلية للضوء (العصي والمخاريط) في شبكية الانواع الثلاثة من الاسماك والتي يمكن تمييزها عن طريق الشكل والموقع، وبهذا تعد الشبكية في هذه الانواع شبكية مزدوجة كما هو الحال في أغلب الاسماك العظمية، وبالاخص اسماك المياه الضحلة والمياه السطحية [29] . لقد وجد ان اغلب الاسماك التي تعيش في المياه العميقة تحتوي شبكيتها على عصي فقط [8]، ومن ناحية أخرى توجد اسماك تحتوي شبكيتها على مخاريط فقط كما في عدد من انواع اسماك المياه السطحية [7]. لوحظ وجود نوع من العصي في الانواع الثلاثة من الاسماك والتي تكون قطعها الخارجية اسطوانية الشكل وهذه حالة شائعة في اغلب الاسماك مع وجود بعض الاستثناءات إذ لوحظ وجود نوعين من العصي تختلف في الحجم والقطر كما في سمكة *Scaphirhynchus albus* [30] كما لوحظت عصي مخروطية الشكل في سمكة *Scopelosaurus lepidus* [31] وعصي شبة مخروطية في اللامبري من نوع *Geotria australis* [32] . لوحظ في النتائج الحالية ان طول القطعة الخارجية والطول الكلي للعصي يختلف بين الانواع الثلاثة من الاسماك وهذه الحالة شائعة في انواع اخرى من الاسماك العظمية [33,12] . وكلما ازداد طول القطعة الخارجية ازدادت قدرتها على اقتناص اكبر كمية من الضوء، من ناحية اخرى يشبه التركيب المجهرى العام للعصي في الانواع الثلاثة ما موجود في الفقريات وبالاخص الاسماك العظمية إذ تتكون العصية من قطعة خارجية وقطعة داخلية تشمل الجزأين الاهليلجي ونظير العضلة [17,20,34]. كما أوضحت الدراسة ان حجم الجزء الاهليلجي في عصي العراض اكبر حجماً من الجزء الاهليلجي للنوعين الآخرين وكذلك بالنسبة للجزء نظير العضلة . إن التباين في حجم وطول مكونات القطعة الداخلية بين الانواع الثلاثة قد يعود الى الاختلاف في سمك طبقة الخلايا المستقبلية للضوء . فقد وجد الاختلاف في العديد من الاسماك العظمية وبالاخص الاسماك الشبوطية كما في سمكة *Stemotilus Exoglossum maxilllingua* وسمكة *Micropterus salmoids atromaculatus* [17,20] وسمكة [33] . ومن ناحية اخرى يمكن تمييز العصي في الانواع الثلاثة من الاسماك عن المخاريط من خلال الشكل والموقع في حالة التكيف للضوء. إذ يوجد اختلاف واضح في الشكل والتركيب وهذا يتفق مع ما وجد في الفقريات الاخرى في الدراسات السابقة [35] . اما بالنسبة للمخاريط فقد لوحظ في السمكة العظمية *Rutilus rutilus* اربعة انواع من المخاريط بواسطة تقنية الاشعة تحت الحمراء وهي المخروط الثنائي (غير المتساوي) والمخروط المفرد الطويل ونوعين من



الشكل (30) : مقطع مستعرض في المخاريط واستطالات الخلايا الظهارية AP في المنطقة البطينية المركزية من كرة العين لسمكة العراض ، يوضح النمط العشوائي للمخاريط في هذه المنطقة ، المخروط الثنائي DC ، المخروط القزمي DCO ، المخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط المفرد القصير SSC اما في المنطقة المركزية الظهريّة فترتب المخاريط بشكل صفوف منتظمة وتكون المخاريط المفردة في هذه المنطقة نادرة جداً والثنائية هي السائدة بشكل شبة مطلق (الشكل ٣١) .



الشكل (31) : مقطع مستعرض في المخاريط والاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية AP في جزء من المنطقة المركزية لشبكية سمكة العراض ، لاحظ قلة المخاريط المفردة ، وتراص المخاريط بصورة عامة ، يكون نمط المخاريط صفياً منتظماً في هذه المنطقة ، المخروط المفرد الطويل LSC ، المخروط الثنائي DC ، الزعانف الجانبية للمخاريط LFI ، الجسم الاهليلجي (القطيرة الزيتية) EL .

تظهر المخاريط في المنطقتين المركزية الظهريّة والمركزية البطينية ذات زعانف جانبية تبدأ قرب قمم الاجزاء الاهليلجية وتمتد الى موقع الانوية لترتبط المخاريط مع بعضها البعض . اما في سمكة المرمريج فقد ظهر تبايناً قليلاً في نظام ترتيب المخاريط يختلف عن السمكتين السابقتين . ترتبت المخاريط في المنطقة المركزية المحيطة بالعصب البصري والاجزاء القريبة من المنطقة المركزية في كل الشبكية بنمط فسيفسائي مربع منتظم ، إذ ترتبت المخاريط بشكل وحدات رباعية منتظمة من المخاريط الثنائية التي تشكل أضلاع المربع وظهر المخروط المفرد في مركز المربع . يختلف حجم المخاريط من منطقة الى اخرى كما يختلف ترصاً الوحدات ، ويستمر هذا النمط ليشمل الاجزاء نظيرة العضلة وحتى الانوية في الطبقة النووية الداخلية (الاشكال ١٩ ، ٢٠) . اما في المناطق المحيطة من الشبكية القريبة من القزحية فيبدو نظام المخاريط صفي منتظم إذ ترتبت المخاريط الثنائية بصفوف متوازية تتخللها صفوف من المخاريط المفردة ولاسيما

قليل من اسماك الشبوطيات [6,17,20] وبناءا على ما تقدم يمكن الاقتراح بان وجود ستة انواع من المخاريط في سمكة كركور لامته وثمانية انواع من المخاريط في سمكة العراض قد يجعلها من الاسماك رباعية اللون أي تتحسس للاطوال الموجية الاحمر ، الاخضر ، الازرق والاشعة فوق البنفسجية . كما ان وجود نوعين من المخاريط في سمكة المرمريج يجعلها من الاسماك ثنائية اللون إذ تتحسس الضوء الاحمر والاخضر من الطيف المرئي . ومن جانب آخر فان وجود المخاريط الثنائية والثلاثية والمفردة وكثافة العصي يؤدي الى الاقتراح بان هذه الاسماك تتمتع بجهاز بصري ذو حساسية عالية وإن وجود النمط المربع المنتظم في سمكة المرمريج يدل على ان لها حدة بصر عالية ويؤكد انها من الاسماك المفترسة وتتم عملية التغذية في الليل والنهار كما ان زيادة نسبة العصي في سمكة العراض يدل على ان هذه السمكة أكثر تحسناً من النوعين الآخرين في الظلام أوضحت نتائج الدراسة الحالية انه لا يوجد ترتيب منتظم او واضح للعصي في شبكية الانواع الثلاثة من الاسماك عدا انها تظهر بشكل مجاميع تفصلها الاستطالات القمية للخلايا الظهارية الصباغية وهذا يتفق مع اغلب الدراسات السابقة حول الاسماك العظمية [17,20,21] . اما فيما يخص المخاريط في حالة التكيف للضوء اظهرت المقاطع المستعرضة المتسلسلة تبايناً واضحاً في ترتيبها في الانواع الثلاثة من الاسماك من جهة ، وفي المناطق المختلفة للشبكية في النوع الواحد من جهة أخرى . في سمكة كركور لامته ظهر نمط صفي منتظم للمخاريط في المنطقة الظهريّة المركزية وشبه صفي في المنطقة البطنيّة المركزية اما في المناطق الاخرى فقد كان توزيع المخاريط عشوائياً . اما في سمكة العراض فقد ظهر النمط الصفي المنتظم في المنطقة الظهريّة المركزية والظهريّة الانفية، فيما كان النمط شبه صفي في المنطقة البطنيّة الصدغية اما في بقية المناطق ظهر النمط عشوائياً . اما فيما يخص سمكة المرمريج فقد ظهرت المخاريط مرتبة بنمط مربع منتظم في المنطقة المركزية للشبكية فيما ظهر النمط صفي منتظم في المناطق المحيطية من الشبكية القريبة من القرنية. أوضحت الدراسات السابقة ان حدة البصر والتحسس يختلفان تبعاً لترتيب الخلايا المستقبلية للضوء والمسافة بينهما وبخاصة المخاريط . يعزز التناسق العالي للوحدات إكتشاف الحركة ويؤدي ترانس الوحدات الى القدرة العالية على إقتناص اكبر كمية من الضوء ، ومن جانب آخر فان هذا التراص يعطي زيادة في نسبة المساحة التي تشغلها المخاريط تطابقاً مع التركيب الطيفي الواسع للمحيط المائي [24]. لما كانت الخلية المستقبلية للضوء تحتوي على نوع واحد من الصبغة البصرية ، فإن رؤية الالوان تتطلب مخاريط تختلف عن بعضها نسبياً ، وبناء على ذلك ، تشغل مساحة الشبكية بانتظام بين اثنين أو أكثر من انواع المخاريط الخاصة ، لتحديد البعد المتبادل بين المخاريط المتشابهة ، أي قوة ميز اللون المعين ، والحساسية المطلقة للجهاز البصري . ومن ناحية اخرى ، فان المخاريط المتخصصة للالوان المعنية تقع في مناطق ضمن الوحدة البصرية لاحداث التكامل فيما بينها . إن وجود

المخروط المفرد القصير [36] . وفي دراسة اخرى على السمكة الذهبية Gold fish وجد ان هناك ثلاثة انواع من المخاريط وهي المخاريط الثنائية (غير المتساوية) ، المخروط المفرد الطويل والمخروط المفرد القصير ولوحظ ان هناك اربعة انواع من الصبغة البصرية ، إذ وجد ان المخاريط القصيرة تمتص الامواج الضوئية القصيرة والمخاريط المفردة الطويلة تمتص الامواج المتوسطة والمخاريط الثنائية تمتص الامواج الطويلة من الطيف المرئي [37] وهذا ما قد يحصل في اسماك الدراسة الحالية . ان وجود المخروط القرصي في سمكتي كركور لامته والعراض في الدراسة الحالية هو حالة نادرة في الاسماك العظمية ولكن بين العديد من الباحثين وجود نوعين من المخروط المفرد القصير احدهما اقصر من الآخر في انواع عدة من اسماك الشبوطيات عند مستوى المجهر الضوئي. وباستخدام تقنية Spectrophotometer (المطياف الضوئي) وجد ان المخروط القصير جداً تتحسس صبغته البصرية للاشعة فوق البنفسجية كما في الاسماك من نوع Rutilus rutilus [36] و Carassius auratus [38] و Salmo salar [39] ، وفي سمكة Noemacheilus tigris [15]، وفي سمكة Fundulus heteroclitus [40] وفي سمكة Zebra fish [41] . ومن جانب آخر أوضح الباحث المثبوتي [15] تركيب المخروط القرصي عند مستوى المجهر الالكتروني ان له قطعة خارجية قصيرة وذات اقراص مترابطة عند القاعدة مع بدانة القطعة الداخلية وامتلأها بالمقدرات المترابطة جداً وفقدان الجزء نظير العضلة والزعانف الجانبية وعدم قدرتها على الحركة المكثبة الضوئية ، ووقوع النواة تحت الغشاء المحدد الخارجي وكبر حجمها ، كل هذه الصفات تدل على ان لهذا المخروط اهمية فسلجية خاصة وقد تعمل القطعة الاهليلجية كعدسة تسدد الضوء باتجاه العصي مما يزيد التحسس بشكل كبير [17,20]. قد تؤدي المخاريط القرصية لسمكتي كركور لامته والعراض الوظيفة نفسها . إن وجود المخاريط الثنائية (التوأمية) في سمكة المرمريج اكتشفت في الاسماك العظمية فقط [27] . وقد لوحظت بانها تشكل نمطاً فسيفسائياً مربعاً مع المخاريط المفردة كما في سمكة Rivulus marmoratus [42] ، كما في سمكة المرمريج ، وقد أكدت الدراسات بتقنية المطياف الضوئي ان المخاريط التوأمية تحتوي على الصبغة البصرية نفسها والتي تمتص الضوء الاخضر فقط [43] ، وهذا ما قد ينطبق على سمكة المرمريج . ومن الحالات النادرة في الاسماك لوحظ وجود نوع واحد من المخاريط المفردة تنتشر بين العصي الطويلة في السمكة من نوع Liposarcus pardalis [44] وعدم وجود المخاريط الثنائية والتوأمية . توجد أدلة تثبت ان المخاريط الثنائية هي آلية لتعزيز التحسس وتكون ضرورية لاكتشاف الحركة وبخاصة عندما تكون منتظمة بشكل نمط مربع كما انها تلعب دوراً مهماً في توجيه التحسس الاستقطابي [45,46]. اما المخاريط الثلاثية فقد وجدت باعداد قليلة جداً ، كما في الدراسة الحالية ، منتشرة بشكل وحدات ثلاثية بين الانواع الاخرى من الخلايا المستقبلية للضوء لعدد

ولتكوين حدة بصرية قوية يجب ان تكون الخلايا المستقبلية للضوء مترابطة لتكوّن وحدة فعالة ولهذا فان تراس المخابرات في المنطقة الظهرية لشبكية كركور لامته واتصالها بوساطة الزعانف الجانبية مع بعضها البعض وتراس المخابرات مع كثافة عالية في المنطقة الظهرية الصدغية وضخامتها في المنطقة الانفية البطينية لسمة العراض وتراس المخابرات في المناطق المحيطية لسمة المرمريج يدل على ان هذه الانواع من الاسماك تتمتع بحدة بصر قوية في هذه المناطق كما ان ترتيب الخلايا بنمط فسيفسائي منتظم يساعد على توحيد المعلومات عند مستوى هذه الخلايا وذلك برصد حجم واتجاه وسرعة الفريسة التي تتغذى عليها السمكة [52,25]. لوحظ وجود علاقة بين ترتيب المخابرات والتطور للانواع إذ وجدت اسماك عدة من الجنس نفسه تحتوي على انماط مختلفة من ترتيب المخابرات . كما ان الاختلاف في النمط الفسيفسائي بين الانواع المتقاربة تصنيفياً والتي تعيش بمستويات مختلفة في البحيرات يدعم الرأي القائل بان النمط الفسيفسائي للمخابرات يتحور تبعاً للظروف الضوئية المتوفرة في المحيط . ومن جانب آخر فان النمط المربع يعمل على ملاحظة الحركة من جميع الاتجاهات كما في سمكتي *Corythoichthys paxtoni* ، و *Lepois cyanellus* [28,27] على التوالي ، واللذان ينطبق فيهما النمط على ما وجد في سمكة المرمريج في دراستنا الحالية . بينما يؤدي النمط الصفي ملاحظة الحركة في اتجاهين كما في سمكتي *Exoglossum maxillingua* و *Danio rerio* [52,41] على التوالي . ومن جانب آخر وجد ان الاسماك التي تعيش في المياه الطينية والعكرة او التي تقطن قاع البحار والتي تكون ليلية النشاط لا يوجد في شبكيتها نمط فسيفسائي منتظم بل يكون نمطها عشوائياً ، كما ظهر في بعض الاسماك من عائلة الشبوطيات مثل سمكتي *Cyprinus carpio* و *Pelecus cultratus* [53]، وهذا يتفق مع ما وجد في بعض مناطق الشبكية في سمكتي كركور لامته والعراض في دراستنا الحالية. وهناك وظائف اخرى للنمط الفسيفسائي المربع مثل توجيه اكتشاف الضوء المستقطب [28].

صبعتين بصريتين مختلفتين توديان الى التحسين الاساسي للرؤية . وايضا صيغة اخرى قد يحسن تحسس الالوان ، وفي حالة وجود صيغة بصرية واحدة فقط يعزز الحساسية المطلقة ضمن حقل طيفي اكثر تحديداً . فضلا عن ذلك فان مدى سعة زاوية الابصار له اهمية في اكتشاف الحركة في جميع الاتجاهات ضمن الحقل البصري . ولما كان اكتشاف الحركة يعتمد على البعد بين مركز الوحدات البصرية المتجاورة ، فان هذا البعد يجب ان يبقى ثابتاً قدر المستطاع ليعطي درجة عالية من الميز المتجانس ، وهذا يتطلب ، اضافة للتراس العالي ، وجود وحدات ابصار في الضوء الساطع بشكل شبكي بحيث تشكل فسيفساء ملائماً متعدد الاضلاع ومنتظماً . ان نظام التناظر لوحدة النمط الفسيفسائي المتكون هو المقياس الذي يؤثر كيف يمكن تحقيق الميز المتجانس في محيط العين [48,47,24] . وهذا ما قد يحصل في سمكتي كركور لامته والعراض في المناطق التي يكون فيها النمط صفي منتظم وكذلك ينطبق بشكل دقيق على ما وجد في سمكة المرمريج ذات النمط المربع المنتظم . ومن جانب آخر ، تعد المخابرات الثنائية هي الوحدات الفعالة بالنسبة للتوظيف وقد تحتوي الوحدات للمخروط الثنائي على صبغة بصرية تتحسس اللون الاخضر فقط في حالة كون المخروط الثنائي توأمي (الوحدتان متطابقتان) كما في سمكة المرمريج في الدراسة الحالية ، وتتحسس احد الوحدتين اللون الاخضر والاخرى اللون الاحمر عندما تكون الوحدتين غير متطابقتان كما في سمكتي كركور لامته والعراض [7] . وفي حالة وجود مخابرات مفردة مختلفة الحجم فانها تتحسس ألوان مختلفة ، فكلما قصر طول المخروط فانه يمتص الاطوال الموجية القصيرة كاللون الازرق والاشعة فوق البنفسجية كما هو الحال في سمكتي كركور لامته والعراض في الدراسة الحالية [49,24]. ومن جانب آخر اوضح [50] ان وجود النمط الفسيفسائي المنتظم في الاسماك سببه ان القرنية والماء يكونان متشابهين بمعامل الانكسار ، وهذا يؤدي الى إلغاء دور القرنية وجعلها غير فعالة تحت الماء. وبهذا فان قوة التحديق لعين السمكة يجب ان تتركز في العدسة الكروية . وبما أن العدسة لها معامل انكسار عالٍ وبعد بؤري قصير فهذا يتطلب ان تكون الشبكية قريبة من العدسة ،

المصادر:

1. Cohen A.I., Rods and cones. In: Handbook of Sensory Physiology, vol. VII/2, M.G.F. 4th (ed.), Springer-Verlage, Berlin, (1972),pp63-110.
2. Young, R.W. Visual cells. Sci. Amer. Inc., (1970), 83: 3-7.
3. Collin, S.P. and Potter C. Lan. The ocular morphology of the southern hemisphere lamprey *Mordacia mordax* Richardson with special reference to a single class of photoreceptor and a retinal tapetum. Brain. Behav. Evol. 55: (2000),pp120-138.
4. Munk, O. On the retina of *Diretums argenteus* Johnson 1863 (*Diretmide pisces*). Vidensk Meddr Fra. Dansk. Anturh. Foren.85: (1996),122-130.
5. rohlich, E.; Negishi, K.and Wagner, H.J. Patterns of rod proliferation in deep sea fish retina. Vision Res., 35: (1995), 1794-1811.
6. تغريد حازم صابر الفكجي ، دراسة مجهرية مقارنة وتأثير بعض الاشعة الكهرومغناطيسية في التركيب النسيجي لشبكية العين في نوعين من الاسماك العظمية *Calcalburnus mossulensis* ولخ انكوره *Neomacheilus angora* ، رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل (٢٠٠٣) ، الموصل،العراق .
7. Meer; H.,Vander, J. and Bowmaker, J.K. Interspecific variation of photoreceptor in four co-existing halpochromine cichhd fishes . Brain Behav. Evol., 45: (1995), 232-240.

8. Douglas, R.H. and Partridge, J.C. On the visual pigments of deep-sea fish. *J. Fish Biol.*, 50: (1997),68–85.
9. Collin, S.P. Specialization of the teleost visual system: adaptive diversity from shallow-water to deep-sea. *Acta. Physiol. Scand.*, 161: (1997),5-24.
10. Silman, A.J. and Dahlin, D.A. The photoreceptor topography in the duplex retina of pallid fish polyodon spathual. *J. Exp. Zool. Part. A.* 301A(8): (2005),674-681.
11. Stell, W.K. and Harosi, F.I. Cone structure and visual pigment content in the retina of the gold fish, *Vision Res.*, 16: (1976),647-657.
12. Yacob, A. Ultrastructural studies on the visual cells in the retina of teleost (*Poecilia reticulata*) (1978), (Peters) Ph.D. Thesis, Nat. Univ. Ireland.
13. Kunz, Y.W.; Ennis, S. and Wise, C. Ontogeny of the photoreceptors in the embryonic retina of the viviparous guppy, *Poecilia reticulata* P. (teleostei). *Cell tissue Res.*, 230: (1983), 469-486.
١٤. علي اشكر عبد ، نظام المستقبلات الضوئية في شبكية سمكة البعوض *Gambusia affinis* ، رسالة ماجستير ، كلية العلوم ، جامعة الموصل (١٩٨٦) الموصل، العراق .
١٥. علي اشكر عبد المتبوت ، دراسة في التركيب والتكوين الدقيق لشبكية عين السمكة العظمية (لخ دجلة) *Noemacheilus tigris* (Heckel) وتأثير بعض الإشعاعات عليها ، اطروحة دكتوراه ، كلية التربية ، جامعة الموصل (١٩٩٨)، الموصل، العراق .
16. Ahlbert, I.B.. Organization of the cone cells in the retina of salmon *Salmo salar* and trout (*Salmo trutta*) in relation to their feeding habits. *Acta Zool.*, 57: (1976), 13-35.
17. Collin, S.P.; Collin, H.B.; and Ali, M.A. Ultrastructure and organization of the retina and pigment epithelium in the cutlips minnow *Exoglossum maxillingua* (Cyprinidae, teleostei). *Histopathology.* 11: (1996b), 55-69.
18. Lyall, A.H. Cone arrangement in teleost retina. *Q.J. Microsc. Sci.*, 98: (1957)198-201.
19. Engstrom, K. Structure, organizations and ultrastructure of the visual cells in the teleost family labridae. *Acta. Zool.*, 44: (1963),1-44.
20. Collin, S.P.; Collin, H.B. and Ali, M.A. Fine structure of the retina and pigment epithelium in the creek chub., *Stemotilus atromaculatus* (Syprinidae, teleostel). *Histol. Histopathol.* 11: (1996a),41-53.
21. Ali, M.A. and Anctil, M. *Retinas of fishes: An Atlas*, Springer velag, Berlin. (1976), 675-776.
22. Fernald, R.D. Cone mosaic in teleost retina: No difference between light and dark adapted states. *Experientia*, 38: (1982), 1337-1339.
23. Kunz, Y.W. Cone mosaics in teleost retina, changes during light and dark adaptation. *Experientia* 36: (1980), 1371-1374.
24. Meer, H. Vander, J. Ecomorphology of photo-reception halpochromine cichlids using optomotor responses. *An. Mas. Roy. Afr. Cetner., Sci. Zool.* 262: (1991), 91-96.
25. Kunz, Y.W.; Nishmlleabham, M. and Callagha, E. The eye of the venomous marine teleost *Trachinus vipera* with special reference to the structure and ultrastructure of visual cells and pigment epithelium. *Exp. Biol.*, 43: (1985), 161-178.
26. Anctil, M.A. Structure de la retina chez quelques teleostenes marins du plateau continental. *J. Fish Res. Board. Can.*, 26: (1999), 597-628.
27. Collin, S.P. and Collin, H.B. The foveal photoreceptor mosaic in the pipefish, *Corythoichthys paxtoni* (Syngnathidae, Teleostei). *Histol. Histopathol.* 14: (1999), 369-382.
28. Cameron, D.A.; Easter, S.S. The cone photoreceptor mosaic of the green sunfish, *Lepomis cyanellus*, *Visual Neuroscience*, 10: (1992), 375-384.
29. Collin, S.P.; Lloyd, D.J. and Wagner, H.J. Foveate vision in deep sea teleost: a comparison of primary visual and olfactory inputs. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 355: (2000), 1315-1320.
30. Silman, A.J. and Dahlin, D.A. The photoreceptor topography in the duplex retina of pallid fish polyodon spathual. *J. Exp. Zool. Part. A.* 301A(8): (2005), 674-681.
31. Munk, O. The visual cells and retinal tapetum foveate deep sea fish *Scopelosaurus lepidus* (Teleostei). *Zoomorphol.*, 87: (1977), 21-49.
32. Collin, S.P.; Potter, C. Lane , and Braekvelt, C.R. The ocular morphology of the southern hemisphere lamprey *Geotria australis* Gray, with special reference to optical specialization. *Brain Evol.*, 54: (1999), 96-118.
33. Garcia, M. and De- Juan, J. Fine structure of the retina of black bass, *Micropterus salmoides* (Centrarchidae, Teleostei). *Histol. Histopathol.*, 14: (1999), 1053-1065.
34. Marc, R.E. The structure of vertebrate retinas. *J. Toyoda* (ed.) *The Retinal Basis of Vision*. Elsevier, Amsterdam. (1998), 337-349.
35. Rodieck, R.W. The vertebrate retina: principles of structure and function, Freeman, W.H. San Francisco. (1973), 315-480.
36. Downing, J.E.G.; Djamgoz, M.B.A. and Bowmark, J.K. Photoreceptors of cyprinid fish: morphological and spectral characteristics. *J. Compar. Phys. A*, 159: (1986), 859-868.
37. Cameron D.A. and Powers, M.A. Morphology and Visual pigment content of photoreceptors from injured gold fish retina. *Visu. Neuro.*, 17: (2000), 623-630.
38. Neumeyer, C. Wave length discrimination in the gold fish. *J. Comp. Physiol. A.*, 158: (1988), 203-213.
39. Kunz, Y.W.; Wildenbury, G.; Goodrich, L. and Callaghan, E.. The fate of ultraviolet receptors in the retina of the salmon (*Salmo salar*) *Vision. Res.*, 34: (1994), 1375-1383.
40. Flamarique I.N. and Harosi, F.I. Photoreceptors, visual pigments and ellipsosomes in the killi fish, *Fundulus heteroclitus*: A microspectrophotometer and histological study. *Visual Neuro.* 17: (2000), 403-420.

41. Morris, A.C. and Fadool, J.M. Studying rod photoreceptor development in zebra fish. *Physiol. and Behav.* 86: (2005),306–313.
42. Ali, M.A.; Klyne, M.A.; Park, E.H. and Lee, S.H. Structure of the external retina of the oviparous, hermaphroditic fish (*Rivulus marmoratus*). *Poey. Anat. Anz., Jena*, 168: (1989), 7-15.
43. Januschka, M.M.; Burhardt, D.A.; Eriandson, S.L. and Purple, R.L. The ultrastructure of cones in the walleye retina. *Vis. Res.*, 27: (1987) , 327-341.
- Douglas, R.H.; Collin, S.P. and Comgan, J. The eyes of suckermouth armoured catfish (*Loricariidae*, subfamily *Hypostomus*): pupil response lenticular longitudinal spherical aberration and topography. *J. Experm. Biol*, 20: (2002),3420-3433.
44. Hawryshyn, C.W. Ultraviolet polarization vision in fishes: possible mechanisms for coding e–vector. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 355, (2000), 1187–1190.
45. Evans, B.I. and Bowman, H.I. Development of forms and function in fish and the question of larval adaptation. *Americ. Fish. Soc.* 40: (2004), 145–166.
46. Loew, E.R. and Lythgoe, J.N. The ecology of cone pigments in teleost fishes. *Vision Res.* 18: (1978), 715–722.
47. Bowmaker, J.K.; Govardorskii, S.A.; Shukolyukov; Zueva, L.V.; Himt, D.M.; Sideleva, V.G. and Sminova, O.G. Visual pigments and the photic environment: The cottoid fish of lake Baikal-vision. *Res.* 34: (1994),591-605.
48. Bowmaker, J.K. and Kunz, W. Ultraviolet receptors, tetrachromatic color vision and retinal mosaics in the brown trout (*Salmo truta*): Age–dependent changes. *Vision Res.* 27: (1989) ,2107–2108.
49. Fernald, R.D. Vision behavior in an African cichlid fish. Combining behavioral and physiological analysis reveal show good vision in maintained during rapid growth of the eyes. *Amerc. Sceint.* 72: (1984), 58–65.
50. Borwein, B. and Hollenberg, M.J. The photoreceptors of the "four-eyed" fish. *Anableps anableps* L.J. *Morphology*, 140: (1973), 405-442.
51. Collin, S.P.; H.B. Collin, and M.A. Ali.. Ultrastructure and organization of the retina and pigment epithelium in the cutlips minnow *Exoglossum maxillingua* (Cyprinidae, Teleostei). *Histopathology*, 11: (1995),55-69.
52. M. Zaunreiter,; H. lunger, and K. Kotrschal,. Retinal morphology of cyprinid fishes sea quantitative histological study of ontogeneic changes and interspecific variation. *Vision Res.* 31: (1991),383-394.

Types and arrangement of photoreceptor cells in the eye retina of three species of teleost fish differ in their light environment and nutrient natuture

A.A.AL-Mteewati, E.K.AL-Khaleefa

Department of Biology, College of education, University of Mosul , Mosul, Iraq

(Received: 25 / 4 / 2010 ---- Accepted: 16 / 3 / 2011)

Abstract

The present study include the investigation of photoreceptor cells (cones and rods) at the level of light microscope, in the eye of three species of fresh water teleost fish, *Garra lamta*, *Acanthobrama marmid* and *Mastacembelus simach* which belong to two different families and differ in their environmental light intensity and feeding habits. type of rod was noted in each species of fish, which The results showed that the three species have duplex retina (with rods and cones). One accumulated as groups, but these groups not organized. The rods differ in length in each species and it's outer segments cylindrical in shape except in the *M. simach* some of them funnel in shape. The rods in both *G. lamta* and *A. marmid* appeared as several layers (stratified). Six types of cones appeared in *G. lamta* which were unequal double, (dominant), long single, short single, thin & thick dwarf and rarely triple cone, these cones consist of spherical ellipsosomes at the tip of ellipsoids, which disappear in the cones of other two species. In the *A. marmid* eight types of cones were noted, which unequal double, thick & thin long single, thick and thin short single, thick and thin dwarf and rarely triple cones. In the *M. simach* there were only two types of cones were noted twin and single cones. The cones classified as above types according to their lengths, thickness, and the number of units (cells). The cones showed different organizations in their arrangement in the three species as well as at the various regions of the same retina. In both *G. lamta* and *A. marmid* the cones patterns may be organized rows or randomly distributed, but in *A. marmid* more arranged. The cones pattern in the *M. simach* was square organized in the central retina and row organized in the peripheral retina.