

کمبود آنزیم گلوکز - ۶ - فسفات دهیدروژناز

یداله زاهدپاشا^{۱*}، موسی احمدپور^۲، امیر زاهدپاشا^۳

۱- دانشیار گروه نوزادان دانشگاه علوم پزشکی بابل ۲- استادیار گروه نوزادان دانشگاه علوم پزشکی بابل ۳- دانشجوی دندانپزشکی

کمبود گلوکز-۶- فسفات دهیدروژناز شایع ترین نقص آنزیمی در دنیا می باشد و موجب طیف وسیعی از بیماریهایی نظیر زردی نوزادی، کم خونی همولیتیک حاد و همولیز مزمن می گردد. افراد مبتلا به کمبود این آنزیم ممکن است بدون علامت باشند. یک عارضه توارثی وابسته به جنس (X-limited) است که اکثراً در افراد آفریقائی، آسیایی، مدیترانه ای و خاورمیانه دیده می شود. تقریباً ۴۰۰ میلیون نفر در دنیا به آن مبتلا می باشند. شیوع آن در تهران ۲/۱٪ (۲/۶٪ پسر و ۰/۶٪ دختر)، در بابل در پسران ۱۲/۵٪ و در دختران ۴/۱٪ و در ساری در پسران ۱۴/۳٪ و دختران ۳٪ می باشد. معمولاً بوسیله تست فلوئورسنت لکه ای (FST) تشخیص داده می شود. تقسیم بندی آن بر مبنای درجه کمبود و تظاهرات بالینی آن می باشد. همولیز حاد در تماس با عوامل اکسیدان به فرم دارو یا باقلا صورت می گیرد. همولیز حاد یا خود محدود شونده است و یا در موارد نادر نیاز به تزریق خون پیدا می کند. زردی نوزادی ممکن است نیاز به فتوترابی و یا تعویض خون برای جلوگیری از کرن ایکترس پیدا کند. همولیز مزمن نادر است و وابسته به ژن موتاسیون یافته تک گیر می باشد. بیماری بندرت کشنده است. فراوانی انواع موتاسیون آن در شمال کشور در مازندران (ساری) از نظر مولکولی موتاسیون مدیترانه ای ۶۶/۲۵٪، کانتام ۲۷٪ و کوزنزا ۶/۷۵٪ و در استان گلستان ۶۹٪ مدیترانه ای، ۲/۶۷٪ کانتام و در استان گیلان ۸۶/۴٪ مدیترانه ای و ۹/۷٪ کانتام می باشد. مهمترین اقدام برای پیشگیری، غربالگری در دوره نوزادی و شناسائی مبتلایان و پیشگیری از تماس با عوامل اکسیدان و باقلا و درمان زودهنگام زردی نوزادی برای پیشگیری از عارضه مغزی است.

واژه های کلیدی: کمبود گلوکز-۶- فسفات دهیدروژناز، فاویسم، زردی نوزاد، کم خونی همولیتیک حاد.

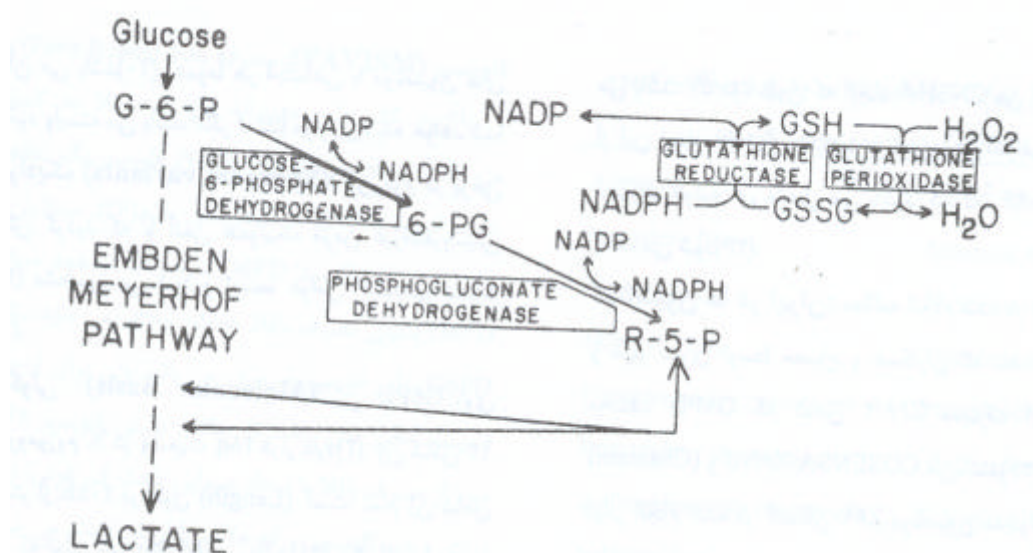
مجله دانشگاه علوم پزشکی بابل، دوره هشتم، شماره ۱، زمستان ۱۳۸۴، صفحه ۱۲۲-۱۱۴

مقدمه

کمبود گلوکز - ۶ - فسفات دهیدروژناز (G6PD) (Glucose-6-phosphat dehydrogenase) شایعترین نقص آنزیمی گلبولهای قرمز می باشد که حدود ۴۰۰ میلیون از مردم دنیا به آن مبتلا می باشند(۱). اولین بار در سال ۱۹۵۶ تشخیص داده شد و تاکنون تحقیقات فراوانی درباره انواع آن توسط دانشمندان صورت گرفت(۲و۳). این نقیصه یک عامل مهم زردی در دوره نوزادی است که می تواند منجر به کرن ایکترس، فلج مغزی، عقب ماندگی ذهنی و مرگ گردد(۴و۱). در کودکان و سایر سنین در مواجهه با باقلا، مواد اکسیدان و برخی از داروها ممکن است موجب

همولیز حاد تهدید کننده زندگی و بندرت افزایش ابتلا به عفونت شود(۴و۱). G6PD باعث کاتالیز مرحله اول راه هگزوز منوفسفات در متابولیسم گلوکز و ایجاد NADPH می گردد که برای نگهداری گلوکاتایون احیاء شده (GSH) ضروری می باشد(شکل ۱). GSH باعث حفاظت گلبولهای قرمز از آزردهی اکسیداتیو می گردد. G6PD در همه سلولهای بدن منتشر می باشد(۵).

توارث: راه انتقال G6PD وابسته به کروموزم مغلوب می باشد. بنابراین براساس تئوریک اغلب مبتلایان جنس مذکر بوده و جنس مؤنث ناقل می باشند. تظاهرات بالینی در جنس مؤنث



شکل ۱. متابولیسم گلوکز در گلبول قرمز

(Heat stability)، تأثیر مصرف G6PD و دامینو NADP حرکت الکتروفوریتیک و PH اویتمیا (Optima) بوده است. با این مشخصات بیوشیمیایی ۴۴۲ نوع مختلف آنزیم G6PD تشخیص داده شد. از این ۴۴۲ نوع آنزیم G6PD ۲۹۹ نوع آن با روش اختصاصی WHO موافق بوده است (۱۷). حدود ۱۰۰ نوع آن در انواع اجتماع بر اساس پلی مورفیک می‌باشد (۱۸). انواع مختلف که توسط دانشمندان سازمان جهانی بهداشت تشخیص داده شد به پنج طبقه براساس فعالیت آنزیمی مرتبط با علائم بالینی تقسیم بندی گردیدند (۱۹).

کلاس I: کمبود آنزیم شدید می باشد (با آنمی همولیتیک مزمن CNSHA)

کلاس II: کمبود شدید آنزیم با فعالیت کمتر از ۱۰٪ طبیعی می باشد (با همولیز مزمن همراه نمی باشد)

کلاس III: کمبود خفیف تا متوسط که فعالیت آنزیم ۶۰-۱۵ درصد طبیعی می باشد (همولیز فقط در تماس با برخی از داروها و عوامل عفونی ایجاد می شود)

کلاس IV: خیلی خفیف یا بدون کمبود آنزیم با فعالیت ۱۰۰-۶۰ درصد طبیعی می باشد.

کلاس V: افزایش فعالیت آنزیم (تأحدود برابر) طبیعی می باشد. انواع پلی مورفیک (Polymorphic variants): این فرم در برخی از اجتماع و جمعیت ها شایعتر است. انواع شناخته شده آن عبارتند از G6PD مدیترانه ای، آفریقایی (G6PDA) و فرم شرقی

هموزیگوت با سندرم ترنر (XO) و X غیرفعال بر مبنای تئوری Lyon دیده می شود (۲).

شیوع: شیوع آن در نژاد آفریقائی آمریکایی ۱۲/۸٪ (۶)، در پسران و دختران کانادائی بترتیب ۵/۶٪ و ۲/۲٪ (۷) در پسران و دختران فرانسوی ۶ و ۱٪ (۸) در سنگاپور ۱/۶۲٪ موالید (۳/۵٪ پسران و ۱۱/۵٪ دختران) (۹)، در نژادهای مختلف مالازیائی (چینی ۴/۵٪، ۳/۵٪ هندی ۱/۵٪) (۱۰)، عربستان سعودی ۱۸٪ (۱۱) گزارش گردید. در یک مطالعه شیوع آنرا در مصر یک و در ایران ۱۱/۵۵٪ گزارش نمود (۱۲). در یک بررسی انجام شده از خون بند ناف نوزادان متولد شده در ساری شیوع آن در پسران ۱۴/۳ و دختران ۳٪ و در کل موالید ۸/۶٪ بوده است (۱۳).

در بررسی که از طریق غربالگری بند ناف نوزادان در تهران انجام شد شیوع آن ۲/۱٪ (۳/۶٪ پسر و ۰/۶٪ دختر) بوده است (۱۴). در مطالعه ای که توسط زاهدپاشا و همکاران انجام شد و نوزادان از طریق بند ناف در بابل غربالگری شدند، شیوع آن را در پسران ۱۲/۵ و دختران ۴/۱٪ در شهر بابل نشان داد (۱۵). در مطالعه دیگری که بوسیله هاشمی و همکاران در دانش آموزان شهر آمل انجام گرفت شیوع آن در پسران ۱۱/۲ و دختران ۱/۴٪ بوده است (۱۶).

انواع G6PD: در سال ۱۹۶۷ یک کمیته سازمان جهانی بهداشت (WHO) روشهای استاندارد اختصاصی انواع G6PD را معرفی نمود، که شامل فعالیت آنزیمی km برای G6PD و NADP، ثبات حرارتی

می باشد. ۵۷ موتاسیون که ایجاد CNSHA می کردند گزارش شد. از این تعداد ۱۶ نوع مختلف موتاسیون در اطراف منطقه NADP بصورت خوشه ای متصل می باشند که کلاً ۲۶ اسید آمینه در آن یافت می شود (۲۶).

موتاسیون ها در ایران: مطالعه انجام شده در ایران در مازندران و شهر ساری توسط مصباح و همکاران که سه نوع پلی مورفیک مختلف G6PD که شامل ۶۶/۲٪ مدیترانه ای، ۲۷٪ کانتام (Chantam) و ۶/۷٪ COSENSA می باشند (۲۷). در یک بررسی دیگر انجام شده در گلستان ۶۹٪ موتاسیون مدیترانه ای و ۲۶/۷٪ کانتام و در گیلان ۸۶/۴٪ مدیترانه ای و ۹/۷٪ کانتام گزارش گردید (۲۸). مطالعه ای در ساری نشان داد که شیوع موتاسیون کانتام در این منطقه ایران بیشتر از سایر نقاط جهان می باشد، که در نتیجه شیوع انواع G6PD در این منطقه در مقایسه با کشورهای مدیترانه ای بیشتر شبیه شیوع آن در ایتالیا می باشد (۲۷).

کمبود (G6PD) و مالاریا: مطالعات متعدد نشان داد که مبتلایان به کمبود آنزیم G6PD کمتر به عفونت مالاریایی مالمسپارم دچار می شوند (۲۹ و ۳۰). بررسی ها نشان می دهد که در افراد مبتلا به کمبود G6PD در مقایسه با افراد طبیعی پارازیتی مالاریا کمتر می باشد (۳۰).

در یک مطالعه Invitro دیده شده است که انگل مالاریا در گلبولهای قرمز مبتلا به کمبود G6PD در مقایسه با افراد طبیعی خوب رشد نمی کند (۳۱ و ۳۲).

تظاهرات بالینی: علائم بالینی عمده و مهم کمبود آنزیم G6PD در گلبولهای قرمز انسان شامل:

الف) کم خونی همولیتیک ناشی از داروها: Drug (DIHA) Induced Hemolytic Anemia
ب) فاویسم (Favism)

ج) زردی نوزادی: (Neonatal Jaundice)

د) آنمی مزمن همولیتیک غیر اسفروسیتی: (CNSHA)
Chronic Non Spherolytic Hemolytic Anemia

کم خونی همولیتیک ناشی از داروها: (DIHA) بدنبال مصرف برخی از داروها در مبتلایان به کمبود آنزیم G6PD همولیز ایجاد می شود که جدول ۱ لیست داروها را نشان می دهد (جدول ۱).

Oriental آن می باشد (۲۰). عموماً هر اجتماعی با موتاسیون های اختصاصی خود وابسته می باشد، مگر استثنائاً مواردی دیده خواهد شد. انواع اسپورادیک (**Sporadic variants**): این فرم در برخی جوامع گزارش گردید که با آنمی هموتیک مزمن غیراسفروسیتی (CNSHA) مشخص می شود و توسط عوامل اکسیداتیو تشدید می گردد (۲۰).

اساس مولکولی (Molecular Basis): ژن G6PD روی بازوی بلند کروموزوم X در وضعیت ۲۸q قرار دارد (۲). ژن شامل ۱۳ آکسون و بیشتر از ۲۰ kb در طول (Length) است. تمام ژن شامل ۱۱۴bp و ۲۰ که توالی رمز ۱۵۴۸bp می باشد (۲۱). یکی از شایعترین اشکال غیر معمول ژن G6PD برخی از موتاسیون های آن می باشند که بیشتر ایجاد تغییرات فنوتیک آنزیم که بطور کمی و کیفی و یا هر دو حالت می باشند، می نماید. اکثر موتاسیون با جابجایی یک باز (Base) می باشند. دو نوع (Variants) وجود دارند که Deletions ۳bp و ۲۴pb دارند (۲۲). این موتاسیون ها بطور گسترده در مناطق رمز ژن ها در تمام آکسون ها بجز در آکسون ۳ و ۱۳ دیده می شود. موتاسیون هایی که در فرم کلاس I ایجاد می شود بطور وسیع در منطقه نزدیک NADP یا NADPH در منطقه باند مفروض G6PD دیده می شود.

موتاسیون آفریقایی: موتاسیون G6PD که یک جابجایی A به G در ۳۷۶ nt می باشد، در اکثر افراد یک موتاسیون دوم G به A در ۲۰۲ nt دیده می شود. دومین موتاسیون در برخی افراد ۶۸۰ nt در C به T یا ۹۶۸ nt در T به C دیده می شود (۲۳).

موتاسیون های مدیترانه ای: G6PD مدیترانه ای با جابجایی C به T در ۵۶۳ nt می باشد که بطور ژنتیکی هموژن نمی باشد. اکنون شناخته شده است که موتاسیون هایی که G6PD مدیترانه ای قلمداد می شدند گوناگون می باشند (۲۴).

موتاسیون های شرقی (آسیایی): یکی از انواع شایع که در اجتماع شرقی دیده می شود، موتاسیون G6PD کانتوم در ۱۳۷۶ nt می باشد (۲۵). هتروژنیستی قابل توجهی در موتاسیون G6PD اجتماع مختلف آسیایی ثبت گردیده است.

موتاسیون های تک گیر (Sporadic): موتاسیون هائیکه باعث CNSHA می گردد یک موتاسیون جدید است که نسبتاً تک گیر

جدول ۱. داروها و عوامل شیمیایی که در یک فرد مبتلا به کمبود

آنزیم G6PD باعث همولیز می گردند

Acetanlid	Furazolidone (furoxone)
Methylene Blue	Nalidixic Acid (negram)
Naphthalene	Niridazole (ambilhar)
Isobutyl Nitrite	Nitrofurantoin (Furadantin)
Phenazopyridine (pyridium)	Phenylhydrazine
Primaquine / chloroquine	Sulfacetamide
Sulfamethoxazole (Gantanol)	Sulfanilamide
Sulfapyridine	Iazolesulfone
Toluidine blue	Trinitrotoluene
Urate Oxide	

(Eutler E 1996 Blood Review)

وقتی که کمبود آنزیم ضعیف است، کم خونی همولیتیک بعثت اینکه فقط گلبولهای قرمز پیر منهدم می شوند، خود محدود شونده می باشد و در گلبولهای قرمز جوان آنها، فعالیت آنزیم طبیعی و نزدیک طبیعی است، بنابراین زیاد به همولیز حساس نمی باشند. در مبتلایان به فرم شدیدتر کمبود آنزیم گلبولهای قرمز جوان تر نیز کمبود آنزیم داشته که همولیز شدیدتر بوده و تا زمانی که تعداد رتیکولوسیت آنها افزایش یابد همولیز ادامه خواهد یافت. غیر از داروها و مواد شیمیایی که اسامی آنها در لیست آمده است، گزارشات زیر دلالت بر ایجاد همولیز بدنال مصرف حنا (Henna) می نماید. حنا یک موادی است که از دوران قدیم برای زیبایی و رنگی شدن ناخن ها، مو، پوست بدن و درمان درماتیت سوّره و قارچ در سراسر دنیا از آن بطور سنتی استفاده می نمودند. در کشور ما نیز هنوز در برخی از مناطق از آن استفاده می شود. در یک گزارش همولیز در فرزندان یک خانواده مبتلا به کمبود G6PD پس از استفاده از حنا ایجاد گردید (۳۳). در یک مطالعه ای که از کویت گزارش کردند در ۱۵ نوزاد مبتلا به کمبود آنزیم G6PD که در جشن تولد آنها از حنا استفاده شد ایجاد همولیز و زردی نموده است (۳۴). در یک بررسی بدنال مصرف نوشابه غیرالکلی فراوان که دارای اسکوربات بوده در دو پسر ایجاد همولیز شدید نمود (۳۵).

فاویسم (FAVISM): مصرف باقلا (Fava Beans) در عرب ها و ساکنین کشورهای مدیترانه ای که مبتلا به کمبود G6PD می باشند ایجاد همولیز می نماید (۲). فاویسم یک تظاهر کشنده و شدید کمبود G6PD در انسان می باشد (۳۶). مبتلایان به فاویسم برای همه عمر کمبود G6PD دارند، اما در همه مبتلایان کمبود G6PD بدنال مصرف باقلا همولیز ایجاد نمی شود. بنابراین کمبود G6PD برای فاویسم ضروری می باشد ولی برای ایجاد همولیز در فاویسم کافی نمی باشد (۲). علائم بالینی فاویسم ۲۴-۴۸ ساعت پس از مصرف باقلا با ایجاد همولیز باعث کم خونی، رنگ پریدگی، زردی و هموگلوبینوری که علائم با ارزش است، می شود. درد شکم و استفراغ ممکن است مشاهده شود، ندرتاً باعث نارسایی حاد کلیه می گردد. مصرف باقلا به هر شکل آن یعنی خام و یا پخته و یا دست زدن به برگ و گل، بوته و پوست آن ایجاد همولیز می نماید. درمشاهدات ما مواردی از کودکان مبتلا به کمبود G6PD که در جوار مزرعه باقلا زندگی می نمودند، در فصل گل دادن باقلا مبتلا به رنگ پریدگی می گردیدند. در یک مطالعه محلی در بابل در دو ماه اردیبهشت و خرداد ۷۴ و ۱۳۷۳ تعداد ۱۴۸ کودک بدنال مصرف باقلا مبتلا به همولیز حاد و کم خونی شده اند، تزریق خون گردیده اند (۳۷).

زردی در نوزادان: زردی نوزادی شایعترین تظاهر بالینی کمبود G6PD می باشد (۵). در یک سوم نوزادان مبتلا به کمبود G6PD زردی ایجاد می شود (۲). زردی نوزادی بدنال کمبود G6PD اگر بموقع درمان ننگردد منتهی به کرن ایکتروس فلج مغزی و مرگ می گردد (۱۰۴). بیش از سی سال قبل کمبود G6PD با زردی شدید نوزادی و کرن ایکتروس (بیلیروبین اسفالوپاتی) از ساردینیا، سنگاپور و یونان گزارش شد (۳۸). در یک بررسی ۴۸/۷٪ نوزادان مبتلا به کمبود G6PD به زردی مبتلا شده اند (۳۹). در یک مطالعه دیگر ۱۲/۴٪ نوزادان که مقدار بیلیروبین آنها بیشتر از ۱۵ میلیگرم درصد بوده مبتلا به کمبود G6PD بوده اند (۴۰). در یک بررسی از ۲۳۴ نوزاد پسر ترم (۱۰۶ نوزاد زرد و ۱۲۸ نوزاد شاهد) ۶۲/۳٪ گروه زرد و در مقابل ۱۲/۳٪ غیر زرد به کمبود این آنزیم مبتلا بوده اند (۴۱).

در یک پژوهش ۲۰٪ پسران مبتلا به کمبود G6PD زرد گردیده اند (۴۲). در بررسی ای که در اصفهان انجام گردید ۷/۵٪ مبتلایان به زردی نوزادی مبتلا به G6PD بودند که از آنان ۷۵/۵٪

روشهای معمول و مناسب اندازه گیری G6PD می باشند. روش FST فعلاً جایگزین سایر روشها گردیده است. روش (DPIP) دکلریزاسیون برای تشخیص هتروزیگوت ها به علت اینکه در یک زمان نمونه های فراوانی را اندازه گیری می کند بر FST ارجح تر است و یک روش انتخابی در غربالگری می باشد. در اکثر مراکز آزمایشگاهی از روش FST برای تشخیص G6PD استفاده می گردد. این روش اختصاصی ترین و قابل اعتمادترین روش توسط برخی محققین معرفی شد (۵۴).

امتیاز این روش این است که با حجم بسیار کم خون، حدود ۱۰ میکرولیتر یعنی با یک قطره خون روی کاغذ مخصوص قابل انجام می باشد. نتایج منفی کاذب در این تست بسیار نادر و کمتر از ۲ در هزار می باشد. مثبت کاذب فقط در زنان هتروزیگوت و جنس مذکر پس از خونریزی یا همولیز شدید بعثت ورود گلبولهای قرمز جوان در جریان خون که مقدار G6PD آنها زیاد است دیده می شود. آنزیم G6PD در محیط تامپونی مناسب باعث احیای NADP و تبدیل آن به NADPH می گردد. NADPH تولید شده زیر لامپ ماوراء بنفش (UV) با طول موج ۳۶۵ نانومتر ایجاد فلئورسانس می کند. این فلئورسانس در خون افراد سالم زیاد و در خون افراد مبتلا به کمبود آنزیم G6PD ضعیف یا منفی است. در نهایت بازتاب فوری و بر این اساس فعالیت آنزیمی را می توان به سه گروه زیر تقسیم نمود.

(۱) فلئورسانس قوی به معنی آنزیم کافی (S) می باشد.

(۲) فلئورسانس ضعیف به معنی کمبود نسبی (D) آنزیم می باشد.

(۳) فقدان فلئورسانس به معنی کمبود شدید (SD) آنزیم می باشد.

در نهایت کمبود شدید و نسبی به عنوان کمبود آنزیم G6PD

تلقی می گردد. در زمان همولیز حاد بعثت ورود گلبولهای قرمز جوان مقدار آنزیم طبیعی نشان می دهد که بهتر است پس از مدتی مجدداً کنترل شود.

درمان: پس از دوره نوزادی اولین اقدام درمانی تعیین نیاز به تزریق خون می باشد، که برای حصول آن از ترتیب زیر پیروی میشود (۵۵):

(۱) اگر هموگلوبین کمتر از ۷ گرم درصد میلی لیتر گردد تزریق خون متراکم ضروری است، مقدار آن ۱۰ میلیتر به ازای هر کیلوگرم وزن می باشد.

پسر و ۲۴/۵٪ دختر گزارش گردید (۴۳). در مطالعه ای که در تهران انجام شد، شیوع زردی در نوزادان مبتلا به کمبود G6PD، ۳ برابر شاهد بوده است (۵۱٪ در مقابل ۱۶٪) (۱۴). در بررسی ای که توسط زاهدپاشا و همکاران در بابل انجام شد، ۲۶/۶٪ نوزادان زرد مبتلا به کمبود G6PD بودند که یک مورد دچار کرن ایکترسوس گردید (۴۴). در تحقیق دیگر Zahedpasha و همکاران ۲۳/۷۵ درصد نوزادان زردی که به تعویض خون جهت درمان زردی شدید نیاز داشتند مبتلا به کمبود G6PD بوده اند (۴۵). در یک گزارش دیگر که توسط احمدپور و همکاران انجام شد (۴۶)، ۵/۸٪ نوزادان زرد بستری شده در گرگان مبتلا به کمبود G6PD بودند که ۷۵/۵٪ زردی در روزهای دوم و سوم تولد شروع گردید و مقدار متوسط هموگلوبین این نوزادان ۱۵/۰۵ گرم درصد بوده است که در مقایسه با نوزادان زرد، سطح آنزیم طبیعی تفاوتی نداشت. زردی بندرت بلافاصله پس از تولد ظاهر می گردد و شدت علائم بالینی پس از روزهای دوم و سوم تولد می باشد (۴۷). زردی بیشتر از کم خونی در دوره نوزادی می باشد و کم خونی شدید نادر است (۴۸).

کم خونی همولیتیک مزمن غیر اسفروسیتی: (CNSHA)

این نوع با زردی، کم خونی، بزرگی کبد و طحال مشخص می شود (۴۹). شدیدترین تظاهر بالینی، کمبود G6PD می باشد که در دوره شیرخوارگی یا کودکی دیده می شود (۵۰). سنگ کیسه صفرا، کاتاراکت و اختلال فونکسیون گلبولهای سفید در این نوع کم خونی ناشی از G6PD بیشتر دیده می شود. یک پسر ۵ ساله را که سالها بعنوان تالاسمی ماژور تحت درمان بوده و گاهاً تزریق خون می گردید نویسنده بررسی و در نهایت مشخص شد که مبتلا به تالاسمی نبوده بلکه به کمبود شدید G6PD مبتلا بوده است.

همولیز بدنال ابتلا به عفونت: در برخی از انسانهای مبتلا به کمبود G6PD بدنال ابتلا به عفونت باکتریال، ویرال و یا ریکتزایی مبتلا به کم خونی می شوند. مکانیسم همولیز خوب شناخته نشده است. حدس زده می شود که در هنگام فاگوسیتوز گلبولهای سفید، در اثر آزاد شدن اکسیژن، گلبولهای قرمز آزرد می شوند (۵۱).

تشخیص آزمایشگاهی: برای تشخیص کمبود G6PD روش های متعددی وجود دارد. روش فلئورسنت لکه ای FST (۵۲)، دی کلروفنول ایندوفنول (DPIP) دکلریزاسیون (۵۳) و روش کمی (۱۷) از

زردی اقدام زودرس فتوتراپی جهت جلوگیری از تشدید زردی و در صورت نیاز تعویض خون برای جلوگیری از کرن ایکترس می باشد. (۳) با توجه به شیوع بالای کمبود G6PD (۱۲/۵٪) پسران و ۴/۱٪ دختران) در بابل و منطقه که خود یک معضل بهداشت عمومی می باشد، افزایش سطح اطلاعات مردم و آموزش همگانی از طریق رسانه های عمومی توسط مسئولین بهداشتی شهر، استان و کشور باید صورت پذیرد.

(۴) در مجالس و جشن ها از پذیرایی با یک نوع غذا مانند باقلا پلو خودداری شود.

(۵) پذیرایی از مسافirin و مهمانان در هواپیما و قطار و... توسط یک نوع غذای حاوی باقلا اجتناب شود.

(۶) استفاده از باقلا در هر نوع مواد غذایی که در اختیار مردم قرار می گیرد با برچسب هشدار دهنده به افراد حساس مشخص شود. اخیراً شنیده شد که در تهیه کالباس از باقلا استفاده می شود.

(۷) هدیه غذاها توسط همسایگان مانند آش و یا هر صورت دیگر باید به اطلاع مصرف کنندگان حساس برسد.

(۸) در دوران بارداری از داروهای شامل مواد اکسیدان توسط مادر، مخصوصاً اگر سابقه ابتلا به کمبود G6PD می توان داشته باشد، باید خودداری شود.

(۹) در دوره نوزادی و یا هر زمان دیگر از استفاده البسه و یا نگهداری در منزلیکه آغشته به نفتالین می باشد، باید خودداری شود.

(۱۰) استفاده از حنا در دوره نوزادی و جشن های عروسی باید با احتیاط صورت پذیرد.

(۱۱) پزشکان در تجویز دارو باید از وضعیت بیماران به کمبود آنزیم G6PD مطلع بوده و به افراد حساس تجویز ننمایند.

هر خونی که در مناطق با شیوع بالای G6PD به افراد تزریق می گردد، مخصوصاً در دوره نوزادی باید از نظر ابتلا دهنده به کمبود آنزیم G6PD مورد بررسی قرار گیرد. مواردی از افزایش شدید بیروبین بعد از تعویض خون با خون دارای کمبود G6PD گزارش شده است (۵۶). با توجه به شیوع بالای کمبود آنزیم G6PD توصیه می شود، بانک خون وضعیت G6PD را روی خون های ارسالی به بخش نوزادان برای تعویض خون نوزاد، گزارش نماید.

(۲) اگر هموگلوبین کمتر از ۹ گرم درصد باشد و علائم تداوم همولیز که همان هموگلوبینوری است، وجود داشته باشد به تزریق خون متراکم نیاز می باشد.

(۴) اگر سطح هموگلوبین بالاتر از ۹ گرم درصد باشد و هموگلوبینوری ادامه داشته باشد و یا سطح هموگلوبین بین ۷-۹ گرم درصد باشد و هموگلوبینوری نداشته باشد، بیمار را حداقل ۴۸ ساعت زیر نظر مستقیم قرار گرفته و در صورتیکه شرایط بند ۱ و ۲ را حائز گردد تزریق خون انجام خواهد شد.

درمان CNSHA: بهترین اقدام جلوگیری از تماس با مواد اکسیدان می باشد. برای نگهداری سطح هموگلوبین ۸-۱۰ گرم درصد از تزریق خون متراکم استفاده می شود، که بندرت اتفاق می افتد. در بعضی مواقع پس از بلوغ نیاز به تزریق خون کمتر می گردد. عموماً طحال برداری ضروری نمی باشد مگر در موارد زیر: (۱) بزرگی طحال از نظر فیزیکی برای زندگی مشکل ایجاد نماید.

(۲) شواهدی از هیپراسپلنسیسم وجود داشته باشد.

(۳) تداوم کم خونی شدید بدون شواهدی از بند ۱ و ۲

درمان زردی نوزادی: تزریق خون متراکم مثل سایر موارد یاد شده می باشد. اما برای جلوگیری از تشدید زردی و کرن ایکترس بهترین و مناسبترین اقدام غربالگری نوزادان بوده و مخصوصاً در نوزادان رسیده بیشتر تحت نظر قرار داده و با شروع زردی فتوتراپی بموقع انجام شده در صورتیکه در ۴۸ ساعت بیلیروبین از ۱۵ و پس از آن در هر زمان مقدار بیلیروبین از ۲۰ میلیون درصد یا بیشتر تجاوز نماید تعویض خون انجام شود. فتوتراپی زودهنگام از افزایش بیلی روبین به سطح تعویض خون جلوگیری خواهد نمود.

پیشگیری:

(۱) بهترین روش پیشگیری از همولیز، شناسایی مبتلایان به کمبود G6PD از طریق غربالگری خون بدنای هنگام و جلوگیری از مواجهه با دارو، مواد اکسیدان و باقلا در سایر سنین می باشد. دادن لیست داروها و مواد مولد اکسیدان به این افراد توصیه می شود. (۲) در دوره نوزادی پس از شناسایی نوزاد مبتلا به کمبود آنزیم G6PD پیشگیری شامل جلوگیری از مصرف دارو و مواد اکسیدان در نوزاد و باقلا در مادر شیرده می باشد. در صورت ابتلا به

References

1. Working group. Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. Bull WHO 1989; 67: 601.
2. Beutler E. G6PD deficiency. Blood 1994; 84: 3613-36.
3. Beutler E. Population genetics and clinical manifestations. Blood Rev 1996; 10: 45-52.
4. Mallouh AA, Imseeh G, Abu Osba YK, et al. Screening for glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency can prevent severe neonatal jaundice. ANN Trop Paediatr 1992;12(4): 391-5.
5. Mohanty D, Mukherjee MB, Colah RB. Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency in India. Indian J Pediatr 2004; 71: 6: 325-529.
6. Kaplan M, Herschel M, Hammerman C, Hoyer JD, Stevenson DK. Hyperbilirubinemia among African, glucose-6-phosphate dehydrogenase-deficient neonates. Pediatrics 2004; 114(2): 213-9.
7. Leung AK. Screening of jaundiced neonates for glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. South Med J 1987; 80(2): 217-8.
8. Kaddari F, Sawadogo M, Sancho J, et al. Neonatal screening of glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency in umbilical cord blood. Ann Biol Clin (Paris) 2004; 62(4): 446-50.
9. Joseph R, Holy Gomez JM, Rajdurai VS, Sivasankaran S, Yip YY. Mass newborn screening for glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency in Singapore. Southeast Asian J Trop Med Public health 1999; 30 (Suppl 2): 70-1.
10. Hon AT, Balakrishnan S, Ahmad Z. Hyperbilirubinemia and erythrocytic glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency in Malaysian children. Med J Malaysia 1989; 44(1): 30-4.
11. Abu Osba YK, Mallouh AA, Hann RW. Incidence and causes of sepsis in glucose-6-phosphate. J Pediatr 1989; 114(5): 748-52.
12. Usanga EA, Ameen R. Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency in Kuwait, Syria, Egypt, Iran, Jordan and Lebanon Hum Hered 2000; 50(3): 158-61.
۱۳. مهدوی م، کوثریان م، مرتضوی الف، سنگ سفیدی س ه. شیوع کمبود آنزیم G6PD در نوزادان متولد شده بیمارستان امام خمینی در سال ۱۳۷۶، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران ۱۳۷۷؛ ۸(۲۰): ۴-۲۲.
14. Abolghasemi H, Mehrani H, Amid A. An update on the prevalence of glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency and neonatal jaundice in Tehran neonate S. Clin Biochem 2004; 37(3): 241-4.
۱۵. زاهدپاشا ی. شیوع کمبود G6PD در نوزادان زنده متولد شده شهرستان بابل، مجله دانشگاه علوم پزشکی بابل ۱۳۷۸؛ ص: ۲۵-۹.
۱۶. هاشمی س ا، زاهدپاشا ی، حاج احمدی م، علائی ب. شیوع کمبود آنزیم G6PD در دانش آموزان مقطع ابتدایی شهرستان آمل، مجله دانشگاه علوم پزشکی بابل ۱۳۸۳؛ ص: ۶-۵۲.
17. Betke K, Beutler E, Brewer GJ, Kirkman HN, Luzzatto L, Ramot B, Siniscalco M. Scientific group on the standardization of procedures for the study of glucose-6-phosphate dehydrogenase. WHO Tech Rep Ser; 366: 1967.
18. Beutler E. The genetics of glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. Semin Hemat 1990; 27: 137-64.
19. Yoshida A, Beutler E, Motulsky AG. Human G6PD Variants. Bull WHO 1971; 45: 243-53.

20. Sukumar S. Glucose-6- phosphate dehydrogenase deficiency: an overview. *Immunohaematol Bull* 2000; 31: 1-12.
21. Beutler E. The molecular biology of G6PD variants and other red cell enzyme defects. *Ann Rev Med* 1992; 43: 47-59.
22. Hirono A, Fuji H, Shima M, Miwa S. G6PD Nara: a new class I glucose-6- phosphate dehydrogenase variant with an eight amino acid deletion. *Blood* 1993; 82: 3250-2.
23. Hirono A, Beutler E. Molecular cloning and nucleotide sequence of CDNA for human glucose-6-phosphate dehydrogenase variant (A). *Proc Natl Acad Sci* 1988; 85: 3951-4.
24. Vulliamy TJ, D'urso M, Battistuzzi G, et al. Diverse point mutations in the human G6PD gene cause enzyme deficiency and mild or severe hemolytic anemia. *Proc Natl Acad Sci* 1988; 85: 5171-5.
25. Stevens DJ, Wanachiwanawin W, Mason PJ, Vulliamy TJ, Luzzatto L. G6PD canton, a common deficient variant in south East Asia caused by a 450 Arg ? Leu mutation. *Nucl Acid Res* 1990; 18: 7190.
26. Hirono A, Miwa S, Fuji H, Ishida F, Yamada K, Kubota K. Molecular study of eight Japanese cases of glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency by nonradioisotopic single-strand conformation polymorphism. *Blood* 1994; 83: 3363-8.
27. Mesbah Namin SA, Sanati MH, Mowjoodi A, Mason PJ, Vulliamy TJ, Noori Dalooi MR. Three major glucose-6-phosphate dehydrogenase-deficient polymorphic variants identified in Mazandaran state of Iran. *Br J Haematol* 2002; 117(3): 763-4.
28. Noori Dalooi MR, Najafi L, Mohammad Ganji S, Hajebrahami Z, Sanati MH. Molecular identification of mutations in G6PD gene in patients with favism in Iran. *J Physiol Biochem* 2004; 60(4): 273-7.
29. Motulsky AG. G6PD deficiency, hemolytic disease of the newborn and malaria. *Lancet* 1961; 1: 1168.
30. Allison AC, Clyde DF. Malaria in African children with deficient erythrocyte G6PD. *Br Med J* 1961; 1: 1346-9.
31. Usanga EA, Luzzatto L. Adaptation of plasmodium falciparum to G6PD deficiency host red cells by production of parasite encoded enzyme. *Nature* 1985; 313: 793-5.
32. Roth J, Schulman S. The adaptation of plasmodium falciparum to oxidative stress in G6PD deficient human erythrocytes. *Br J Haematol* 1988;70: 363-7.
33. Kok AN, Ertekin MV, Avci B. Henna (*Lawsonia inermis* linn.) induced haemolytic anaemia in siblings. *Int J Clin Pract* 2004; 58(5): 530-2.
34. Kandil HH, Al Ghanem MM, Sarwat MA, Al Thallab FS. Henna (*Lawsonia inermis* linn) inducing haemolysis among G6PD-deficient newborns. A new clinical observation. *Ann Trop Paediatr* 1996; 16(4): 287-91.
35. Mehta JB, Singhal SB, Mehta BC. Ascorbic acid-induced hemolysis in G6PD deficiency. *Lancet* 1990; 336: 944.
36. Meloni T, Forteleoni G, Meloni GF. Marked decline of favism after neonatal glucose-6-phosphate dehydrogenase screening and health education: the northern Sardinian experience. *Acta Haematol* 1992; 87(1-2): 29-31.
۳۷. ازگمی ف. بررسی کودکان مبتلا به فاویسم در بیمارستان کودکان امیرکلا در سال ۱۳۷۴، پایان نامه دکتری پزشکی شماره ۲۵، ۱۳۷۵.
38. Valaes T. Severe neonatal Jaundice associated with glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. Pathogenesis and global epidemiology. *Acta Pediatr* 1994; 394: 58-76.

39. Verma M, Singla D, Crowell SB. G6PD deficiency in neonates: A prospective study. *Indian J Pediatr* 1990; 57(3): 385-8.
40. Sasanakul W, Hathirat P, Jeraporn K, et al. Neonatal jaundice and glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. *J Med Assoc Thai* 1989; 72(1):130-2.
41. Owa JA. Relationship between exposure to ecterogenic agents glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency and neonatal gaundice in Nigeria. *Acta Paediatr Scand* 1989; 78(6): 848-52.
42. Meloni T, Cutillo S, Testa U. Neonatal jaundice and severity of glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency in Sardinian babies. *Early Hum Dev* 1887; 15(6): 317-22.
43. Iranpour R, Akbar MR, Haghshenas I. Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency in neonates. *Indian J Pediatr* 2003; 70(11): 855-7.
۴۴. زاهدپاشای، سجادی س. بررسی رابطه کمبود آنزیم گلوکز-۶- فسفات دهیدروژناز با زردی نوزادان. مجله سازمان نظام پزشکی جمهوری اسلامی ایران ۱۳۸۱؛ ص: ۷۷۳-۷۷۱.
45. Zahedpasha Y, Ahmadpour M, Ebrahimzade N. Severe neonatal hyperbilirubinemia, and blood exchange transfusion. *Pediatric Research* 2003; 54: 566.
۴۶. احمدپور کچو م، معموری غ، جناقی ک. فراوانی کمبود آنزیم- گلوکز-۶- فسفات دهیدروژناز (G6PD) در نوزادان مبتلا به هیپر بیلی روبینمی، مجله دانشکده پزشکی مشهد ۱۳۸۰؛ ۷۱: ۵-۹۱.
47. Doxiadis SA, Valaes I. The clinical picture of glucose -6-phosphate dehydrogenase deficiency in early childhood. *Arch Dis Child* 1964; 39: 545.
48. Meloni S, Costa S, Cutillo S. Haptoglobin, hemopexin, hemoglobin and hematocrit in newborns with erythrocyte glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. *Acta Haematol* 1975; 54: 284.
49. Ektare AM, Baxi AJ. G6PD deficiency—a genetic disorder of red cell metabolism. *J Postgrad Med* 1972; 18: 51-67.
50. Bhattacharya I, Swarup Mitra S. Mediterranean type of G6PD deficiency in Bengalees. *Ind J Haemat* 1984; 2: 19-21.
51. Baehner RL, Nathan DG, Castle WB. Oxidant injury of caucasian G6PD deficient red blood cells by phagocytosing leukocytes during infection. *J Clin Invest* 1971; 50: 2466-73.
52. Beutler E, Mitchell M. Special modifications of the fluorescent screening method for glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. *Blood* 1968; 32: 816-18.
53. Bernstein RE. A rapid screening dye test for the detection of G6PD deficiency in red cells. *Nature* 1962; 194: 192.
54. Agaraki SA. Screening for glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency as a preventive measure prevalence among I. 286000 Greece newborn infants. *J Pediat* 1991; 119(2): 293-9.
55. Nathan DG, Orkin SH, Ginsburg D, Look AT. Nathan and Oski's, hematology of infancy and childhood, 6th ed, Lucio Luzzatto, glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency and hemolytic anemia. Saunders; pp: 721-4.
56. Kumar P, Sarkar S, Narang A. Acute interavascular haemolysis following exchange transfusion with G6PD deficient blood. *Eur J Pediatr* 1994; 153(2): 98-9.

* آدرس نویسنده مسئول: بابل، بیمارستان کودکان امیرکلا، تلفن: ۰۱۱۱-۳۲۴۲۱۵۱-۵.

yzpasha@yahoo.com