

Fe

Биохимические функции железа

- * Наиболее значимой функцией железа в организме является его участие в связывании, транспортировке и депонировании кислорода гемоглобином и миоглобином.
- * обеспечивает транспорт электронов в окислительно-восстановительных реакциях организма (входит в состав цитохромов и железосеропротеидов)
- * участвует в формировании активных центров окислительно-восстановительных ферментов

- 
- деление клетки;
 - биосинтетические процессы (в том числе и синтез ДНК);
 - метаболизм биологически активных соединений (катехоламинов, тиреоидных гормонов, коллагена, тирозина и др.);
 - энергетический обмен (около половины энзимов или кофакторов цикла Кребса содержат этот металл или функционируют в его присутствии).

- 
- 1 функциональное (в составе гемоглобина, миоглобина, энзимов и коферментов);**
 - 2 транспортное (трансферрин, лактоферрин, мобилферрин);**
 - 3 депонированное (ферритин, гемосидерин);**
 - 4 железо, образующее свободный пул.**

Железосодержащие субстраты	Основная физиологическая функции
Гемоглобин	Транспорт кислорода
Миоглобин	Транспорт и депонирование кислорода в мышцах
Каталаза	Разложение H_2O_2
Цитохром	Тканевое дыхание
Пероксидаза	Окисление веществ с помощью H_2O_2
Трансферрин	Транспорт железа
Лактоферрин	Транспорт железа
Мобилферрин	Внутриклеточный транспорт железа
Ферритин	Тканевое депонирование железа
Гемосидерин	Тканевое депонирование железа
Ксантиноксидаза	Образование мочевой кислоты
Дегидрогеназы	Катализ окислительно-восстановительных реакций

Распределение железа в организме

Компонент	мг	%
Гемоглобин	2300	60-65
Ферритин	500	9-10
Гемосидерин	500	9-10
Миоглобин	130	7,5-8,5
Цитохромы, каталазы	10	5-7
Транспортное железо	3	0,1-0,2
Всего	3500	100

Источники железа

Растительная пища			Животная пища		
	Содержится	Всасывается		Содержится	Всасывается
Морская капуста	15 мг	от 1 до 5 %	Печень	11-15 мг	мясные продукты- 20-30% рыба, яйца- 10-15 %
Какао	12,5 мг		Мясо	2-4 мг	
Шиповник	12 мг		Яйца	3 мг	
Отрубной хлеб	11 мг				
Гречка	8 мг				
Белые грибы	5 мг				

*Наличие в пище **фитиновой кислоты**
(сухие завтраки, растительные продукты),

***кофеина и танина**
(чай, кофе, напитки),

***фосфатов, оксалатов**
(растительные продукты)

ухудшает всасывание железа, т.к. образуются
нерастворимые комплексы.

- * В пище железо в основном находится в окисленном состоянии (**Fe³⁺**) и входит в состав белков или солей органических кислот. Освобождению железа из солей органических кислот способствует кислая среда желудочного сока. Наибольшее количество железа всасывается в двенадцатиперстной кишке.

- 
- * Аскорбиновая кислота, содержащаяся в пище, восстанавливает железо и улучшает его всасывание, так как в клетки слизистой оболочки кишечника поступает только **Fe²⁺**. В суточном количестве пищи обычно содержится **15 - 20** мг железа, а всасывается только около **10%** этого количества.



* Количество железа, которое всасывается в клетки слизистой оболочки кишечника, как правило, превышает потребности организма. Поступление железа из энтероцитов в кровь зависит от скорости синтеза в них белка апоферритина. Апоферритин "улавливает" железо в энтероцитах и превращается в ферритин, который остаётся в энтероцитах.

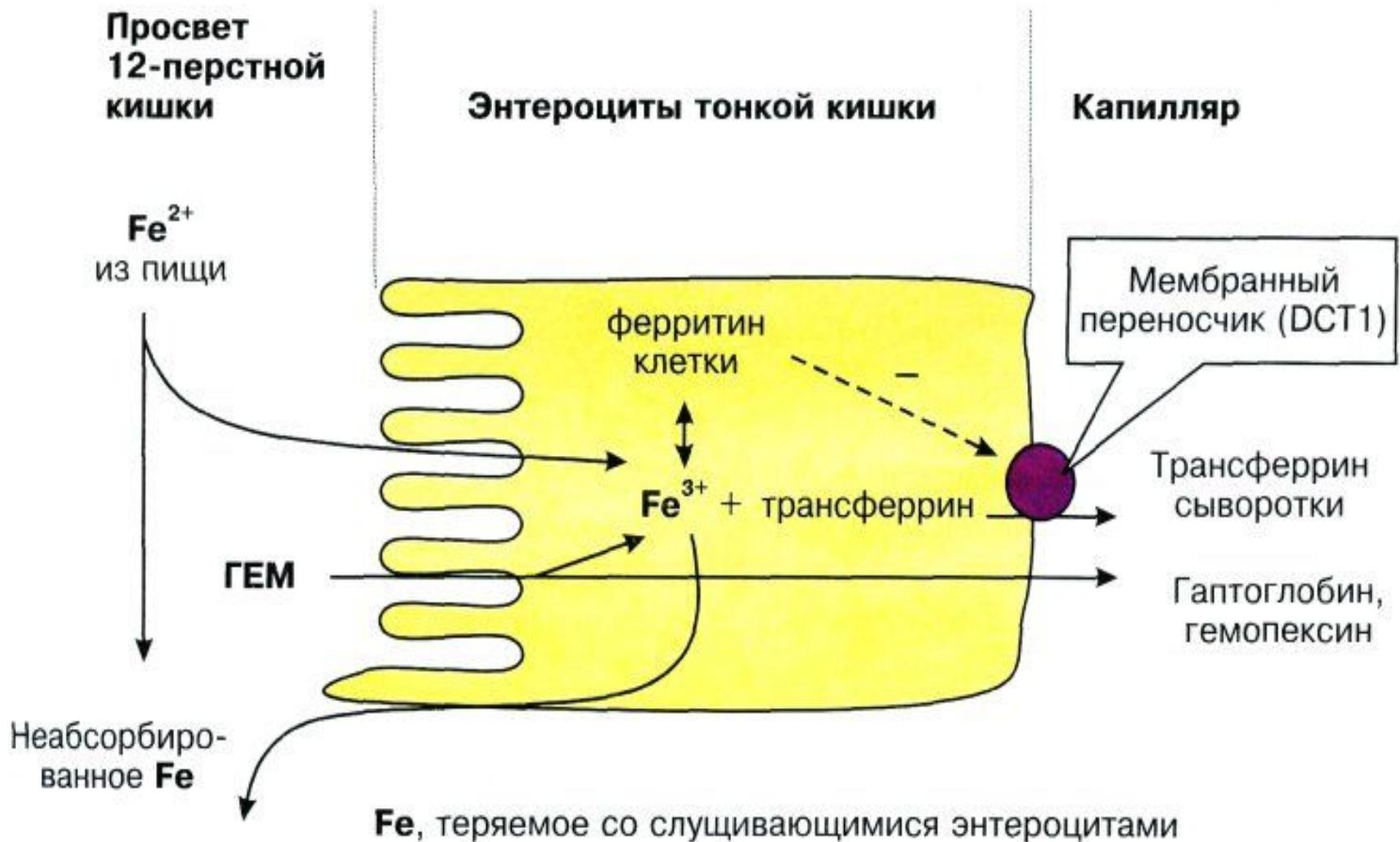


* Постоянное сдувание клеток слизистой оболочки в просвет кишечника освобождает организм от излишков поступившего железа. Таким способом снижается поступление железа в капилляры крови из клеток кишечника.



* Когда потребность в железе невелика, скорость синтеза апоферритина повышается. При недостатке железа в организме апоферритин в энтероцитах почти не синтезируется. Железо, поступающее из энтероцитов в кровь, транспортирует белок плазмы крови трансферрин

Всасывание железа





* **divalent cation transporter 1 - DCT1**

Поступление железа с пищей (10-20 мг/сут)

Всасывание в кишечнике (1-2 мг /сут)

Ферритин
кишечника

Трансферрин

5-15%

Ферритин печени
и других органов

10-20%

Другие потребности

75%

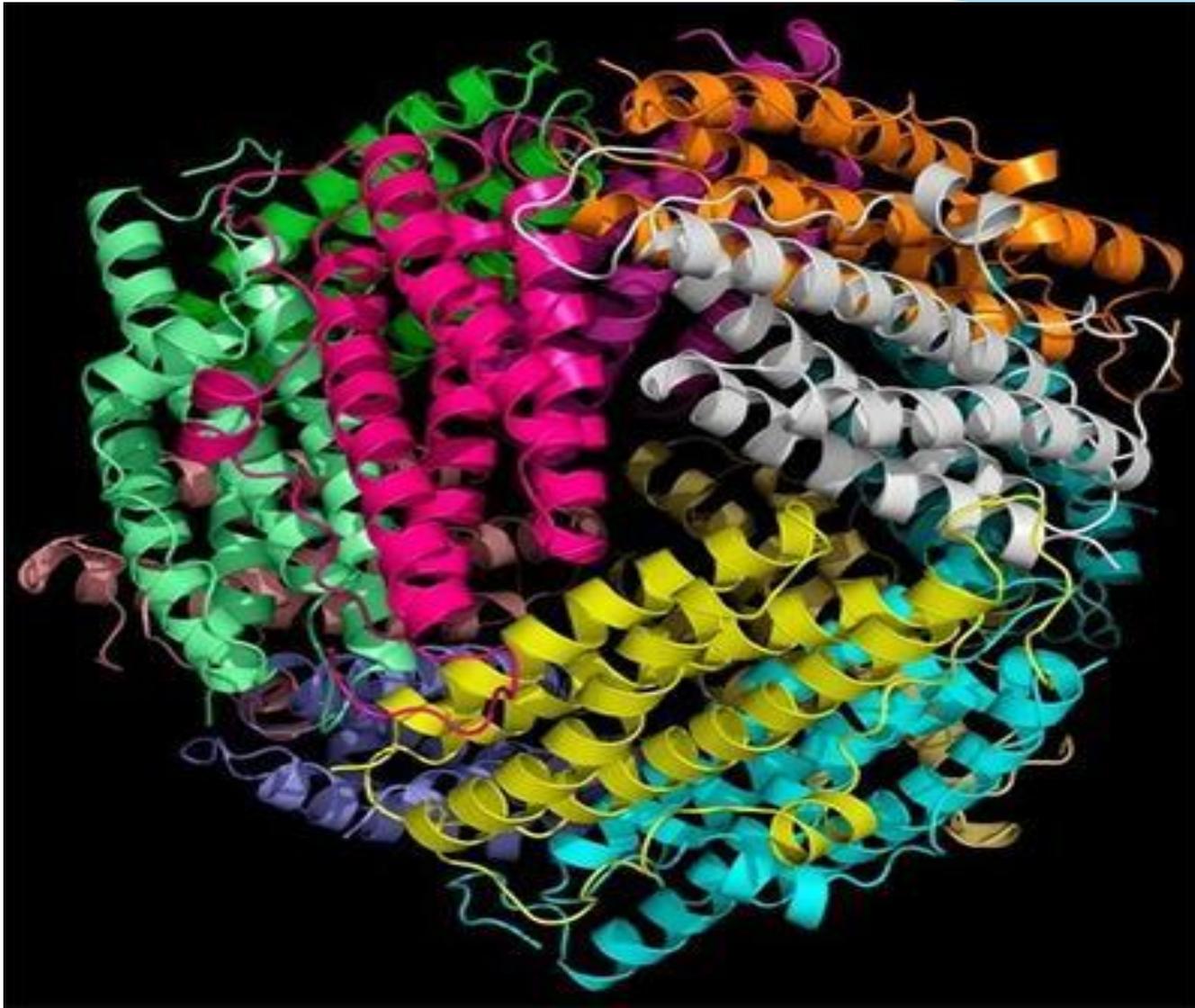
Образование гемоглобина
в костном мозге

- 
- * Трансферрин - гликопротеин, который синтезируется в печени и связывает только окисленное железо (**Fe³⁺**). Поступающее в кровь железо окисляет фермент плазмы крови церулоплазмин.
 - * Одна молекула трансферрина может связать один или два иона **Fe³⁺**. В норме трансферрин крови насыщен железом приблизительно на **33%**.

- 
- * Трансферрин поступает в клетки благодаря наличию на их плазматических мембранах белков-рецепторов, от количества которых зависит скорость поступления железа в неэритроидные клетки.
 - * Избыток железа в клетках депонирует ферритин.
 - * Синтез апоферритина и рецепторов трансферрина регулируется на уровне трансляции этих белков и зависит от содержания железа в клетке.

- * Ферритин - олигомерный белок с молекулярной массой **500** кД. Он состоит из тяжёлых и лёгких полипептидных цепей, составляющих **24** протомера.
- * Ферритин представляет собой полую сферу, внутри которой может содержаться до **4500** ионов трёхвалентного железа, но обычно содержится менее **3000**. Тяжёлые цепи ферритина окисляют **Fe²⁺** в **Fe³⁺**.
- * Железо в виде гидроксидфосфата находится в центре сферы, оболочка которой образована белковой частью молекулы.

Молекула ферритина





Железо поступает внутрь и освобождается наружу через каналы (всего каналов **6**), пронизывающие белковую оболочку апоферритина. Ферритин содержится почти во всех тканях, но в наибольшем количестве в печени, селезёнке и костном мозге.



* Поскольку поступление ферритина в кровь пропорционально его содержанию в тканях, то концентрация ферритина в крови - важный диагностический показатель запасов железа в организме при железодефицитной анемии.

Суточная потребность

- * Мужчины – **10** мг
- * Женщины детородного возраста - **20** мг
- * Беременные женщины – **40-50** мг
- * Женщины во время лактации – **30-40** мг

- * Среднее потребление железа в разных странах от **10 - 22** мг/сутки, в РФ - **17** мг/сутки.
- * Физиологическая потребность для взрослых - **10** мг/сутки (для мужчин) и **18** мг/сутки (для женщин).
- * Беременные женщины – **40-50** мг.
Физиологическая потребность детей - от **4** до **18** мг/сутки.
- * Верхний допустимый уровень не установлен.



* Железодефицитная анемия может наблюдаться при повторяющихся кровотечениях, беременности, частых родах, язвах и опухолях ЖКТ, после операций на ЖКТ

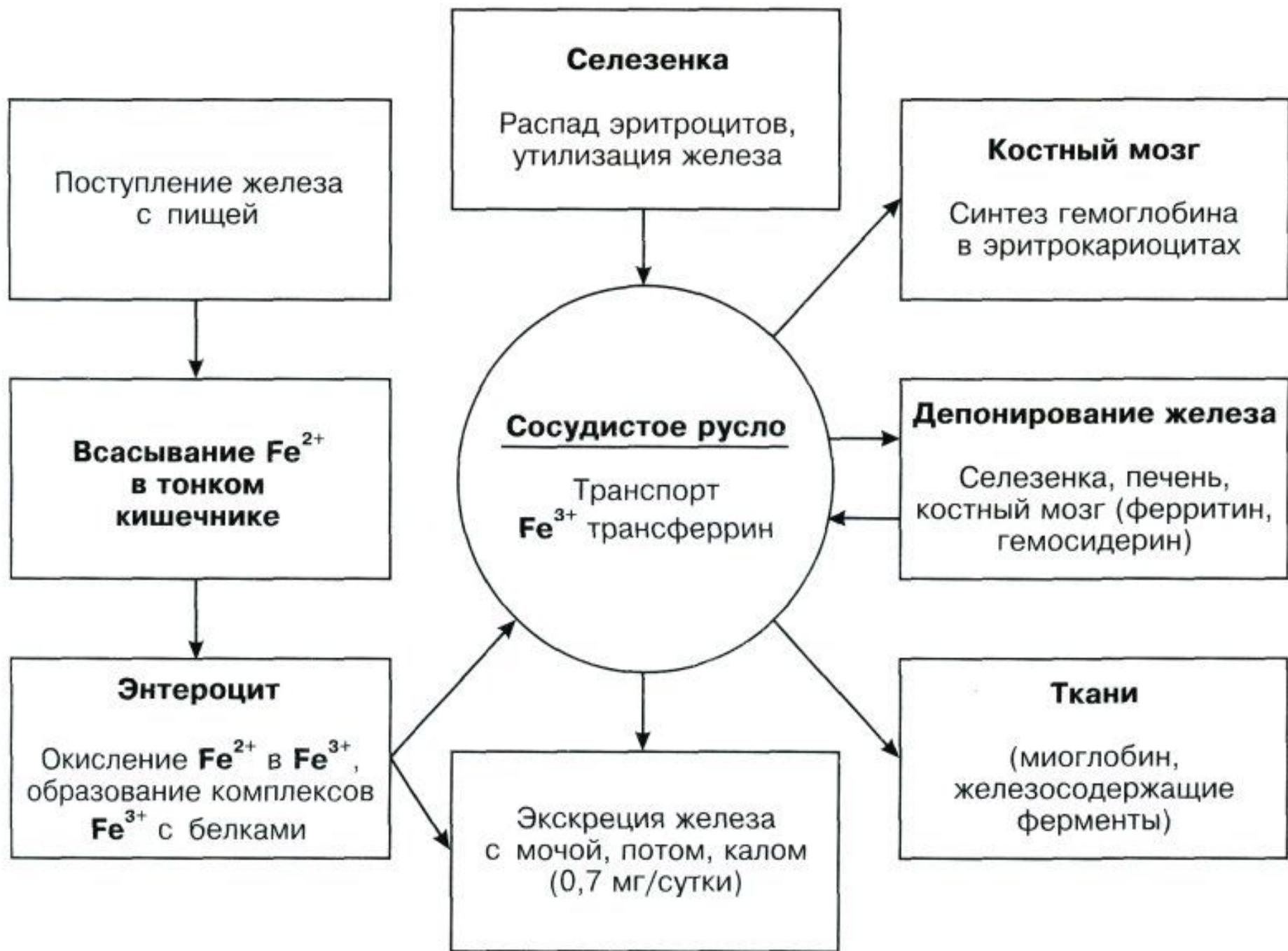
- 
- * При железодефицитной анемии уменьшается размер эритроцитов и их пигментация (гипохромные эритроциты малых размеров).
 - * В эритроцитах уменьшается содержание гемоглобина, понижается насыщение железом трансферрина, а в тканях и плазме крови снижается концентрация ферритина.



* **Гемохроматоз.** Когда количество железа в клетках превышает объём ферритинового депо, железо откладывается в белковой части молекулы ферритина. В результате образования таких аморфных отложений избыточного железа ферритин превращается в гемосидерин. Гемосидерин плохо растворим в воде и содержит до **37%** железа.

- * Накопление гранул гемосидерина в печени, поджелудочной железе, селезёнке и печени приводит к повреждению этих органов - гемохроматозу.
- * Гемохроматоз может быть обусловлен наследственным увеличением всасывания железа в кишечнике, при этом содержание железа в организме больных может достигать **100 г.**
- * Это заболевание наследуется по аутосомнорецессивному типу, причём около **0,5%** европеоидов гомозиготны по гену гемохроматоза.

- * Накопление гемосидерина в поджелудочной железе приводит к разрушению β -клеток островков Лангерганса, как следствие этого, к сахарному диабету.
- * Отложение гемосидерина в гепатоцитах вызывает цирроз печени, а в миокардиоцитах - сердечную недостаточность. Больных наследственным гемохроматозом лечат регулярными кровопусканиями.
- * К гемохроматозу могут привести частые переливания крови, в этих случаях больных лечат препаратами, связывающими железо.



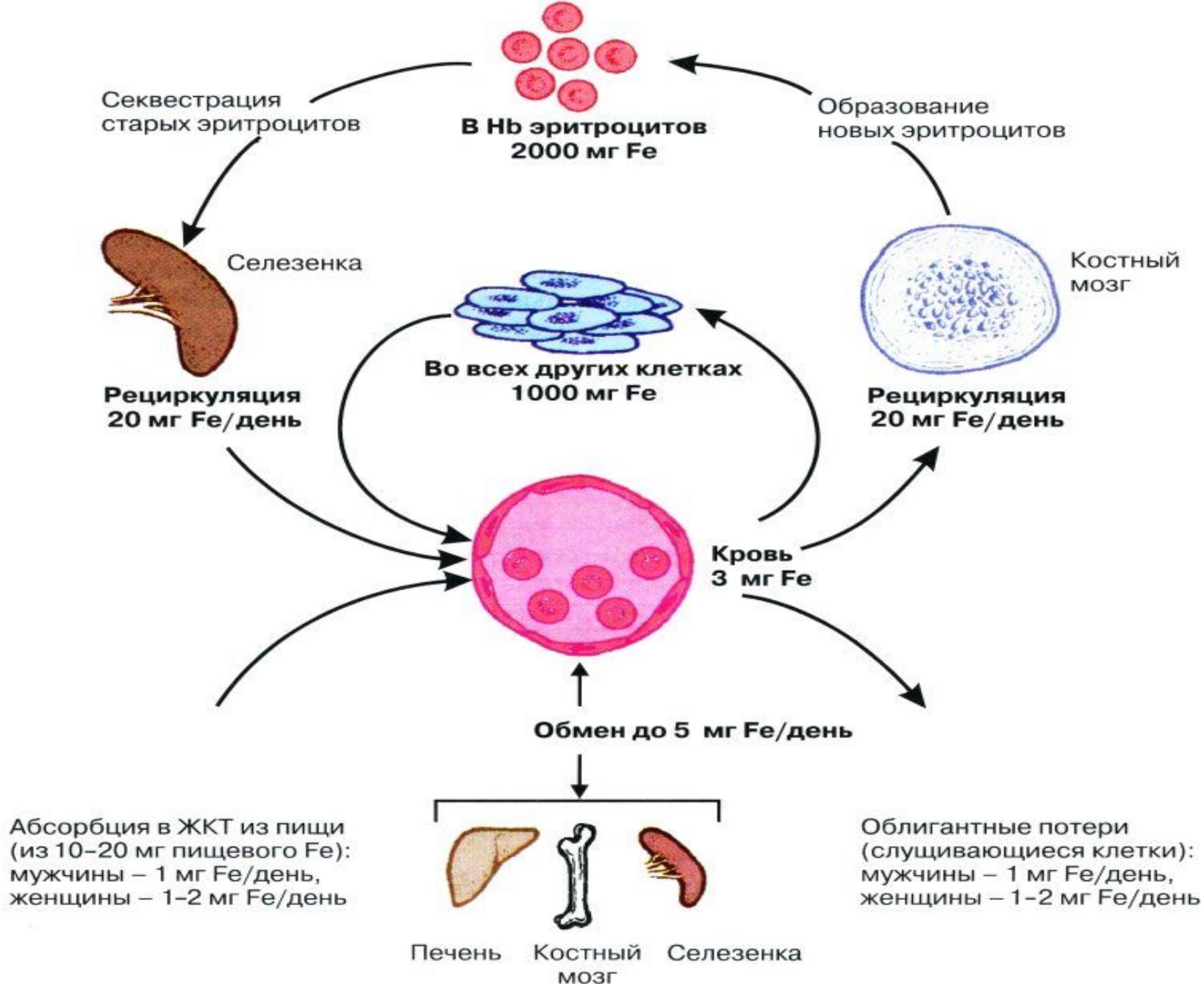


Рисунок 8. Ключевые белки при обмене железа

