

پیش بینی خطر کم خونی در فرزندان ناقلین تالاسمی و هموگلوبینوپاتی‌ها

• دکتر حبیب‌اله گل افشان

دکترای علوم آزمایشگاهی، هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شیراز

golafshanh@sums.ac.ir

• دکتر ناهید نصیری

دکترای تخصصی هماتولوژی

می‌باشند. این گروه از بیماری‌ها شایع‌ترین اختلالات تک‌ژنی در دنیا بوده که مشکلات جدی سلامت را به بار می‌آورند. در حال حاضر پیوند سلول‌های مادر خون ساز تنها راه درمان کم خونی‌های شدید است و قبل از پیوند از درمان‌های حمایتی استفاده می‌شود. زندگی وابسته به تزریق خون نه تنها مشکلات فراوان برای بیمار در بر داشته، بلکه زندگی خانواده را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. 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 می‌باشد.

جدول زیر نامطلوب‌ترین حالت در فرزندان ناقلین پرخطر را نشان می‌دهد و این به مفهوم آن نیست که تمام فرزندان مبتلا خواهند شد بلکه در اکثر موارد بدترین حالتی که احتمالاً در ۲۵٪ فرزندان رخ می‌دهد را نشان می‌دهد. 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 می‌کند.

سندرم‌های تالاسمی و هموگلوبینوپاتی‌ها از شایع‌ترین اختلالات تک ژنی در دنیا بوده که موجب کم خونی همولیتیک و زندگی وابسته به تزریق خون و مرگ و میر می‌گردند. 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 رنگ‌های 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 می‌باشد. در هر مورد توضیح تفصیلی ارائه می‌گردد.

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

خطر درجات مختلف کم خونی در فرزندان ناقلین تالاسمی و هموگلوبینوپاتی

سندرم‌های تالاسمی و هموگلوبینوپاتی‌ها گروهی گسترده از اختلالات ارثی در سنتز کمی و کیفی هموگلوبین

Carrier of	α^0 Thai	α^0 Arab	α^0 Iran	α^0 Bengali	α^0 Indian	Hb D	Hb D Arab	Hb D Bengali	Hb D Indian	Hb D Pakistani	Hb D Japanese	Hb D Chinese	Hb D Korean
α^0 Thai													
α^0 Arab													
Hb D													
β^0 Thai													
β^0 Arab													
Hb D													
Hb D Arab													
Hb D													
Hb D Pakistani													
Hb D Chinese													
Hb D Korean													
Not a carrier													

رنگ سفید علامت بدون ریسک خطر شناخته شده (Not known risk)
 رنگ قرمز با ریسک خطر جدی و کم خونی شدید (Possible serious risk)
 رنگ بنفش با ریسک خطر جدی کمتر (Less serious risk)
 رنگ زرد با احتمال ریسک خطر نهفته (Possible hidden risk)

چند مثال

هموزیگوت D ایران و پنجاب کم خونی نمی دهند.
مثال چهارم: چنانچه یکی از والدین ناقل تالاسمی α^0 ($\alpha\alpha/--$) و دیگری ناقل تالاسمی β^0 باشد، نقطه تلاقی ناحیه زرد با ریسک خطر نهفته است زیرا در این حالت امکان بیماری هموگلوبین اچ به علت حذف یک ژن آلفا در ناقل تالاسمی بتا وجود دارد. از طرف دیگر حذف سیس آلفا ممکن است در همراهی با ناقل β^0 با آنمی خفیف همراه باشد در حالی که حذف ترانس آلفا ($-\alpha/-\alpha$) با ناقل β^0 در ناحیه سفید قرار می گیرد. حذف سیس آلفا با ناقل β^+ نیز در ناحیه سفید قرار دارد.

از سالها پیش تا کنون فرمولهایی جهت افتراق آنمی فقر آهن از سندرمهای تالاسمی ماینور آلفا و بتا ابداع شده است که در جدول زیر مشاهده می نماید (۱). تمام این فرمولها جنبه آکادمیک داشته و بایستی با روشهای الکتروفورز تأیید گردند.

مثال اول: چنانچه یکی از والدین ناقل تالاسمی α^0 ($\alpha\alpha/--$) و دیگری هم ناقل تالاسمی α^0 ($\alpha\alpha/--$) باشد، در منطقه قرمز جدول تلاقی می کنند زیرا در این حالت احتمال تولد نوزاد مرده مبتلا به هیدروپس فتالیس با هموگلوبین بارت یا سقط در اوایل حاملگی به علت فقدان هر چهار ژن آلفا را به دنبال دارد.

مثال دوم: چنانچه یکی از والدین هتروزیگوت داسی و دیگری هتروزیگوت برای هموگلوبین D پنجاب یا لس آنجلس باشد باز هم در منطقه قرمز تلاقی می کنند زیرا هتروزیگوت ترکیبی داسی و D پنجاب شبیه آنمی داسی شکل است ولی منطقه تلاقی آن با D ایران در نقطه سفید یا بی خطر است.

مثال سوم: چنانچه هر دو والدین ناقل هموگلوبین D باشند نقطه تلاقی در منطقه سفید رنگ است زیرا

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 $\beta+$ شبیه β^0 بوده و حدود ۵ در صد ژن سالم فرآورده دارد. مواردی از $\beta^0\beta+$ 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 ($-\alpha/-\alpha$) 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 بهره‌گرفت.

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 ($\beta+$) گردند. از مثال‌های β^0 می‌توان به جهش در رمز اسید آمینه شماره 39 β^0 و IVS 1-1, IVS 2-1 اشاره کرد. جهش‌های $\beta+$ 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 (87-, -88) و یا خاموش (101-) 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 β^{δ} 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.

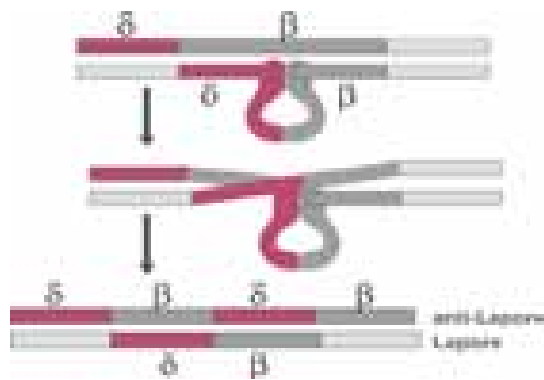
۴- همراهی وراثت تالاسمی ماینور بتا با تالاسمی آلفا $(-\alpha/\alpha)$ و یا بندرت $(-\alpha/-\alpha)$ ممکن است به علت بالانس بهتر زنجیره ها اندکس ها را نرمال کند و تشخیص تالاسمی ماینور بتا را مشکل نماید ولی افزایش هموگلوبین A2 این وراثت همزمانی را همراهی می کند.

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 هلندی، 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.

Genotypes	Heterozygotes	Homozygous State	Hematologic Features	DNA Analysis by PCR Methods
α^0 -Thalassemia (Deletion α)	0-2% Hb Bart's at birth, minimal hematology changes	0-10% Hb Bart's at birth, low MCH and MCV		Cap PCR: $\alpha 1, 2, 3$ alleles
Non-deletion α^0	Variable in alleles, but hematology changes may be more severe	Hb H disease in some cases		Selective PCR of $\alpha 1$ or $\alpha 2$, then ASD, BS-PCR or sequencing
Non-deletion α^0	0-2% Hb Bart's at birth, 0.5-1% Hb Constant Spring	Slightly more severe than heterozygous α^0 thalassemia		Selective PCR of $\alpha 1$ or $\alpha 2$, then ASD, BS-PCR or sequencing
α^1 -Thalassemia (-)	0-10% Hb Bart's at birth, low MCH and MCV, minimal Hb A ₂	Hb Bart's hypochromic, 30% Hb Bart's, 20% Hb Portland at birth		Cap PCR: $\alpha 2 \alpha 1, 2, 3$, $\alpha 1 \alpha 2, 3$, $\alpha 1 \alpha 2, 3$ alleles, MSPA for all alleles
α^1 -Thalassemia / α^0 -Thalassemia		Hb H disease 20-40% Hb Bart's at birth, Hb Portland, babies with a low count of red cells		A ₂ above
β^0 -Thalassemia	Low MCH and MCV Hb A ₂ 3.5-7.0%	Thalassemia major Hb F 90%, Hb A ₂ 2%		Non-deletion alleles as for β^0 that Deletion alleles: Cap-PCR, MSPA
β^1 -Thalassemia (minor)	Low MCH and MCV Hb A ₂ 4.5-7.0%	Thalassemia major Hb F 20-90%		ASD, AMPL, sequencing
Mild	Low MCH and MCV Hb A ₂ 2.5-7.0%	Thalassemia intermedia Hb F 20-60%		ASD, AMPL, sequencing
Mild	Normal MCH and MCV Hb A ₂ 1.8-3.0%			ASD, AMPL, sequencing
Hb Lepore	Low MCH and MCV Hb Lepore 0-20% low Hb A ₂	Thalassemia major intermedia Hb F 80%, Hb Lepore 20%		Cap-PCR, MSPA
$\delta\beta$ -Thalassemia	Low MCH and MCV normal Hb A ₂ Hb F 4-18% (heterozygous)	Thalassemia intermedia 100% Hb F		Cap-PCR, MSPA
HPFH				
Deletion	Normal index, Hb F 11-25% (genotype)	Normal, 100% Hb F		Cap-PCR, MSPA
Non-deletion	Normal index, Hb F 1-20%	Not described		Sequencing, Gene Scan -TIB 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 دارد. برای مثال در فقدان سه ژن آلفا به ۲۰ تا ۴۰ درصد می‌رسد. هموگلوبین بارت پس از ۶ ماهگی ناپدید می‌شود (۲).

شناخته شده است. جهش موجب دناتورده شدن و به هم خوردن ساختمان آلفا هلیکس زنجیره گلوبین می‌گردد. برخی جهش‌ها موجب جدا شدن دایمرهای گلوبین و جدا شدن ساختار هیم و یا تولید پاکت هیدروفیل در اطراف حلقه هیم می‌گردد. جهش‌های ناپایدار بتا بیشتر از آلفا علایم دار می‌گردد. گلوبین‌های دناتورده شده ایجاد هایپربادی و کم‌خونی همولیتیک با ژاندریس و بزرگی طحال و گاهی سیانوز می‌کنند. دفع ادراری قهوه‌ای رنگ حاکی از مشتقات دایپرول در بیماران است. همراهی ژن بتای ناپایدار با تالاسمی β^0 و β^+ ایجاد کم‌خونی شدید می‌کند. هموگلوبین‌های ناپایدار در حالت هتروزیگوت هم علایم‌دار هستند.

برخی از واریانت‌های ناپایدار β چنان ناپایدار هستند که به سرعت از بین رفته و تنها مطالعه DNA قادر به تشخیص آن‌ها می‌باشد. آزمایش‌های رسوب هموگلوبین در ایزوپروپانول ۱۷٪ و تست حرارتی از آزمایش‌های اسکرین تشخیص هموگلوبین‌های ناپایدار هستند. هموگلوبین‌های 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 علایم‌دار می‌شود.



مشاهده رسوب هموگلوبین در ایزوپروپانول ۱۷ درصد از آزمایش‌های تشخیصی برای هموگلوبین‌های ناپایدار می‌باشد

Hb Variant	Hb Variant Name
Hb E (α ² β ² Glu ⁶⁶ Val)	Hb E Bart's disease
Hb I (α ² β ² Glu ⁶⁶ Val)	Hb I Bart's disease
Hb Lepore (α ² β ² Glu ⁶⁶ Val)	Hb Lepore intermediate
Hb E (α ² β ² Glu ⁶⁶ Val)	Hb E Bart's disease
Hb I (α ² β ² Glu ⁶⁶ Val)	Hb I Bart's disease
Hb Lepore (α ² β ² Glu ⁶⁶ Val)	Hb Lepore intermediate
Hb Lepore (α ² β ² Glu ⁶⁶ Val)	Hb Lepore intermediate

همراهی هتروزیگوت و هموزیگوت و هتروزیگوت دوبل تالاسمی و هموگلوبین E با ژنوتایپ‌های مختلف تالاسمی آلفا با بیماری‌های EF Bart disease و AE Bart disease همراه بوده که از نظر بالینی به صورت هموگلوبین H و یا سندرم‌های تالاسمی اینترمدیا بروز می‌کند (۲).

گاهی همراهی تالاسمی آلفا با هتروزیگوت E(AE) یا هموزیگوت E(EE) و یا β^0 علامت‌دار می‌شود که تحت عناوین بیماری AE Bart و Hb EF Bart از آن یاد می‌شود. بیماری AE Bart disease بارت نتیجه وراثت هم‌زمانی ژنوتایپ $(\alpha\alpha)$ با هتروزیگوت E است که با Hb A⁺ Hb E (15-13%) و هموگلوبین‌بارت همراه است.

Type	Hb Variant	Clinical Manifestation
Stable	Hb F	Stable due to decreased oxidizability
Unstable	Hb S	Prone to sickle cell formation
Increased oxygen affinity	Hb H	Hb H anemia possible
Decreased	Hb Chesapeake	Polychromasia due to decreased oxygen transport
Hb Instability	Hb Milwaukee	Common due to long half-life
Decreased synthesis	Hb Lepore	Thalassemia

وراثت هموگلوبین‌های مختلف منجر به علائم بالینی گوناگونی از قبیل کم‌خونی همولیتیک، آنمی با ایجاد اجسام هاینز، پرخونی و سیانوز می‌گردد

هموگلوبین‌های ناپایدار

ابتلای پدر یا مادر به هموگلوبین ناپایدار موجب انتقال آن به فرزندان می‌شود. 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.*

