تمایزات هیستوشیمیایی نورون‌های حرکتی نخاع در طی امبریوژنز موش

دکتر علیرضا فاضل[۱] ، دکتر محمدرضا نیکروش[۲] ، دکتر مهدی جلالی[۲]

چکیده

مقدمه و هدف : مطالعات مختلف نشان داده است که ترکیبات قندی در بسیاری از پدیده‌های بیولوژیکی دارای نقش کلیدی و بسیار بااهمیتی هستند. تا آنجایی که هرگونه اختلال در ظهور و یا زمان ظهور این ترکیبات می‌تواند اثرات نامطلوب بر تکامل جنین داشته باشد. لذا تکامل طبیعی در گرو ظهور به موقع آن دسته از گلیکوکانژوگیت‌هایی است که در پروسه‌های تکاملی نقش کلیدی دارند. بنابراین شاید بتوان گفت که شکل‌گیری نورون‌های حرکتی شاخ قدامی نخاع در گرو تغییرات وسیعی است که در ترکیبات قندی سطح این سلول‌ها و ماده خارج سلولی آنها به وقوع می‌پیوندد.

مواد و روش‌ها : در این پژوهش که روی جنین موشهای نژاد Balb/c انجام پذیرفت ، طی روزهای نهم تا چهاردهم حاملگی جنین‌ها جمع‌آوری شده و پس از عمل فیکساسیون که با نرمالین و B4G انجام گرفت و آماده‌سازی بلوک‌های پارافینی ، اقدام به تهیه برش‌های ۵ میکرونی گردیده و جهت بررسی هیستوشیمیایی با لکتین WFA رنگ‌آمیزی شدند. در این نمونه‌ها برای رنگ‌آمیزی زمینه از آلسین بلو با PH = ۲/۵ نیز استفاده شد. همچنین برای بررسی و مقایسه ترکیبات قندی، بعضی از نمونه‌ها فقط در مجاورت آلسین بلو قرار گرفتند. سپس یافته‌های حاصل از این پژوهش براساس عکس‌العمل سلول‌ها ، نسبت به لکتین درجه بندی شده و به وسیلهٔ آزمون کروسکال‌والیس مورد بررسی آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها : نتایج مربوط به این مطالعه نشان داد که اولین عکس‌العمل سلول‌های پیش‌ساز نورون‌های حرکتی در طی روز سیزدهم جنینی به صورت پراکنده در حاشیه شاخ قدامی نخاع ظاهر می‌شود. در طی روز چهاردهم بر تعداد این سلول‌ها افزوده شده و با قدری تاخیر ، سلول‌های بخش قدامی نخاع و استطاله‌های مربوط به آنان نیز با این لکتین واکنش مثبت نشان می‌دهند تا آنجا که در اواخر روز چهاردهم حاملگی به میزان قابل توجهی بر تعداد این سلول‌ها افزوده می‌شود. در طی این فرایند بافت‌هایی که در مجاورت سلول‌های پیش ساز نورون‌های حرکتی واقع شده‌اند ، فاقد عکس‌العمل با این لکتین هستند که احتمالاً ممکن است سلول‌های پشتیبان بافت عصبی آینده و یا نورون‌هایی باشند که در مرحله بعدی تمایزات آنها شروع خواهد شد.

نتیجه‌گیری : این نتایج نشان می‌دهد که N-acetygalactosamine ممکن است نقش کلیدی در تمایز نورون‌های حرکتی شاخ قدامی نخاع داشته باشد.

واژه‌های کلیدی : صفحه کفی ، میان‌کنش‌های سلولی ، لکتین هیستوشیمی ، نورون‌های حرکتی

۱- استاد گروه علوم تشریحی دانشکدهٔ پزشکی مشهد ، نشانی : مشهد ، خ دانشگاه ، دانشگاه علوم پزشکی مشهد ، دانشکده پزشکی گروه علوم تشریحی ، تلفن : ۴-۸۵۴۴۰۸۱-۰۵۱۱ ، نمابر : ۸۵۹۱۹۲۲ ، E.mail: fazelalireza@hotmail.com

۱- دانشیار گروه علوم تشریحی دانشکدهٔ پزشکی مشهد

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

برای شکل‌گیری سیستم عصبی مرکزی پدیده‌های اساسی تکاملی متعددی باید به وقوع بپیوندد تا زمینه شکل‌گیری این دستگاه را فراهم آورد. یکی از این پدیده‌های کلیدی که موجبات تبدیل سلول به بافت و بافت را به اندام فراهم می‌نماید ، میان کنش‌های سلولی[1] می‌باشد (۱). این پدیده باعث به وجود آمدن نورواکتودرم و لوله عصبی می‌شود که از آن قسمت‌های مختلف دستگاه عصبی به‌وجود می‌آید ، میان کنش‌های سلولی در طی تکامل سیستم عصبی بسیار پیچیده بوده و در این میان مولکول‌های متعددی در زمان‌های حساس فعال شده و موجبات بروز روند مورفوژنز لوله عصبی و به‌وجود آمدن سه لایه اپاندیمال ، مانتل و مارژینال را فراهم می‌آورد (۲و۳و۴). نکته قابل توجه در این میان دستیابی به این سؤالات اساسی است که چه عواملی در ظهور نواحی حرکتی و حسی دخیل می‌باشد و در این میان عوامل مؤثر در شکل‌گیری ناحیه حرکتی نخاع کدامند؟

مطالعات نشان داده است که یکی از عواملی که پس از شکل‌گیری لوله عصبی در القاء نواحی مختلف آن مؤثر واقع می‌شود وجود زائده نوتوکورد و اثرات القایی مربوط به آن است (۵). در این رابطه از اثرات القایی نوتوکورد در بخش‌های شکمی لوله عصبی و نهایتاً تمایز صفحه کفی Floor plate می‌توان به عنوان بخشی از وقایع حساس تکامل لوله نام برد (۶و۷و۸). مطالعات قبلی ما در این زمینه بیانگر تاثیر صفحه کفی بر تمایز و شکل‌گیری صفحه قاعده‌ای می‌باشد که بازگوکننده نقش گلیکوکونژوگیت‌ها در طی تمایز لوله عصبی است (۹و۱۰و۱۱). اما در مورد تاثیرگذاری صفحه کفی به سلول‌های نورواکتودرمی و تبدیل آنها به صفحه کفی که خود پیش‌ساز نواحی حرکتی می‌باشند هنوز مطالعات گسترده‌ای صورت نگرفته است. لذا با توجه به مطالعات قبلی که نشانگر واکنش اختصاصی لکتین با قند انتهایی N-acetylgalactosamine در سلول‌ها و ماده خارج سلولی ناحیه نوتوکورد و صفحه کفی است ، در این پژوهش سعی گردید تا مطالعه هیستوشیمیایی بررسی و توزیع گلیکوکونژوگیت‌ها بعد از شکل‌گیری و تمایز صفحه کفی در ناحیه صفحه قاعده‌ای مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد تا به این سؤال پاسخ داده شود که آیا گلیکوکونژوگیت‌های خاصی همانند صفحه کفی در شکل‌گیری و روند تمایز نورون‌های حرکتی دخالت دارند و اگر چنین است چه نوع گلیکوکانجوگیت اختصاصی دراین پدیده درگیر است؟

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از ۳۰ سر موش نژاد Balb/c که از مرکز سرم‌سازی رازی تهیه شده و در شرایط استاندارد آزمایشگاهی نگهداری و مورد مراقبت قرار گرفته بودند ، استفاده شد. پس از جفت‌گیری و مشاهده پلاک واژن ، روز صفر حاملگی در هر یک از نمونه‌ها تعیین گردید و در طی روزهای نهم تا چهاردهم حاملگی تحت بیهوشی که با استفاده از کلروفرم صورت گرفت ، جنین‌ها به سرعت از پرده‌های جنینی خارج و پس از شستشو با سرم فیزیولوژی به فیکساتور منتقل شدند. تعداد جنین‌ها به ازای هر یک از روزهای فوق الذکر ۲۴ عدد بوده است. در این پژوهش از فیکساتور نرمالین و B4G (محلول ۶ درصد کلر و جیوه ، ۱درصد استات سدیم و ۰/۱ درصد گلوتارالدئید در آب مقطر) استفاده گردید. بعد از این که نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در فیکساتور قرار داده شدند ، بااستفاده از روش‌های معمول بافت‌شناسی از این جنین‌ها در موقعیت‌های ترانسورس و ساژیتال اقدام به تهیه بلوک‌های پارافینی شد و آنگاه برش‌های سریال ۵ میکرونی تهیه گردید.

لکتین مورد استفاده در این پژوهش WFA بود که با HRP

[1] *Cell interactions*

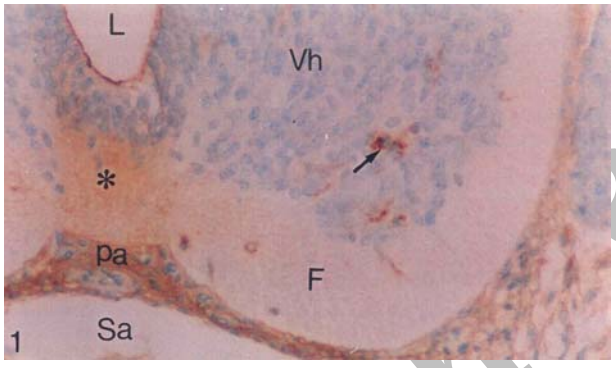
Archive of SID
www.SID.ir

کونژوگه شده بود. این لکتین که از طریق هلال احمر از شرکت Merk خریداری گردیده بود ، به منظور انجام پروسه لکتین هیستوشیمی در محلول ۰/۱ مولار PBS رقیق گردید. به گونه‌ای که هر میلی‌لیتر آن دارای ۱۰ میکروگرم لکتین بود. آنگاه مقاطع پس از حذف پارافین و آبدهی ، به منظور حذف املاح اضافی جیوه به مدت ۱۰ دقیقه در محلول لوگل قرار داده شدند و پس از شستشوی بافت ها با محلول PBS به مدت ۲ ساعت در معرض لکتین قرار گرفتند. در خاتمه پس از شستشوی برش‌ها با PBS به مدت ده دقیقه در معرض محلول PBS که حاوی ۰/۳ درصد دی آمینوبنزیدین و ۰/۱ درصد آب اکسیژنه بود قرار گرفتند. پس از شستشوی مجدد نمونه‌ها با PBS و آب جاری با آلسین بلو با PH = ۲/۵ رنگ‌آمیزی شدند. سپس برش‌های مورد نظر توسط همکاران طرح به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و به وسیلهٔ میکروسکوپ BH2 تصویربرداری شد. براساس واکنش آنها به لکتین رتبه بندی شدند و نتایج حاصل جهت مطالعه آماری با استفاده از آزمون کروسکال والیس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۱۱-۹). ضریب اطمینان مطالعه۹۵درصدبوده‌است.

یافته‌ها

تکامل دستگاه عصبی موش از روز هفتم و تحت تاثیر اثرات القایی نوتوکورد آغاز شد وناودان عصبی Neural groove که پیش درآمد پیدایش لوله عصبی است در سطوح پشتی جنین شروع به ظاهر شدن نمود. در طی روز دوازدهم جنینی مقطع عرضی نخاع دارای دو لایه سلولی تشخیص داده شد که اپاندیمال و مانتل (ماده خاکستری آینده) نامیده می‌شوند. یک لایه نازک مارژینال که در آینده ماده سفید را خواهد ساخت در روزهای بعد در خارج دو لایه اولیه ظاهر می‌شود. بررسی برش‌های مربوط به این ناحیه نشان می‌دهد که این لایه در صفحه کفی دارای تراکم بیشتری در مقایسه با صفحه بالی می‌باشد.

همچنین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تا روز سیزدهم جنینی نواحی فوق‌الذکر دارای عکس‌العمل مثبتی با آلسین‌بلو بوده در حالی که واکنش لوله عصبی و نخاع فاقد واکنش با لکتین می‌باشد. در طی روز سیزدهم جنینی برخی از سلول‌های حاشیه‌ای مانتل در ناحیه‌ای که شاخ قدامی نخاع را خواهد ساخت واکنش شدیدی با لکتینWFA از خود نشان دادند در حالی که بخش عمده سلول‌های این ناحیه و ماده خارج سلولی مجاور فاقد واکنش مثبت می‌باشند. در طی این روز همچنین سطح لومینال لایه اپاندیمال دارای عکس العمل مثبت با این لکتین می باشند (تصویر ۱).



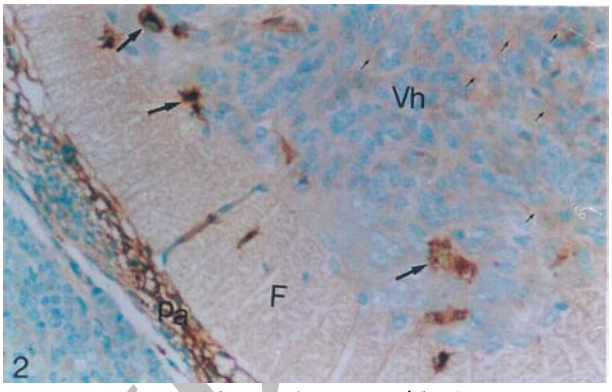
تصویر۱: مقطع عرضی نخاع جنین ۱۳ روزه موش. در این نما تعداد محدودی از سلول‌های پیش ساز نورون‌های حرکتی (فلش) که به صورت پراکنده با لکتین WFA شدیداً واکنش نشان داده‌اند دیده می‌شوند. در این تصویر ماده خارج سلولی در محدوده صفحه کفی لوله عصبی دارای واکنش مثبتی هستند (ستاره). علاوه بر این نرم شامه (Pa) به خصوص در محدوده طناب‌های قدامی نخاع دارای واکنش شدیدی نسبت به این لکتین می‌باشد. این واکنش به تدریج در نرم شامه ناحیه خلفی طرفی لوله عصبی کاهش می‌یابد. در این ناحیه واکنش شدید لایه اپاندیمال نیز مشاهده می‌شود. (Vh) شاخ قدامی نخاع ، (F) طناب قدامی ، (Sa) فضای زیر عنکبوتیه (درشت‌نمایی ۱۵۰)

در طی اوایل روز چهاردهم سلول‌هایی که احتمالاً پیش ساز نورون‌های حرکتی شاخ قدامی نخاع هستند و دارای تراکم زیادی در بخش حاشیه‌ای طناب قدامی می‌باشند دارای واکنش شدیدی با لکتین می‌باشد در حالی که طی این روز سلول‌های بخش مرکزی طناب قدامی شروع به بیان گلیکوکونژوگیت‌ها با قند انتهایی N-acetylgalactosamine

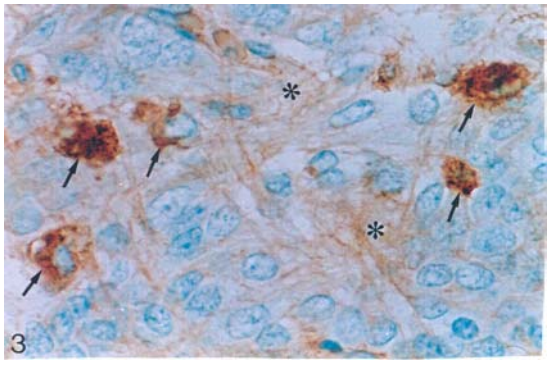
Archive of SID

www.SID.ir

می‌نمایند که در نتیجه دارای عکس‌العمل ضعیفی با لکتین فوق می‌باشد (تصاویر ۲و۳).



تصویر ۲ : مقطع عرضی نخاع جنین ۱۴ روزه موش. در این تصویر نیز سلول‌های پراکنده درشتی که در حاشیه شاخ قدامی نخاع (Vh) دیده می‌شوند که منطقه گلژی آنها با لکتین WFA به شدت واکنش داده‌اند (فلش های بزرگ). در نواحی عمقی‌تر این بخش از نخاع ماده خارج سلولی (فلش‌های کوچک) نیز با واکنش کمتری نسبت به این لکتین قابل مشاهده است. در این تصویر نیز ماده سفید (F) بر این لکتین واکنش نداده است در حالی که نرم شامه مجاور آن به شدت واکنش داده است (درشت‌نمایی ۴۰۰)



تصویر ۳ : بزرگنمایی بیشتر ، تصویر ۲ در ناحیه شاخ قدامی نخاع. سلول‌هایی که در مقایسه با سلول‌های مجاور درشت‌تر به نظر می‌رسند (فلش‌ها) نسبت به لکتین WFA شدیداً واکنش داده‌اند. همان‌گونه که در تصویر مشاهده می‌شود این واکنش به خصوص در ناحیه گلژی این سلول‌ها دیده می‌شود. در همین ناحیه استطاله‌هایی (ستاره) که دارای واکنش مثبت هستند نیز دیده می‌شوند. (درشت‌نمایی ۱۰۰۰)

در اواخر روز چهاردهم به میزان سلول‌هایی که با این لکتین واکنش نشان می‌دهد به میزان قابل ملاحظه‌ای افزوده می‌شود که این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار است ($P<0/05$). این روند با درجات خفیف‌تری در استطاله‌های این سلول‌ها نیز به چشم می‌خورد. شایان ذکر است که در حدفاصل سلول‌های پیش‌ساز نورون‌های حرکتی در طی روزهای فوق‌الذکر سلول‌هایی وجود دارند که فاقد عکس‌العمل با این لکتین می‌باشند که چنین به نظر می‌رسد که این سلول‌ها پیش‌ساز سلول‌های پشتیبان در نواحی فوق باشد.

بحث

پس از شکل‌گیری لوله عصبی و به وجود آمدن لایه‌های مختلف آن ، تمایز سلول‌های عصبی یکی از مراحل حساس و بحرانی در شکل گیری نخاع می‌باشد که در نهایت منجر به ظهور هسته‌های متفاوت با عملکردهای مختلف حسی، حرکتی و خودمختار می‌شود. بررسی مقاطع میکروسکوپی جنین موش در طی روزهای مختلف نشان داد که روند شکل‌گیری نواحی حرکتی و متعاقباً هسته‌های حرکتی در نخاع موش از اوایل روز سیزدهم جنینی شروع می‌شود و اولین عکس‌العمل‌ها که مبین شروع تمایز دراین سلول‌ها می‌باشند در سلول‌های حاشیه‌ای ناحیه شاخ قدامی نخاع انجام می‌شود. در طی روز بعد بر میزان این سلول‌ها افزوده شده ضمن این که سلول‌های بخش مرکزی این ناحیه نیز عکس‌العمل ضعیف‌تری با این لکتین نشان می‌دهند. این پیشامدها مبین چندین واقعه است که می‌توان از ابعاد مختلف آن را مورد بررسی قرار داد. با مراجعه به منابع مختلف نظر به این که ماهیت این نوع سلول‌ها ناشناخته بوده و تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه صورت نگرفته است و این که چرا این عکس‌العمل‌ها از ناحیه سطحی شروع شده و سپس به نواحی عمقی هم گسترش می‌یابد (۱۲)، به این دلیل است که در طی شکل‌گیری لوله عصبی ، تکثیر سلول‌های اپاندیمال و مهاجرت آنها به عمق شکل‌گیری لایه مانتل منجر می‌شود که در آینده ماده خاکستری نخاع را خواهد ساخت (۱۳). لذا با توجه به این که سلول‌هایی که در ناحیه سطحی مانتل قرار دارند نسبت به

Archive of SID
www.SID.ir

سلول‌های عمقی‌تر، مسن‌تر می‌باشند ، شاید عکس‌العمل به شدت رنگ‌پذیری دراین سلول‌ها نسبت به سلول‌های عمقی در این ناحیه قابل توجیه باشد.

بعد دیگری که در بروز این وقایع می‌توان به آن اشاره نمود، این موضوع است که در طی تکامل لوله عصبی ، اثرات القایی عناصر مجاور به آن از جمله نوتوکورد دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد (۵و۱۱). مطالعات تجربی نشان داده است که در غیاب نوتوکورد ، سلول‌های صفحه کفی و موتونورون‌ها تمایز نمی‌یابند (۱۶-۱۴). در همین زمینه مشخص شده است که پیوند نوتوکورد می‌توان با القاء اکتوپیک و بیان گسترده Vhh-1 موجبات تمایز سلول‌های صفحه کفی را به دنبال داشته باشد (۱۲). از طرفی سلول‌های صفحه کفی با بیان ژن‌های HNF-3β ، HNF-3α در تمایز نواحی مختلف و از جمله موتونورون‌ها نقش اساسی دارند (۱۴و۱۵و۱۷و۱۸و۱۹). مطالعات مربوط به این زمینه نشان داده است که بیان اکتوپیک ژن HNF-3β منجر به بروز مارکرهای صفحه کفی در سلول‌های ناحیه پشتی لوله عصبی می‌شود (۲۰و۲۱) و حتی این موضوع به اثبات رسیده است که جوانه خلفی اندام در تمایز صفحه کفی به نوعی ایفای نقش می‌نماید و احتمالاً این سلول‌ها با بیان Shh ممکن است در تمایز صفحه کفی و نواحی حرکتی نقش داشته باشند. اما هنوز مشخص نیست که این سلول‌ها مستقیماً با بیان Shh موجب تمایز موتونورون‌ها می‌شود و یا این که اول موجبات تمایز صفحه کفی را فراهم می‌آورند و در مرحله بعد این صفحه موجب القاء در موتونورون‌ها می‌شود (۱۳و۲۲).

با توجه به اثرات القایی فوق در ارتباط با شکل‌گیری نورون‌های حرکتی دو احتمال وجود دارد. اول این که ممکن است این نواحی با بیان ژن‌های مختلف در اولین وهله دارای اثرات القایی روی سلول‌های سطحی ناحیه صفحه کفی را داشته باشند که منجر به عکس‌العمل این سلول‌ها در طی روز سیزدهم جنینی می‌شود و طی روز بعد ، سلول‌های عمقی‌تر با تاخیر به این اثر القایی پاسخ داده و شروع به بیان قند مربوطه و عکس‌العمل می‌نمایند. از طرف دیگر ممکن است که نوتوکورد صرفاً موجبات تمایز را در سلول‌های سطحی این ناحیه فراهم می‌آورد و طی مرحله بعد این سلول‌ها با مهاجرت به بخش عمق‌تر و تجمع در بخش‌های مختلف نخاع موجبات ظهور مراکز حرکتی را فراهم می‌آورد.

تشکر و قدردانی

نتایج حاصل از این مطالعه مربوط به بخشی از یافته های طرح پژوهشی با عنوان «مطالعه تمایزات هیستوشیمیایی و ایمونوهیستوشیمیایی تکامل نخاع» است که با شماره ۵/۴۵۳۸ در تاریخ ۷۹/۱۰/۱۷ از طرف معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد به تصویب رسیده است. لذا بدین‌وسیله از آن معاونت محترم و شورای محترم پژوهشی دانشگاه تشکر می شود و خدمات تکنیکی سرکار خانم متجدد در امر کمک به کار آزمایشگاهی و سر کار خانم حسینی به جهت کمک در تایپ مقاله قدردانی می‌شود.

منابع

1) Poree LR, Schramm LP. Interaction between medullary and cervical regulation of renal sympathetic activity. Brain Res. 1992; 599 (2): 297–301.

2) Sporle R, Schughart K. Neural tube morphogenesis. Current Opinion General Development. 1992; 7(4): 507-512.

3) Bronner-fraser M, Fraser S. Differentiation of the vertebrate neural tube. Curr Cell Biology. 1997; 9(6): 885-891.

4) Wilson D, Wyett DP. Patterns of lectin binding during mammalian neurogenesis. Journal Anatomy.

Archive of SID

www.SID.ir

1995; 186(1): 209-216.

5) Gotz W, Quondamatteo F. Glycoconjugate distribution in early human notochord and axial mesenchyme. Acta Histochemistry. 2001; 103(1): 21-35.

6) Roelink H, Porter J, Chiang C, Tanabe Y, Chang D, Beachy P, Jessell T. Floor plate and motor neuron induction by different concentration of the amino-terminal cleavage product of sonic hedgehog autoproteolysis. Cell. 1995; 81(3): 445-455.

7) Hirano S, Norita M, Hoshino K, Meguro R. Morphological analysis of the early development of the chick neural tube separated from the floor plate and notochord. Experimental Neurology. 1996; 139(2): 317-321.

8) Del Brio M, Riera P, Peruzzo B, Rodriguez E. Hindbrain floor plate of the rat: Ultrastructural changes occurring during development. Microsc Res. Tech. 2001; 52: 615-626.

9) Nikravesh M R, Jalali M, Fazel AR. Unique Carbohydrate Appearance of the Floor Plate During Early Neurolation. Iranian Biomedical Journal. 2003; 7(3): 133-137.

۱۰) نیکروش، محمدرضا. فاضل، علیرضا. جلالی، مهدی. از مزانشیم تا غضروف: مطالعات هیستوشیمی در مزانشیم ناحیه شکمی - داخل لوله عصبی در طی دوران رویانی. مجله علوم پایه پزشکی ایران. سال ۱۳۸۱. جلد ۵. شماره ۲. صفحه ۱۰۰ تا ۱۰۶.

۱۱) نیکروش، محمد رضا. جلالی، مهدی. فاضل، علیرضا. تغییرات تکاملی گلیکوکانجوگیتها در سلولهای نوروایی تلیوم، نوتوکوردو مزانشیم مجاور آن در اوایل دوران مورفوژنز موش. نشریه پزشکی یاخته. سال ۱۳۸۱. سال چهارم. شماره ۱۵. صفحه ۱۵۷ تا ۱۶۳.

12) Roelink H, Augsburger A, Heemskerk J, Korzh V. Floor Plate and Motor Neuron Induction by vhh-1, a Vertebrate Homolog of hedgehog Expressed by the Notochord. Cell. 1994; 76(4): 761-775.

13) Jessell TM, Dodd J. Floor plate-derived signals and the control of neural cell pattern in vertebrates. Harvey Lectures. 1992; 86(1): 87-128.

14) Dirksen ML, Jamrich M. A novel activin-inducible, blas-topore lip specific gene of Xenopus laevis contains a fork head DNA- binding domain. Genes Development. 2002; 6(4): 599-608.

15) Ruiz I, Altaba A, Prezioso VR, Darnell TM. Sequential expression of HNF-3β and HNF-3α by embryonic organizing centers: the dorsal lip/node, notochord and floor plate. Mechanism of Development. 1993; 44(2): 91-108.

16) Bolce ME, Hemmati-Brivanlou A, Harland RM. XFKH2, a Xenopus HNF-3α homologue, exhibits both activin inducible and autonomous phases of expression in early embryos. Development Biology. 1993; 160(3): 413-423.

17) Sasaki H, Hogan BLM. HNF-3β as a regulator of floor plate development. Cell. 1994; 76: 103-115.

18) Strahle U, Blader P, Henrique D, Ingham P. Axial, a target gene of mesoderm and neural induction, shows altered expres- sion in cyclops mutant zebrafish embryos. Genes Development. 1993; 7(1): 1436-1446.

19) Yamada T, Pfaff SL, Edlund T, Jessell TM. Control of cell pattern in the neural tube: motor neuron induction by diffusible factors from notochord and floor plate. Cell. 1993; 73(4): 673-686.

20) Knöchel S, Lef J, Klocke B, Hille S, Koster M, Knöchel W. Activin A induced expression of a fork head related gene in posterior chordamesoderm of Xenopus laevis embryos. Medhanism of Development. 1992; 38(2): 157-165.

21) Monaghan AP, Kaestner KH, Grau E, Schütz G. Postimplantation expression patterns indicate a role for the mouse forkhead/HNF-3 α, β and γ genes in determination of the definitive endoderm, chordamesoderm and neuroectoderm. Development. 1993; 119(2): 567-578.

22) Riddle R, Johnson RL, Laufer E, Tabin C. Sonic hedgehog mediates the polarizing activity of the ZPA. Cell. 1993;75(4): 1401-1416.

Archive of SID

www.SID.ir