

پیش بینی خطر کم خونی در فرزندان ناقلین تالاسمی و هموگلوبینوپاتی ها

• دکتر حبیب اله گل افشان

دکترای علوم آزمایشگاهی، هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شیراز

golafshanh@sums.ac.ir

• دکتر ناهید نصیری

دکترای تخصصی هماتولوژی

سندرم های تالاسمی و هموگلوبینوپاتی ها از شایع ترین اختلالات تک ژنی در دنیا بوده که موجب کم خونی همولیتیک و زندگی وابسته به تزریق خون و مرگ و میر می گردند. شناسایی ناقلین در پیشگیری از تولد فرزندان پرخطر نقش مهمی در جامعه دارد. وضعیت فرزندان از نظر شدت کم خونی در ازدواج ناقلین در یک جدول رنگی با رنگ های سفید، قرمز، بنفش و زرد پیش بینی گردیده است. رنگ قرمز به مفهوم خطر جدی، رنگ بنفش با ریسک خطر کمتر، رنگ زرد به مفهوم خطر نهفته و رنگ سفید به مفهوم بدون خطر شناخته شده در فرزندان می باشد. در هر مورد توضیح تفصیلی ارائه می گردد.

کلمات کلیدی: تالاسمی، هموگلوبینوپاتی، ازدواج ناقلین، جدول رنگی

خطر درجات مختلف کم خونی در فرزندان ناقلین تالاسمی و هموگلوبینوپاتی

سندرم های تالاسمی و هموگلوبینوپاتی ها گروهی گسترده از اختلالات ارثی در سنتز کمی و کیفی هموگلوبین

می باشند. این گروه از بیماری ها شایع ترین اختلالات تک ژنی در دنیا بوده که مشکلات جدی سلامت را به بار می آورند. در حال حاضر پیوند سلول های مادر خون ساز تنها راه درمان کم خونی های شدید است و قبل از پیوند از درمان های حمایتی استفاده می شود. زندگی وابسته به تزریق خون نه تنها مشکلات فراوان برای بیمار در بر داشته، بلکه زندگی خانواده را نیز تحت تأثیر قرار می دهد. بهترین راه جلوگیری از تولد فرزند مبتلا به کم خونی شدید، شناسایی ناقلین در برهه زمانی سن بلوغ یا قبل از ازدواج و یا در حین بارداری و آموزش صحیح به ناقلین پرخطر کم خونی می باشد.

جدول زیر نامطلوب ترین حالت در فرزندان ناقلین پرخطر را نشان می دهد و این به مفهوم آن نیست که تمام فرزندان مبتلا خواهند شد بلکه در اکثر موارد بدترین حالتی که احتمالاً در ۲۵٪ فرزندان رخ می دهد را نشان می دهد. در جدول ناحیه سفید به مفهوم بدون خطر شناخته شده، رنگ قرمز بیانگر خطر جدی و کم خونی شدید، رنگ بنفش با خطر جدی کمتر یا کم خونی ملایم تر و رنگ زرد احتمال خطر نهفته را بیان می کند.

Carrier of	α^+ thal	α^0 thal	Hb E	β thal	γ thal	Hb Lepore	Hb G	Hb O Arab	Hb C	Hb O Punjab	Hb Lepore	Not a carrier
α^+ thal												
α^0 thal												
Hb E												
β thal												
γ thal												
Hb Lepore												
Hb G												
Hb O Arab												
Hb C												
Hb O Punjab												
Hb Lepore												
Not a carrier												

Key:

- Serious risk
- Less serious risk
- Possible hidden risk
- No risk

رنگ سفید علامت بدون ریسک خطر شناخته شده (Not known risk)

چند مثال

افتراق سندرم‌های تالاسمی ماینور آلفا و بتا از آنمی فقر آهن

Indices	Year	IDA	Thalassemia
Mentzer = MCV/RBC	1973	>13	<13
Srivastava = MCH/RBC	1973	>3.8	<3.8
England & Fraser = MCV- RBC- 5 × Hb - 3.4	1976	>0	<0
Ricerca = RDW/RBC	1987	>4.4	<4.4
Green & King = MCV ² × RDW/100 × Hb	1989	>65	<65
MH ratio(Technicon) = %micro / %hypo	1992	<1	>1
Sirdah = MCV- RBC - 3 × Hb	2008	>27	<27
MH ratio (Siemens)	2008	<3.4	>3.4
Ehsani = MCV- (10 × RBC)	2009	>15	<15
%MicroR - %Hypo He	2010	<11.5	>11.5
%MicroR - %Hypo He - RDW	2011	< -7.6	> -7.6

بنابراین وراثت $\beta^+\beta^+$ ممکن است با تالاسمی ایترمدیای خفیف یا شدید جلوه کند. موارد شدید جهش β^+ شبیه β^0 بوده و حدود ۵ درصد ن سالم فرآورده دارد. مواردی از $\beta^+\beta^+$ خفیف ممکن است به صورت ایترمدیا درآید و مواردی از $\beta^+\beta^+$ ممکن است به صورت تالاسمی ماینور بتا جلوه کند. بنابراین جلوه بالینی بستگی به نوع جهش β دارد که با روش‌های مولکولی قابل تشخیص است.

نکته‌های مهم

۱- تالاسمی ماینور آلفا با ژنوتایپ‌های ترانس (α/α) و سیس ($\alpha\alpha$) با آزمایش‌های CBC و اندازه‌گیری Hb A2 قابل افتراق نمی‌باشند و نیازمند آزمایش‌های مولکولی مانند Gap PCR برای تشخیص است. حذف سیس آلفا در همراهی با تالاسمی‌های آلفا عوارضی مانند بیماری هموگلوبین اچ و هیدروپس فتالیس با هموگلوبین‌بارت را به دنبال دارد.

۲- افزایش هموگلوبین A2 (بیشتر از ۳/۵٪) بدون توجه به اندکس‌های خون بیانگر تالاسمی ماینور بتاست. گرچه مواردی از قبیل پرکاری تیروئید، کم‌خونی مگالوبلاستیک، درمان HIV و هموگلوبین‌های ناپایدار ممکن است

چنانچه روش‌های الکتروفورز قانع‌کننده نباشد بایستی از روش‌های مولکولی مانند محاسبه نسبت سنتز زنجیره آلفا به بتا و یا از روش‌های مولکولی دیگر مانند Gap-PCR, Sequencing و MLPA, ARMS, ASO, RE-PCR برای تشخیص صحیح بهره گرفت.

PCR: Polymerase Chain Reaction

MLPA: Multiplex Ligation dependent Probe Amplification

RE: Restriction Enzyme

ASO: Allele Specific Oligonucleotide

ARMS: Amplification Refractory Mutation System

جهش‌های تالاسمی بتا ممکن است با فقدان فرآورده زنجیره بتا (β^0) یا موجب کاهش تولید زنجیره بتا (β^+) گردند. از مثال‌های β^0 می‌توان به جهش در رمز اسید آمینه شماره ۳۹ β^0 و IVS 1-1, IVS 2-1 اشاره کرد. جهش‌های β^+ ممکن است مانند جهش IVS 1-110 بسیار شدید و یا مانند IVS 2-844, IVS 2-745, IVS 1-6 متوسط و یا خفیف (۸۸-، ۸۷-) و یا خاموش (۱۰۱-) باشند. در حامل خاموش اندکس‌ها و هموگلوبین A2 طبیعی است.

آزمایش بتکه که شیوه پخش هموگلوبین F را در گلبول ها نشان می دهد می توان این دو حالت را از هم افتراق داد. در تالاسمی دلتا بتا پخش غیر یکنواخت و در HPFH پخش یکنواخت مشاهده می شود.



پخش غیر یکنواخت هموگلوبین F در تالاسمی دلتا بتا

حذف ژن های خوشه بتا

۱- حذف تمام یا قسمتی از ژن بتا منجر به تالاسمی β^0 می گردد. برای مثال یک حذف 619 bp (جفت باز) در انتهای 3' ژن بتا شایع ترین آلل در جمعیت آسیایی هندی است. حذف های بزرگ که ناحیه پروموتور ژن بتا را در بر می گیرد با افزایش غیر معمول Hb A2 حتی در سطح ۹-۶ درصد در حالت هتروزیگوت مشاهده می گردد.

۲- تالاسمی $\delta\beta^0$ که با افزایش ۵ تا ۲۵ درصدی هموگلوبین F در حالت هتروزیگوت و ۱۰۰ درصدی هموگلوبین F در حالت هموزیگوت همراه است.

۳- تالاسمی های حذفی $(\gamma\delta\beta)$ و $(\epsilon\gamma\delta\beta)$ که حتی در حالت هتروزیگوت با کم خونی شدید میکروسیت و هایپوکروم وابسته به تزریق خون در نوزادی همراه بوده و پس از ۳ تا ۶ ماه شبیه تالاسمی ماینور بتا در بزرگسالان و فاقد علائم بالینی می گردد.

۴- سندرم HPFH حذفی یا سندرم پا بر جایی سنتز هموگلوبین F که در حالت هتروزیگوت میزان هموگلوبین F بین ۳ تا ۳۵٪ متغیر است.

۵- حذف قسمتی از ژن های دلتا و بتا و ادغام آن ها در

Hb A2 را اندکی افزایش دهند ولی همیشه افزایش Hb A2 جدی است.

۳- کاهش اندکس های گلبول قرمز در تالاسمی ماینور آلفا، ماینور بتا و بیماری هموگلوبین E همراه با افزایش شمارش گلبول قرمز دیده می شود. در مناطقی که شیوع تالاسمی آلفا کم است از کاهش اندکس ها همراه با اریتروسیتوز می توان برای اسکرین تالاسمی ماینور بتا استفاده کرد.

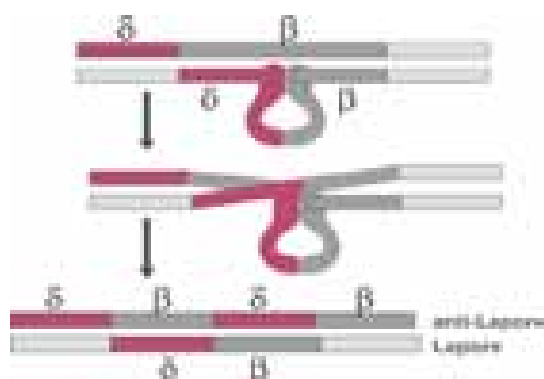
۴- همراهی وراثت تالاسمی ماینور بتا با تالاسمی آلفا $(-\alpha/\alpha)$ و یا بندرت $(-\alpha/-\alpha)$ ممکن است به علت بالانس بهتر زنجیره ها اندکس ها را نرمال کند و تشخیص تالاسمی ماینور بتا را مشکل نماید ولی افزایش هموگلوبین A2 این وراثت همزمانی را همراهی می کند.

۵- یکی از مشکلات تشخیصی تالاسمی ماینور بتا مقدار نرمال یا لب مرز هموگلوبین A2 و حتی گاهی با اندکس های طبیعی است (حامل خاموش). گرچه اکثر این موارد تشخیص داده نمی شوند و در همراهی با تالاسمی ماینور بتا ممکن است تالاسمی ایترمدیا را به دنبال داشته باشد. برخی از جهش ها از قبیل 101 (C>T), 92 (C>T)-

به صورت حامل خاموش ماینور بتا خود را نشان می دهند. ۶- گاهی با وجود اندکس های تالاسمیک مقدار Hb A2 نرمال یا حتی کمتر از نرمال است. برای مثال همراه شدن تالاسمی ماینور بتا با جهش های ژن دلتا به صورت سیس و ترانس می تواند موجب کاهش ۵۰ درصدی هموگلوبین A2 یا حتی مقدار A2 در حد صفر گردد. در این موارد آزمایش های مولکولی جهت افتراق از تالاسمی آلفا لازم است.

۷- دو گونه تالاسمی ماینور بتا با افزایش ۴ تا ۱۸ درصدی هموگلوبین F و سطح نرمال A2 همراه است. تالاسمی دلتا- بتا با حذف یا جهش ناکارآمد در دو ژن دلتا و بتا و بیان بیشتر ژن گاما که به آن تالاسمی F هم گفته می شود و دیگری HPFH حذفی است که به مفهوم تداوم سنتز هموگلوبین F است که هموگلوبین F بین ۳ تا ۳۰ درصد قرار می گیرد.

حذفی به مفهوم حذف شدن ژن های بتا و دلتا و فعال شدن بیشتر ژن گاما است. در تالاسمی دلتا-بتا اندکس ها تالاسمیک، ولی در HPFH نرمال یا در مرز نرمال است. با



شکل گیری هموگلوبین لپور در نتیجه تقاطع نابرابر
(Crossing Over) هاپلوتایپ های کروموزوم ۱۱

نتیجه تقاطع نابرابر که نتیجه آن سرعت کند سنتز زنجیره دلتا بتا بوده و هموگلوبین لپور $(\alpha_2(\delta\beta)_2)$ نام دارد و در گروه سندرم‌های تالاسمی قرار می‌گیرد.

با توجه به جایگاه ادغام چهار نوع هموگلوبین لپور به نام‌های هلندیا، بوستون/ واشنگتن، بالتیمور و لیدن شناخته شده است. هموگلوبین لپور در حالت هتروزیگوت ۵ تا ۱۵٪ کل هموگلوبین بوده و در جایگاه S روی استات سلولز قرار می‌گیرد. با روش الکتروفورز IFE قابل افتراق بوده و در جایگاه ویژه بین هموگلوبین‌های A و S قرار می‌گیرد.

۶- حذف ژنتیکی و ادغام قسمتی از ژن‌های $\gamma\beta$ ، هموگلوبین کنیا را تشکیل داده که مانند HPFH عمل می‌کند.

Hematologic Features			
Genotypes	Heterozygotes	Homozygous State	DNA Analysis by PCR Methods
α^0 -Thalassemia (Deletion α^0)	0-2% Hb Bart's at birth, normal hematology changes	0-10% Hb Bart's at birth, low MCH and MCV	Cap PCR: $\alpha\alpha$, $\alpha\alpha$ alleles
Nondeletion α^0	Variable in alleles, but hematological changes may be more severe	Hb H disease in some cases	Selective PCR of α^1 or α^2 , then ASO, RFLP or sequencing
Nondeletion α^{+}	0-2% Hb Bart's at birth, 0.5-1% Hb Constant Spring	Slightly more severe than heterozygous α^0 thalassemia	Selective PCR of α^1 or α^2 , then ASO, RFLP or sequencing
α^+ -Thalassemia (-)	0-10% Hb Bart's at birth, low MCH and MCV, normal Hb A ₂	Hb Bart's hydrops fetalis; 30% Hb Bart's, 20% Hb Portland at birth	Cap PCR: $\alpha\alpha$, $\alpha\alpha$, $\alpha\alpha$, $\alpha\alpha$, $\alpha\alpha$, $\alpha\alpha$ alleles, MPA for all alleles
α^+ -Thalassemia/ α^0 -Thalassemia		Hb H disease, 20-40% Hb Bart's at birth, Hb hydrops fetalis with a low survival rate	A ₂ above
β^0 -Thalassemia	Low MCH and MCV Hb A ₂ 3.5-7.0%	Thalassemia major Hb F 100%, Hb A ₂ 0%	Nondeletion alleles as for β^0 that Deletion alleles: Cap PCR, MPA
β^+ -Thalassemia (Inter)	Low MCH and MCV Hb A ₂ 4.5-7.0%	Thalassemia major Hb F 20-90%	ASO, AMPL, sequencing
MAI	Low MCH and MCV Hb A ₂ 2.5-7.0%	Thalassemia intermedia Hb F 20-40%	ASO, AMPL, sequencing
Minor	Normal MCH and MCV Hb A ₂ 1.8-3.0%		ASO, AMPL, sequencing
Hb Lepore	Low MCH and MCV Hb Lepore 0-20% low Hb A ₂	Thalassemia major/intermedia Hb F 60%, Hb Lepore 20%	Cap PCR, MPA
$\delta\beta$ -Thalassemia	Low MCH and MCV normal Hb A ₂ Hb F 4-18% (heterozygous)	Thalassemia intermedia 100% Hb F	Cap PCR, MPA
HPFH			
Deletion	Normal indices Hb F 15-20% (perinatal)	Normal 100% Hb F	Cap PCR, MPA
Nondeletion	Normal indices Hb F 1-20%	Not described	Sequencing, RFLP, α -TSA by C-IT

در جدول فوق الگوی الکتروفورز در حالت‌های هتروزیگوت و هموزیگوت سندرم‌های تالاسمی و هموگلوبینوپاتی‌ها و نیز روش‌های مولکولی در تشخیص آن‌ها آورده شده است. سندرم‌های تالاسمی آلفا در دوران جنینی و بدو تولد با هموگلوبین بارت و پس از تولد با هموگلوبین اچ همراه می‌باشند. مقدار هموگلوبین بارت در بدو تولد بستگی به تعداد حذف‌های ژن آلفا به ۲۰ تا ۴۰ درصد می‌رسد. هموگلوبین بارت پس از ۶ ماهگی ناپدید می‌شود (۲).

شناخته شده است. جهش موجب دنا توره شدن و به هم خوردن ساختمان آلفا هلیکس زنجیره گلوبین می گردد. برخی جهش ها موجب جدا شدن دایمرهای گلوبین و جدا شدن ساختار هیم و یا تولید پاکت هیدروفیل در اطراف حلقه هیم می گردد. جهش های ناپایدار بتا بیشتر از آلفا علایم دار می گردد. گلوبین های دنا توره شده ایجاد هاینزبادی و کم خونی همولیتیک با ژان دیس و بزرگی طحال و گاهی سیانوز می کنند. دفع ادراری قهوه ای رنگ حاکی از مشتقات دایپرول در بیماران است. همراهی ژن بتای ناپایدار با تالاسمی β^0 و β^+ ایجاد کم خونی شدید می کند. هموگلوبین های ناپایدار در حالت هتروزیگوت هم علایم دار هستند.

برخی از واریانت های ناپایدار β چنان ناپایدار هستند که به سرعت از بین رفته و تنها مطالعه DNA قادر به تشخیص آنها می باشد. آزمایش های رسوب هموگلوبین در ایزوپروپانول ۱۷٪ و تست حرارتی از آزمایش های اسکرین تشخیص هموگلوبین های ناپایدار هستند. هموگلوبین های ناپایدار دارای میل ترکیبی کم یا زیاد یا نرمال برای اکسیژن هستند (۵). جهش ناپایدار در یک ژن آلفا با تولید ۵ تا ۲۰٪ هموگلوبین ناپایدار همراه است که علایم بالینی ندارد ولی جهش ناپایدار بتا با تولید ۲۰ تا ۴۰ درصد هموگلوبین ناپایدار علایم دار می شود.



مشاهده رسوب هموگلوبین در ایزوپروپانول ۱۷ درصد از آزمایش های تشخیصی برای هموگلوبین های ناپایدار می باشد

Hb Variant	Hb Variant
Hb E (Glu26Val)	Hb E (Glu26Val)
Hb F (Glu29Val)	Hb F (Glu29Val)
Hb G (Glu29Val)	Hb G (Glu29Val)
Hb I (Glu29Val)	Hb I (Glu29Val)
Hb K (Glu29Val)	Hb K (Glu29Val)
Hb L (Glu29Val)	Hb L (Glu29Val)
Hb M (Glu29Val)	Hb M (Glu29Val)

همراهی هتروزیگوت و هموزیگوت و هتروزیگوت دوبل تالاسمی و هموگلوبین E با ژنوتایپ های مختلف تالاسمی آلفا با بیماری های EF Bart disease و AE Bart disease همراه بوده که از نظر بالینی به صورت هموگلوبین H و یا سندرم های تالاسمی اینترمدیا بروز می کند (۲).

گاهی همراهی تالاسمی آلفا با هتروزیگوت E (AE) یا هموزیگوت E (EE) و یا β^0 علامت دار می شود که تحت عنوان بیماری AE Bart و Hb EF Bart از آن یاد می شود. بیماری AE Bart disease بارت نتیجه وراثت هم زمانی ژنوتایپ $(\alpha\alpha^{--})$ با هتروزیگوت E است که با Hb A⁺ Hb E (15-13%) و هموگلوبین بارت همراه است.

Feature	Hb Variant	Effect on Hemoglobin
Stability	Hb S	Reduced stability
Stability	Hb C	Reduced stability
Altered oxygen affinity	Hb S	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb C	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb E	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb F	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb G	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb I	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb K	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb L	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb M	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb N	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb O	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb P	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb Q	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb R	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb T	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb U	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb V	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb W	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb X	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb Y	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb Z	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb AA	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb AB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb BB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb CB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb DB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb EB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb FB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb GB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb HB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb IB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb KB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb LB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb MB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb NB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb OB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb PB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb QB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb RB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb SB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb TB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb UB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb VB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb WB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb XB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb YB	Reduced oxygen affinity
Altered oxygen affinity	Hb ZB	Reduced oxygen affinity

وراثت هموگلوبین های مختلف منجر به علائم بالینی گوناگونی از قبیل کم خونی همولیتیک، آنمی با ایجاد اجسام هاینز، پرخونی و سیانوز می گردد

هموگلوبین های ناپایدار

ابتلای پدر یا مادر به هموگلوبین ناپایدار موجب انتقال آن به فرزندان می شود. تاکنون ۳۰۰ نوع هموگلوبین ناپایدار



References

- 1- Angela N.Barrett: *Thalassemia screening and confirmation of carriers in parent, form best practice and research: clinical obstetric and gynecology* 39 (2017) 27-40 Elsevier Ltd.
- 2- John old; *Hemoglobinopathies and thalassemia, National hemoglobinopathy reference laboratory, molecular hematology chapter17 form Emery and Rimoin's principle and practice of medical genetics: 2013, page 1-44 Elsevier.*
- 3- *Hemoglobinopathies: current practice for screening confirmation and follow-up, CDC December, 2015.*
- 4- Debbie Man; *Hemoglobinopathy genetics user hand book, university college London hospitals, 2016.*
- 5-Henry; *Clinical diagnosis by laboratory method, 2017, Elsevier.*

