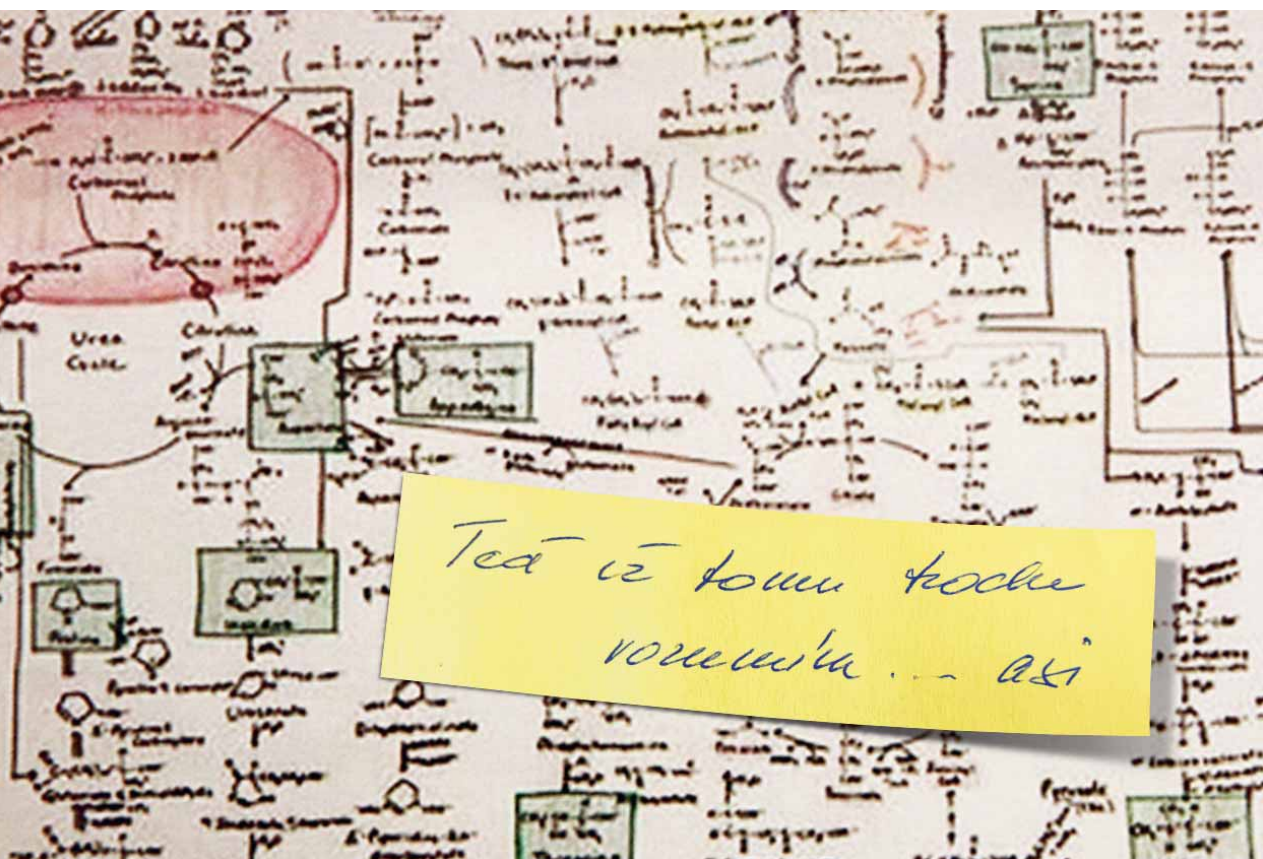


Helena Lahoda Brodská, Pavel Kohout a kolektiv

Laboratorní vyšetření v klinické praxi





WE'RE CREATING THE FUTURE OF HEALTH

One breakthrough at a time

Achieve measurably better healthcare performance with our personalized solutions consisting of our resourceful advocates, harmonized systems and intelligent insights.

www.corelab.abbott
For more information, please contact your local Abbott representative.
© 2021 Abbott. All rights reserved.

ADD-134849-EMEA-EN





Helena Lahoda Brodská, Pavel Kohout a kolektiv

Laboratorní vyšetření v klinické praxi

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

doc. MUDr. Helena Lahoda Brodská, Ph.D., doc. MUDr. Pavel Kohout, Ph.D., a kolektiv

Laboratorní vyšetření v klinické praxi

Editoři

doc. MUDr. Helena Lahoda Brodská, Ph.D.

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. MUDr. Pavel Kohout, Ph.D.

Interní klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní Thomayerovy nemocnice, Praha

Kolektiv autorů

MUDr. Václava Adámková, Ph.D.

MUDr. Kateřina Anderlová, Ph.D.

doc. MUDr. Helena Lahoda Brodská, Ph.D.

MUDr. Karin Černá

MUDr. Jan Háber

doc. MUDr. Jana Ježková, Ph.D.

MUDr. Petr Kocna, CSc.

doc. MUDr. Pavel Kohout, Ph.D.

MUDr. Miluše Kreidlová

doc. MUDr. Tomáš Kvasnička, CSc.

MUDr. Kateřina Mrázová

doc. Ing. Drahomíra Springer, Ph.D.

MUDr. Martin Špaček, Ph.D.

Recenzent

prof. MUDr. Michal Vrablík, Ph.D.

III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. lékařské fakulty a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

Autor předmluvy

prof. MUDr. Tomáš Zima, DrSc., MBA

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

Obrázky dodali autoři. Obrázky 20.1, 20.14 překreslil a upravil Jiří Hlaváček.

Tato publikace vznikla za podpory MZ ČR-RVO-VFN64165.

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

Cover Photo © prof. akad. mal. Tomáš Lahoda, 2022

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2022

© Grada Publishing, a.s., 2022

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 8693. publikaci

Šéfredaktorka lékařské literatury MUDr. Michaela Lízlerová

Jazyková korektura a redakce Mgr. Marek Chvátal

Odpovědná redaktorka BcA. Radka Jančová, DiS.

Sazba a zlom Antonín Plicka

Počet stran 384

1. vydání, Praha 2022

Vytiskla tiskárna Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.

Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.

ISBN 978-80-271-6694-7 (pdf)

ISBN 978-80-271-3243-0 (print)

Editori

doc. MUDr. Helena Lahoda Brodská, Ph.D.

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. MUDr. Pavel Kohout, Ph.D.

Interní klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní Thomayerovy
nemocnice, Praha

Kolektiv autorů

MUDr. Václava Adámková, Ph.D.

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MUDr. Kateřina Anderlová, Ph.D.

3. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. MUDr. Helena Lahoda Brodská, Ph.D.

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MUDr. Karin Černá

Klinické a výzkumné centrum pro zánětlivá střevní onemocnění,
Klinické centrum ISCARE a.s. a 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Praha

MUDr. Jan Haber, CSc.

I. interní klinika – klinika hematologie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy
a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. MUDr. Jana Ježková, Ph.D.

III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MUDr. Petr Kocna, CSc.

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. MUDr. Pavel Kohout, Ph.D.

Interní klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní Thomayerovy
nemocnice, Praha

MUDr. Miluše Kreidlová

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. MUDr. Tomáš Kvasnička, CSc.

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MUDr. Kateřina Mrázová

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. Ing. Drahomíra Springer, Ph.D.

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MUDr. Martin Špaček, Ph.D.

I. interní klinika – klinika hematologie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy
a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

Autor předmluvy

prof. MUDr. Tomáš Zima, DrSc., MBA

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

Obsah

Předmluva (<i>Tomáš Zima</i>)	13
--	----

Úvod: Význam laboratorních vyšetření, indikace, provedení (<i>Helena Lahoda Brodská, Pavel Kohout</i>)	15
--	----

PREANALYTIKA

1	Preanalytika (<i>Helena Lahoda Brodská, Kateřina Mrázová</i>)	19
1.1	Definice	19
1.2	Patofyziologie a sledované parametry	19
1.2.1	Ovlivnitelné biologické faktory	19
1.2.2	Neovlivnitelné biologické faktory	21
1.2.3	Odběr krve, moče, likvoru a dalších tělních tekutin, stolice	21
1.2.4	Uchovávání a transport materiálu	24
1.3	Limitace vyšetření	24
1.4	Interpretace, komentované nálezy	25
1.5	TOP TEN klinika	27

MARKERY, JEŽ INDIKUJEME: KTERÉ, KDY A PROČ? KOMENTOVANÉ KAZUISTIKY

2	Iontogram a acidobazická rovnováha (<i>Helena Lahoda Brodská</i>)	31
2.1	Definice a funkce	31
2.2	Patofyziologie	31
2.3	Vyšetřované parametry – základní soubor	32
2.3.1	Na, K, Cl, Ca, P, Mg – vyšetření v séru	32
2.3.2	Na, K, Cl, Ca, P, Mg – vyšetření v moči	39
2.3.3	Osmolalita	40
2.3.4	Monitorace vnitřního prostředí	41
2.4	Indikace	45
2.5	Interpretace, komentované nálezy	45
2.6	Na co pozor, co si zapamatuji	50
2.7	TOP TEN klinika	51
3	Ledviny a vyšetření moče (<i>Helena Lahoda Brodská</i>)	52
3.1	Definice a funkce	52
3.2	Patofyziologie	52
3.3	Základní vyšetřované parametry	52
3.4	Indikace	59
3.5	Interpretace, komentované nálezy	60
3.6	Na co pozor, co si zapamatuji	63
3.7	TOP TEN klinika	63

4	Vyšetření jaterních funkcí (<i>Helena Lahoda Brodská</i>)	65
4.1	Definice a funkce	65
4.2	Patofyziologie	65
4.3	Vyšetřované parametry	65
4.4	Indikace	68
4.5	Interpretace, komentované nálezy	69
4.6	Na co pozor, co si zapamatuji	73
4.7	TOP TEN klinika	74
5	Markery funkce a poškození pankreatu, vybrané diagnostické testy v gastroenterologii (<i>Helena Lahoda Brodská, Pavel Kohout, Petr Kocna</i>)	75
5.1	Definice a funkce	75
5.2	Patofyziologie	75
5.3	Základní vyšetřované parametry	75
5.4	Indikace	76
5.5	Interpretace, komentované nálezy	76
5.6	TOP TEN klinika	78
5.7	Vybrané diagnostické testy v gastroenterologii	78
5.7.1	Dechové testy, jejich princip a klinické aplikace	78
5.7.2	Analýza vzorků stolice v gastroenterologické indikaci	81
6	Kardiomarkery a markery poškození svalu (<i>Helena Lahoda Brodská</i>) ...	84
6.1	Definice a funkce	84
6.2	Patofyziologie	84
6.3	Základní vyšetřované parametry	84
6.4	Indikace	87
6.5	Interpretace, komentované nálezy	88
6.6	Na co pozor, co si zapamatuji	93
6.7	TOP TEN klinika	94
7	Metabolický soubor (<i>Helena Lahoda Brodská</i>)	95
7.1	Definice a funkce	95
7.2	Patofyziologie	95
7.3	Vyšetřované parametry	95
7.4	Indikace	101
7.5	Interpretace, komentované nálezy	101
7.6	TOP TEN klinika	103
8	Bílkoviny krevního séra (<i>Helena Lahoda Brodská</i>)	104
8.1	Definice a funkce	104
8.2	Patofyziologie	104
8.3	Základní vyšetřované parametry	104
8.4	Indikace vyšetření bílkovin v krvi	111
8.5	Interpretace, komentované nálezy	111

8.6	Vyšetření nutričního stavu, monitorace pacienta na umělé výživě	116
8.7	TOP TEN klinika	119
9	Markery zánětu (Helena Lahoda Brodská, Karin Černá)	120
9.1	Definice a funkce	120
9.2	Patofyziologie	120
9.3	Základní vyšetřované parametry	120
9.4	Indikace	130
9.5	Interpretace, komentované nálezy	130
9.6	Co je důležité, co si zapamatuji	133
9.7	TOP TEN klinika	134
10	Výpověď rutinního krevního obrazu a jak potom dál (Jan Haber)	135
10.1	Definice a funkce	135
10.2	Patofyziologie – krevní obraz, základní hodnocení	135
10.3	Základní vyšetřované parametry	136
10.4	Indikace	136
10.5	Interpretace výsledků KO	136
	10.5.1 Bílý krevní obraz	136
	10.5.2 Červený krevní obraz	142
10.6	Co je důležité, co si zapamatuji	146
10.7	TOP TEN klinika	147
11	Základní vyšetření hemostázy (Martin Špaček)	148
11.1	Definice a funkce	148
11.2	Patofyziologie	148
11.3	Základní vyšetřované parametry	149
11.4	Indikace	151
11.5	Interpretace	152
11.6	TOP TEN klinika	153
12	Trombofilní stavy, molekulární diagnostika (Tomáš Kvasnička)	154
12.1	Definice a funkce	154
12.2	Patofyziologie	154
12.3	Základní vyšetřované parametry	155
12.4	Indikace	155
12.5	Interpretace, komentované nálezy	156
12.6	TOP TEN klinika	158
13	Mikronutrienty (Helena Lahoda Brodská, Pavel Kohout)	159
13.1	Definice a funkce	159
13.2	Patofyziologie	159
13.3	Mikronutrienty v klinické praxi	161
13.4	Vyšetřované parametry – základní soubor	163
13.5	Indikace	166

13.6	Interpretace, komentované nálezy	167
13.6.1	Covid-19 a mikronutrienty	168
13.7	TOP TEN klinika	169
14	Hormonální systém (<i>Jana Ježková, Drahomíra Springer, Kateřina Anderlová</i>)	170
14.1	Hypothalamus	171
14.2	Hypofýza – přední lalok	171
14.2.1	Hypopituitarismus	175
14.3	Hypofýza – zadní lalok	175
14.3.1	Diabetes insipidus (DI)	175
14.3.2	Syndrom nepřiměřené sekrece antidiuretického hormonu (SIADH)	176
14.4	Štítná žláza	176
14.4.1	Podezření na tyreopatii	176
14.4.2	Záněty štítné žlázy	180
14.4.3	Těhotenství a štítná žláza	180
14.5	Příštítná tělíska	181
14.6	Kůra nadledvin	182
14.7	Dřeň nadledvin	185
14.7.1	Feochromocytom a paragangliom	185
14.7.2	Diabetes mellitus	186
14.8	TOP TEN klinika	192
15	Markery nádorových onemocnění (<i>Drahomíra Springer</i>)	193
15.1	Definice a funkce	193
15.2	Patofyziologie	193
15.2.1	Limitace využití nádorových markerů	193
15.2.2	Screening a primární diagnostika	193
15.3	Základní vyšetřované parametry	194
15.4	Indikace	195
15.4.1	Preanalytika	196
15.4.2	Analytika	196
15.5	Interpretace, komentované nálezy	197
15.5.1	Metody budoucnosti	198
15.5.2	Programy onkologické prevence	199
15.6	Na co pozor, co si zapamatuji	200
15.7	TOP TEN klinika	200
16	Imunologická a alergologická laboratorní vyšetření (<i>Karin Černá</i>)	201
16.1	Vyšetření humorální imunity	201
16.1.1	Imunoglobuliny	201
16.1.2	Kvalitativní vyšetření imunoglobulinů – klonalita, specificita, kryoglobulinemie	207
16.1.3	Komplement	210
16.1.4	Cirkulující imunokomplexy	217

16.1.5	Autoprotilátky	218
16.1.6	Alergie a alergený	237
16.2	Vyšetření buněčné imunity	242
16.2.1	Imunofenotypizace lymfocytů	242
16.2.2	Funkční testy lymfocytů	245
16.2.3	Fagocytární aktivita neutrofilů	247
16.3	TOP TEN klinika	249
17	Základní vyšetření v klinické mikrobiologii, interpretace nálezů (Václava Adámková)	250
17.1	Odběr materiálu	250
17.2	Anamnéza	250
17.3	Indikace, riziko a účelnost mikrobiologického vyšetření	251
17.4	Metody mikrobiologického průkazu infekčního agens, interpretace výsledků a testy citlivosti na antimikrobní látky	251
17.4.1	Mikroskopický průkaz	251
17.4.2	Kultivace a testování citlivosti na ATB (MIC, MBC)	251
17.4.3	Průkaz antigenu	254
17.4.4	Molekulárněgenetické vyšetření	255
17.5	Co lze na žádance zaškrtnout	257
17.6	Principy antibiotické terapie	273
17.6.1	Farmakokinetické a farmakodynamické parametry antibiotické terapie	274
17.6.2	PK/PD změny u kriticky nemocných pacientů	277
17.6.3	Strategie vedoucí k optimalizaci dávkování antibiotik	278
17.6.4	Rezistence bakterií k antibiotikům	278
17.7	TOP TEN klinika	279
18	Antibiotický stewardship (ABS) (Václava Adámková)	281
18.1	Nemocniční „alert“ systém a antibiotický stewardship	283
18.2	Pro praxi	284
18.2.1	Asymptomatická bakteriurie	284
18.2.2	Interpretace screeningových nálezů	285
18.2.3	Lze odlišit kolonizaci od kontaminace či signifikantního patogenu?	288
18.3	TOP TEN klinika	289
19	Indikace a interpretace sérologického vyšetření infekčních onemocnění (Miluše Kreidlová)	290
19.1	Nejen sérologie	290
19.2	Co z fyziologie je dobré mít na paměti	290
19.3	Několik dalších laboratorních pojmů na vysvětlení	292
19.4	Indikace	293
19.5	Diagnostika vybraných infekčních onemocnění	294
19.5.1	Syfilis	294
19.5.2	Infekce virem lidské imunodeficiencie (HIV)	295

19.5.3	Virové hepatitidy	297
19.5.4	Infekce herpetickými viry	302
19.5.5	Toxoplazmóza	307
19.5.6	Lymeská borelióza (LB)	308
19.5.7	Klíšťová meningoencefalitida (MEK)	309
19.5.8	Respirační infekce	310
19.6	Na co pozor a co je dobré	315
20	Vyšetření dalších tělních tekutin (<i>Kateřina Mrázová, Helena Lahoda Brodská</i>)	318
20.1	Vyšetření likvoru	318
20.1.1	Definice a funkce	318
20.1.2	Patofyziologie	319
20.1.3	Základní vyšetřované parametry	320
20.1.4	Cytologie likvoru	326
20.1.5	Indikace	329
20.1.6	Interpretace, komentované nálezy	330
20.1.7	Na co pozor, co si zapamatuji	334
20.2	Vyšetření sklivce	335
20.3	Vyšetření tekutin třetího prostoru	337
	Přílohy	338
	Literatura aneb Kde to najdu podrobněji	357
	Doporučení odborných společností	362
	Zkratky	365
	Souhrn	375
	Summary	377
	Rejstřík	379

TOP TEN(y) klinika v uvedených kapitolách zpracoval doc. MUDr. Pavel Kohout, Ph.D.

Předmluva

Vážené kolegyně, vážení kolegové,

dostává se vám do rukou kniha *Laboratorní vyšetření v klinické praxi*, kterou připravil kolektiv autorů z různých oblastí laboratorní medicíny – klinické biochemie, hematologie, mikrobiologie, sérologie a imunologie pod vedením Heleny Lahoda Brodské a Pavla Kohouta. Autoři mají bohaté zkušenosti z každodenní klinické a laboratorní praxe a velmi přehledným způsobem informují o správné indikaci laboratorních parametrů a zejména o jejich interpretaci v různých klinických situacích. Bohatá obrazová dokumentace, schémata a tabulky umožňují čtenářům velmi dobře pochopit studovanou problematiku. Algoritmy vyšetření jsou přehledně zpracovány do grafů a schémat, které umožňují rychlou orientaci čtenáře. U každé kapitoly jsou uvedeny kazuistiky, které text obohacují. Velmi přínosná je „TOP TEN klinika“, shrnující nejdůležitější poznatky.

Chci poděkovat autorům za vytvoření zajímavého a potřebného díla pro každodenní lékařskou praxi ve všech oborech, na kterém oceňuji přehlednost a didaktický přístup.

Čtenářům přeji, ať jim kniha pomáhá v jejich diagnostické rozvaze, správné indikaci a interpretaci laboratorních vyšetření, které jsou významné pro stanovení diagnózy, sledování průběhu léčby či prognózu pacienta. Přeji čtenářům, aby se k této monografii často vraceli a nacházeli v ní zdroj poznání a poučení.

Praha, říjen 2022

Tomáš Zima

Úvod: Význam laboratorních vyšetření, indikace, provedení

Laboratorní vyšetření se s rozvojem nových analytických postupů stalo v posledních dekádách nedílnou součástí diagnostického procesu i procesu monitorace průběhu onemocnění a úspěšnosti léčby. Na výsledcích laboratorních testů je založeno několik screeningových programů, obecných léčebných postupů. Po zhodnocení výsledků a zvážení jejich závažnosti zahajujeme, měníme, případně ukončujeme specifickou, cílenou terapii. V nemocnicích má výsledek laboratorního vyšetření vliv na 70–80 % lékařských rozhodnutí, současně tato vyšetření prezentují 3–5 % celkových výdajů. Není tedy překvapivé, že počet indikací laboratorních vyšetření má vzestupnou tendenci.

Při indikaci jakéhokoli laboratorního vyšetření by měl vždy lékař vědět, které vyšetření zvolí a proč, jak široká bude monitorace a s jakou frekvencí. Znalost patofyziologie jednotlivých laboratorních markerů, jejich limitace spolu s klinickým kontextem umožní správnou interpretaci, a tedy včasnou diagnostiku s adekvátní terapií.

Jakkoli je klinik přímo závislý na laboratorních vyšetřeních pacienta, jeho zájem o ně kolísá, a to od naprostého nezájmu přes opatrný zájem a praktickou neznalost (lékař po nástupu do praxe), děs (při referování na velké vizitě či při nástupu na jednotku intenzivní péče nebo do prvních samostatných služeb) až po přeceňování (maximalistický interní screening či alibistické ordinace při tápání v klinické diagnostice). Komunikace s lékařem v laboratoři, ať již formou pravidelných vizit, či telefonických konzilií, může být velkým přínosem.

Ze spolupráce klinického biochemika a internisty vznikl nápad na tuto publikaci a postupně se přidávaly laboratorní odbornosti tak, jak to současná medicína žádá.

Publikace kolektivu autorů různých odborností laboratorní, ale i klinické medicíny by měla poskytnout přehled nejčastěji indikovaných laboratorních markerů, jejich patofyziologické konsekvence a klinickou interpretaci, tedy tak trochu návod, jak rozumět laboratorním výsledkům. Pro názornost je v každé kapitole několik komentovaných kazuistik. TOP TEN klinika by měla zahrnovat nejdůležitější postřehy klinického lékaře k danému tématu, jichž nemusí být vždy nutně 10.

Tento paperback určitě nemá nahrazovat obsáhlé lékařské publikace, mohl by ale být jistým doplněním – minimalistickým pohledem na laboratorní vyšetření v klinické praxi.

Publikace je určena široké, především klinické lékařské obci napříč odbornostmi. Může být přínosem pro pregraduální i postgraduální studium.

Příjemné čtení!

Helena Lahoda Brodská a Pavel Kohout

P. S. Při psaní této knihy jsem se dobře bavil při vzpomínkách, jakými etapami náhledu na laboratorní vyšetření jsem sám procházel, kdo z mých učitelů a přátel a jak mě v tomto pohledu ovlivnil – a při představě, jak toto dílko přijmou potenciální čtenáři.

Pavel Kohout

PREANALYTIKA

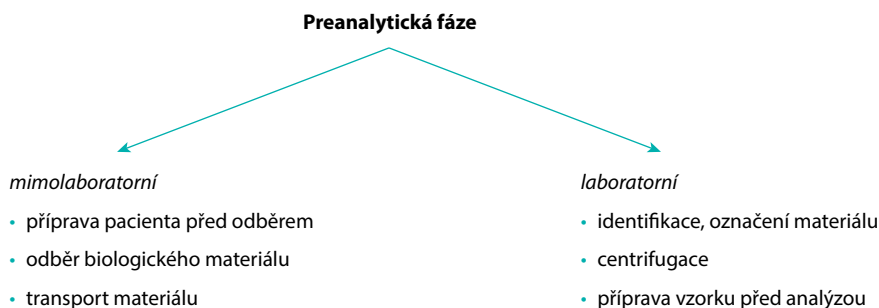
1 Preanalytika

Helena Lahoda Brodská, Kateřina Mrázová

1.1 Definice

Proces získávání laboratorních dat má tři fáze. První je **preanalytická část (obr. 1.1)**, samotné měření analytů probíhá v **části analytické**, vyhodnocení nálezu v interakci s indikujícím klinikem a případně navržení dalšího vyšetřovacího postupu nazýváme **postanalytická fáze**.

V preanalytické fázi vyšetření může klinický lékař, sestra, ale i sám pacient nejvíce ovlivnit hodnotu vyšetření, také zde vzniká až 65 % chyb.



Obr. 1.1 Schéma preanalytické fáze

1.2 Patofyziologie a sledované parametry

V mimolaboratorní části preanalytické fáze zohledňujeme parametry, které mají významný vliv na konečný výsledek. Mezi tyto parametry řadíme **ovlivnitelné biologické faktory** – stravovací návyky, stav hydratace, kouření, abúzus alkoholu a léků, ale též fyzickou aktivitu, mechanické trauma a faktory zevního prostředí, a dále **neovlivnitelné biologické faktory** – viz níže.

1.2.1 Ovlivnitelné biologické faktory

Strava bohatá na bílkoviny zvyšuje celkovou bílkovinu, albumin, ale i metabolity proteinu, tedy ureu, fosfáty, amoniak a kyselinu močovou. **Strava bohatá na cukry** zvyšuje nároky na metabolizaci glukózy, tedy na vyplavení inzulínu, a také dostatečné zásoby iontů a mikronutrientů potřebných k metabolizaci glukózy (kalium, fosfát, Mg, thiamin a další); sekundárním efektem je vyčerpání zásob, hyperglykemie a deplece zmíněných minerálů a mikronutrientů s klinickými následky. Při požití **stravy bohaté na tuky** je častý nález chylózního séra (plazmy), což je limitující pro stanovení řady analytů (triacylglyceroly, AST, ALT, bilirubin, fosfáty, vápník, cholesterol atd.).

Prodloužené lačnění až hladovění snižuje aktivitu inzulinu, koncentraci cholesterolu a triacylglycerolů, zvyšuje koncentraci β -hydroxybutyrátu, volných mastných kyselin. Prodloužené lačnění zkresluje také výsledky oGTT, močí se vylučují ketolátky, pH moče se mění na alkalické. Při adaptaci na hladovění vzniká chronická malnutrice, zde pak při nutriční intervenci pozor na refeeding syndrom (viz kap. 2). **Vegetariáni a vegani** mohou mít nízký cholesterol, poklesy stopových prvků, vitamínu B₁₂, železa, urey a alkalické pH moči.

Samotné **nedodržení 10–12 hodin lačnění před odběrem** a skladba potravy může významně ovlivnit laboratorní nález: zvyšuje se cholesterol, triacylglyceroly, glukóza, kyselina močová, urea, ALT, draslík, sodík (odchylka může být 5–20 % od standardního nálezu), sérum (plazma) je často chylózní.

Kofein zvyšuje hladinu katecholaminů, neesterifikovaných mastných kyselin a glykemie (pozor na kávu před ranním odběrem!). **Kouření** způsobuje okamžité (zvýšení glykemie, aldosteronu, kortizolu) a chronické (zvýšení některých tumorových markerů, např. CEA) změny. Podobně je to u **alkoholu**, kde k okamžitým změnám patří hyperosmolalita, dehydratace, následně pak různé projevy intoxikace – hypoglykemie, hypokalemie, laktátová acidóza, elevace aminotransferáz a GGT, chronické změny jsou spojeny s poškozením jater, tj. hypoproteinemie, koagulopatie, zvýšení MCV, elevace jaterních enzymů, GGT, poškození renálních funkcí, minerálový rozvrat, deficit mikronutrientů, laktátová acidóza. U **návykových látek** je důležité, o jaký typ jde. Halucinogenní (LSD, THC), sedativní (barbituráty, opiáty) či sympatomimeticky působící drogy (pervitin, heroin) mají asi nejbohatší laboratorní nález, mohou způsobit mj. život ohrožující rabdomyolýzu.

Stav hydratace ovlivní koncentraci mnoha parametrů, nejmarkantnější je to u celkové bílkoviny, urey, hematokritu.

Vliv **podávané medikace** je třeba zohlednit. Jednak monitorujeme přímo hladiny vybraných léčiv (digoxin, gentamicin, metotrexát, aminofylin a další), současně je třeba monitorovat případný vliv na koncentraci iontů (diuretika, digoxin), stav renálních (diuretika, digoxin, ATB – gentamicin) a jaterních (ATB – Amoksiklav, statiny) funkcí a lipidového spektra (betablokátory). U predisponovaných osob při terapii statiny sledujeme parametry případné rabdomyolýzy.

Po **fyzické zátěži** může stoupat hladina CK, myoglobinu, známá je také elevace jaterních testů přetrvávající až týden po výkonu. Bohatší laboratorní nález vidáme u maratonských běžců – často změny v mineralogramu, vyšší urea, CK, myoglobin, AST, LD a někdy i výrazná hyperlaktatemie. **Mechanické trauma**, nejčastěji svalové včetně intramuskulární injekce, může zvýšit AST, CK a koncentraci myoglobinu. Další diagnostické a terapeutické invaze (punkce, biopsie, ERCP, ozařování, dialýza) vedou k pozorovatelným změnám v laboratorním obraze. Při chlopenních náhradách jsou mechanicky poškozovány erytrocyty, což vede k jejich poškození a mírné hemolýze, která se projeví také změnou koncentrace haptoglobinu, případně elevací LDH. Zvýšené hodnoty PSA lze zachytit po vyšetření prostaty či po jízdě na kole. **Vnější vlivy prostředí** se týkají zejména nadmořské výšky, při samotném odběru pak u predisponovaných osob okolní teploty (viz dále).

1.2.2 Neovlivnitelné biologické faktory

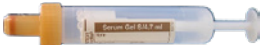
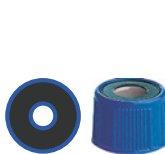
Mezi neovlivnitelné biologické faktory patří **věk pacienta, pohlaví, rasa, biologické rytmy, gravidita**. Při interpretaci hladin jednotlivých markerů jsou tyto parametry zohledněny vytvořením různých referenčních rozmezí. Věk vyšetřovaného hraje významnou roli (například u ALP, kde u dětí z důvodu růstu jsou hladiny výrazně vyšší, naopak u kreatininu vzhledem k menší svalové hmotě výrazně nižší), řada parametrů má referenční rozmezí různá nejen pro věk, ale i pohlaví (pohlavní hormony, krea, CK, urea, AST a další). Rozdíl z hlediska rasy je popisován u CK (kreatinkinázy), která má vyšší aktivitu u černošské populace. Cirkadiánní rytmy se též uplatňují při interpretaci nálezu a u některých hormonů je denní amplituda více než 200 % (ACTH, kortizol, testosteron, somatotropin, renin, adrenalin, prolaktin). U některých analytů lze zaznamenat též sezonní amplitudu (vitamin D se v létě zvyšuje, trijodtyronin se v létě snižuje). **Těhotenství** zohledňujeme při interpretaci hladin pohlavních hormonů, hladin β -hCG, urey, ale i markerů zánětu (sedimentace erytrocytů, CRP).

1.2.3 Odběr krve, moče, likvoru a dalších tělních tekutin, stolice

Odběr krve provádíme standardně **ze žíly**, v optimálních podmínkách ráno, nalačno (10–12 hodin lačnění), po dostatečné hydrataci (2–3 dcl vody, neslazeného čaje) u pacienta, který je v klidu, sedí, případně leží a neměl den před odběrem nějaký extrémní výkon. Nepoužíváme paži, kde jsou výrazné jizvy, hematomy, je zavedena infuze či ruka je nějakým způsobem deformována (např. lymfedém). Po založení turniketu se nemá paži „pumpovat“ a ani nemá být dlouho zaškrcena (změny analytů až o 10 % – AST, CK, ALT, bilirubin, albumin, cholesterol, glukóza, kalium). Adekvátně širokou jehlou asepticky provedeme odběr. Nedostatečné osušení dezinfekce může způsobit hemolýzu. Při odběru krve z centrálního katétru nebo z portu je třeba odtáhnout 5–10 ml krve před samotným odběrem do zkumavek. Kontaminace infuzním roztokem je velice častá.

Kapilární krev (nejčastěji vyšetření glykemie) je třeba odebírat z dostatečně prokrvených prstů (ke zvýšení prokrvení používáme teplý vlhký obklad). **Arteriální krev** (nejčastěji na vyšetření ABR) se odebírá do speciálních stříkaček vysycených heparinem lithným. Odběr se provádí z a. radialis či z a. femoralis, následuje tlakový obvaz a kontrola místa vpichu

Krev se odebírá do **různých typů zkumavek (obr. 1.2)** buď bez, anebo s antikoagulačními látkami, které kromě zabránění srážení někdy též slouží jako stabilizátory (např. NaF – vyšetření glukózy). Pro určitá vyšetření je nutné zvolit jen zcela určitý typ zkumavky (KO + dif-K₃EDTA), pro jiné je možná varianta buď s antikoagulanty (po centrifugaci získáme plazmu), nebo bez nich (po centrifugaci získáme sérum). Pro některé analyty je možnost stanovení z obou materiálů. Často jsou ve zkumavkách gely, které oddělují krevní koláč od séra či plazmy. V případě, že vyšetřujeme sérum, je nutné nechat krev 15–20 minut srazit ve zkumavce na místě odběru a potom teprve transportovat, jinak je nebezpečí vzniku hemolýzy. Detailní postup, do jakých zkumavek se provede náběr na dané vyšetření, má vypracovaný každá laboratoř. Liší se pouze ve zvyklostech stanovení v dané laboratoři (odebíraných diagnostických setů).

Odběrové systémy	VACUTAINER	SARSTEDT	VACUETTE
SÉRUM S GELEM			
SÉRUM BEZ GELU			
K ₂ nebo K ₃ EDTA			
CITRÁT SODNÝ (koagulace)			
PLAZMA S GELEM lithium heparin			
PLAZMA BEZ GELU lithium heparin			
NaF nebo fluorid/oxalát + (K ₃ EDTA) (glukóza, laktát)			
Stopové prvky K ₂ EDTA lithium heparin nebo bez aditiv			

Obr. 1.2 Odběrové systémy (zdroj: archiv autorek za použití firemních webstránek BD diagnostics, Sarstedt a Dialab)

Speciální odběry: Vleže odebíráme krev na vyšetření metanefrinů, před odběrem na BNP se doporučuje 20 minut v klidu sedět. Při vyšetření kryoproteinů (bílkoviny precipitující při teplotě pod 37 °C) je třeba zahřát končetinu nad 37 °C a odebírat krev za přístupu horkého vzduchu. U odběru na alkohol nepoužívat dezinfekci obsahující alkohol! Odběr na laktát bez použití turniketu.

Při odběru krve na více vyšetření (do vícero zkumavek) je třeba dodržet postup odběru kvůli možné kontaminaci:

1. zkumavky pro hemokulturu (aerobní, anaerobní a mykologické)
2. zkumavky bez přísad (zlatý nebo červený uzávěr)
3. zkumavky s přísadami pro hemokoagulaci (se světlemodrým uzávěrem)
4. a dále zkumavky s přísadami



1.



2.



3.



4.

Odběr moče: Na vyšetření chemické a močového sedimentu se odebírá 10 ml první ranní moče. Měl by být odebrán střední proud moče. Na mikroskopické vyšetření moče (močového sedimentu) je třeba vzorek doručit do laboratoře maximálně do 1 hodiny po vymočení. Celkové množství moče ze sběru za 8, 12 a 24 hodin se změří, zaznamená, celé množství moče se důkladně promíchá a do laboratoře se odesílá vzorek 10 ml s potřebnými údaji k výpočtům (celkové množství, doba sběru, váha, výška). Vyšetření erytrocytů v moči ve fázovém kontrastu se provádí z čerstvě vymočené moči.

Odběr likvoru a dalších tělních tekutin (výpotky, synoviální tekutina) – viz kap. 20.

Odběr stolice, respektive množství a médium, do kterého se odebírá, záleží na typu požadovaného vyšetření. Např. pro sérologické stanovení antigenů je požadováno množství 1 cm³ v plastové zkumavce s uzávěrem, při požadavku na vyšetření fekálního kalprotektinu či detekci krve ve stolici jsou dostupné speciální odběrové kazety.

Tab. 1.1 Požadovaná množství biologického materiálu na vyšetření

Skupina	Množství	Typ zkumavky (aditivum)
KO + dif – novorozenci	250 µl	mikrozkumavka s EDTA
koagulace – novorozenci	500 µl	mikrozkumavka Na-citrát
ASTRUP + ionty, glukóza, laktát, HB, frakce, bili – novorozenci	140 µl (80, 110 µl)	kapilára (stříkačka) Li-heparin
základní biochemie – novorozenci	1 ml	speciální zkumavky
KO + dif dospělí	2–3 ml	EDTA
koagulace, základ, koagulace velká (D-dimery, ATIII)	2–5 ml	Na-citrát
základní biochemie, rozšířená + TU markery	5–10 ml	bez aditiv (sérum) + Li heparin (plazma)

ASTRUP – vyšetření krevních plynů a vnitřního prostředí dle Astrupa, ATIII – antitrombin III, EDTA – kyselina ethylendiamintetraoctová, KO – krevní obraz, TU – tumor.

Požadavky na odběry alergologie, imunologie, sérologie, mikrobiologie a cyto-genetika – viz příslušné kapitoly.

1.2.4 Uchovávání a transport materiálu

Vzorek po odběru (**tab. 1.1**) má být co nejdříve dopraven do laboratoře – sledujeme TAT (turn around time), čas od přijetí vzorku do laboratoře do uvolnění výsledku. Dle požadovaného vyšetření se sledují a vyhodnocují stability jednotlivých analytů. Při nedodržení času může dojít ke znehodnocení vzorku (hemolýzou). U analytů, kde dochází k degradaci **slunečním osvitem** (bilirubin, vitamin B₁₂, kys. listová, vitaminy A, E, D, β-karoten, porfyriny), transportujeme biologický materiál v neprůsvitných obalech. Při vyšetření parametrů (amoniak, ABR, homocystein, ACTH, metanefriny) se vzorek musí transportovat **na ledu** a po doručení do laboratoře okamžitě zpracovat; zde je potřeba zdůraznit, že vzorek musí nejprve zchladnout na teplotu v místnosti, poté se dá na ledovou tříšť, nesmí zmraznout – nebezpečí hemolýzy! **Bezprostředně po odběru** (likvor), do 30 minut (ACP, ACPP) a nejpozději **do 1 hodiny** se musí zpracovat vzorek při stanovení vitamínu C, NSE.

Není-li možné vzorek doručit ihned (externí lokality), lze vzorek zcentrifugovat, oddělit krevní koláč od séra (plazmy) a tu pak zmrazit na –20 až –80 °C po delší dobu. V laboratoři při skladování je důležité zabránit odparu vzorku a při uchovávání v mrazáku sledovat stálost teploty.

Pro vyšetřování dalších vzorků, jako jsou moč, stolice, mozkomíšní mok, další tělní tekutina a zejména vzorky pro mikrobiologická vyšetření, platí specifická pravidla.

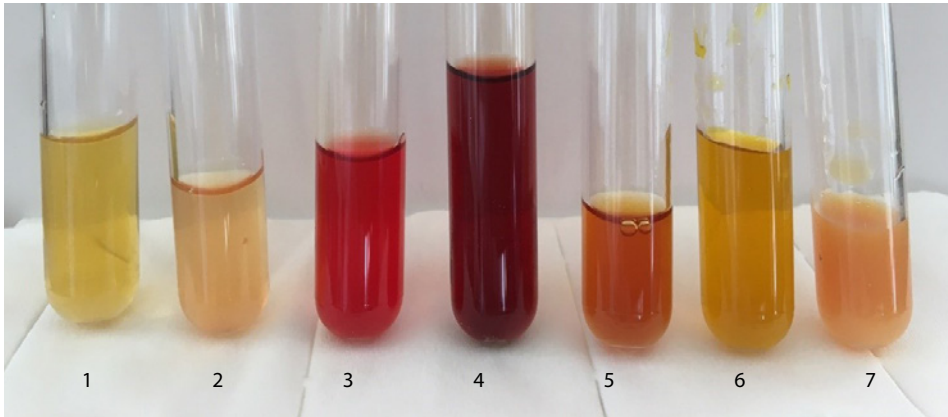
1.3 Limitace vyšetření

Hemolýza intravaskulární (hemolytické anemie...) může způsobovat až „lakový vzhled“ séra (plazmy). Arteficiální hemolýza je způsobena nedodržením správné preanalytiky (kontaminace dezinfekcí, úzká jehla, nevhodná manipulace se vzorkem – protřepávání, uskladnění v lednici, prodloužení doby dodání vzorku do laboratoře). Oba typy hemolýzy jsou limitující pro stanovení řady parametrů (K, AST, LD, bili konj., Fe...). Pozor u hematologických pacientů s extrémní leukocytózou (také trombocytózou) – při transportu poštou dochází k poškození nezralých křehkých elementů a vyplavení intracelulárního obsahu, zjišťujeme tak pseudohyperkalemii, ve vzhledu séra (plazmy) nevidíme hemolýzu, spíše náznak odstínu klaretu.

Iktéria vzniká přítomností vyšší koncentrace bilirubinu nad referenční mez v krvi. Při definovaných hodnotách pro jednotlivá vyšetření by mohlo dojít ke zkreslení výsledku, proto se vyšetření ruší (kreatinin, CRP...).

Chylozita je způsobena přítomností lipidových složek v krvi ve větší koncentraci, většinou ve formě chylomikrů. Silně chylózní krev lze čerit, poté pro získání správných hodnot analytů užíváme přepočtové faktory.

Přítomnost hemolýzy, ikturity, chylozity či jejich kombinace je hodnocena ve vzhledu séra (plazmy, **obr. 1.3**), pro objektivizaci měří automatické analyzátoři barevné indexy. U dotčených metod (například u K, LD, AST, bili konj., Fe pro hemolýzu) upozorní na možnost ovlivnění výsledku a dle výše barevného indexu zváží laboratoř jeho vydání.



Obr. 1.3 Barevné změny plazmy – limitace stanovení vybraných analytů. 1 – standardní vzhled plazmy, 2 – pseudohyperkalemie při extrémní leukocytóze („klaret“), 3 – hemolýza (v opakovaném náběru bez hemolýzy – chyba v preanalytice v. s.), 4 – „laková“ plazma při intravaskulární hemolýze, 5 – hemolyticko-ikterická plazma (bili 76 $\mu\text{mol/l}$), 6 – ikterická plazma (bili 240 $\mu\text{mol/l}$), 7 – slabá hemolýza a mírná chylozita (zakalená plazma). (zdroj: archiv autorky)

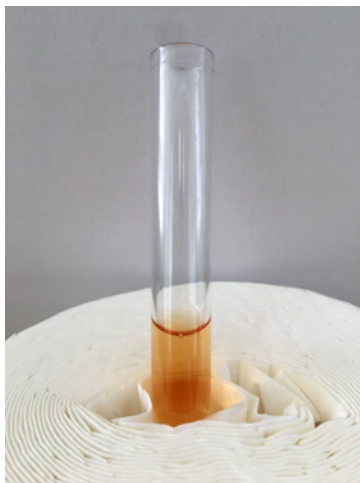
1.4 Interpretace, komentované nálezy

Nález č. 1: Krev poslána do laboratoře a zpracována po 72 hodinách od náběru.



BILT3	16.8
CA2	1.56 <Rept
CHOL	5.83
Cl	92.4
CREJ2	113
CRP4	0.59
GGT12	0.41
GLUC3	0.0 <Test
H	89
HDLC4	2.05
I	2
K	16.09 >Rept
L	21
LDHI2	6.52 >LH

Komentář: Vzhled séra částečně hemolytický, kalemie prokazuje hemolýzu, nulová glykemie dokládá zmetabolizování glukózy erytrocyty v plné krvi.



S_Na..	mmol/l				132			
S_K..	mmol/l	3.9	<<	viz.kom.	T	N		
S_Cl..	mmol/l				103			
S_Mg..	mmol/l				0.92			
Dusíkové metabolismy								
S_UREA	mmol/l				4.7			
S_KREA	μmol/l				57			
S_KMOC	μmol/l							
Jaterní testy								
S_BIL.	μmol/l				14.0			

(T) S_K

Komentář: Ve vzhledu neuvádíme hemolýzu, hodnoty kalemie 7,5 (v kontrole 3,9) při normálních renálních funkcích, bezproblémovém odběru, bez substituční terapie s extrémní leukocytózou naznačují možnost pseudohyperkalemie. Kontrolní odběr byl dodán žurnální službou (ne potrubní poštou).

Nález č. 3: Pacient přijat pro bronchopneumonii a akutní renální selhání (25. 4.), 26. 4. odebrán po zahájení ATB terapie a infuzní terapie s forsírovanou diurézou.

	25. 4./7:11	26. 4./7:48	26.4./9:00
Na	139	145	141
K	4,1	3,3	4,5
Cl	97	117	104
urea	42,9	28	43
krea	212	138	238
bili	53	39	76
AST	0,4	4,1	10,9
CB	62	31	59
CRP	162	92	193

Komentář: V prvním nálezu z 26. 4. je hypokalemie, která by se dala vysvětlit infuzní a diuretickou terapií (furosemid) při forsírované diuréze, tomu by odpovídaly také vylepšené hladiny urey (významně) a kreatininu, při nasazení ATB rychlá odpověď v poklesu CRP. Zarážející je výrazně snížená hodnota celkové bílkoviny (CB) a vyšší hladina chloridů (výraznější zvýšení než zvýšení Na). Při konzultaci s oddělením řešíme možnost kontaminace infuzním roztokem, vzhledem k hodnotám fyziologickým roztokem (154 mmol/l Na, 154 mmol/l Cl). V kontrolním náběru (druhý náběr z 26. 4.) bez kontaminace FR vidíme reálné hodnoty. Normokalemie, parametry renálních funkcí jsou horší, stejně tak CRP a AST. Je otázkou, zda by byl terapeutický postup stejný v reakci na oba nálezy (s kontaminací a bez ní).

1.5 TOP TEN klinika

1. Co musím říct pacientům před odběrem (a nebo s tím počítat)

- Asi týden před odběrem nepít větší množství alkoholu – může ovlivnit lipidový metabolismus, zvýšit hladinu cholesterolu, aminotransferáz a GGT, konzumace alkoholu před odběrem navíc způsobí acidózu, dehydrataci, minerálový rozvrat, především hypokalemii.
- Je nutné dodržet 12hodinové lačnění, pít pouze nesladké tekutiny.
- Konzumace sladkého nebo vypití slazeného či sladkého nápoje zvýší hladinu glykemie, stejně jako strava se sacharidy včetně škrobů (chléb, pečivo atd.).
- Konzumace kávy zvýší hladinu glykemie a leukocytů.
- Konzumace jídla s obsahem tuků zvýší hladinu triacylglycerolů, může způsobit chylozitu séra.
- Dostatečně pít, při dehydrataci dojde k ovlivnění renálních parametrů – urea, kreatinin, kyselina močová, případně zvýšení hematokritu.

- 2. Co musím říct lékařům a sestrám před odběrem (a nebo se nedivit)**
 - a) Před plánovaným odběrem zastavit parenterální výživu (možná změna mineralogramu, glykemie, TAGL) i výživu enterální.
 - b) Neodebírat krev z žíly na končetině, kde je aplikována infuze – změny v krevním obraze (anemie, tricytopenie) a v mineralogramu, glykemie (podle druhu aplikované infuze).
 - c) Neodebírat krev z příliš zaškrcené končetiny, z příliš malé žíly a podtlakem (zvýšení kalemie).
- 3. Co musím říct sanitářům**
 - a) Uložit materiál do brašny, případně na led u metabolitů, které se degradují při zvýšené teplotě.
 - b) Se zkumavkami netřepat – dochází ke zvýšení hladiny draslíku (pseudohyperkalemie).
- 4. Pacient musí dodržet 12hodinové lačnění a před ranní odběrem nesmí nekonsumovat kávu – možnost zvýšení glykemie.**
- 5. Jemná manipulace se vzorkem s extrémní leukocytózou (neposílat potrubní poštou), častý nález pseudohyperkalemie.**
- 6. Kontaminace infuzním roztokem (neadekvátně zvýšené Cl vzhledem k Na při známé infuzní terapii – možnost kontaminace „fyziologickým roztokem“, nečekaně vysoká glykemie v průběhu terapie – kontaminace 5–10% glukózou). Jsou zkreslené nejenom ionty, ale vše, je zapotřebí nový náběr.**

SPOLEHLIVÝ POSKYTOVATEL LABORATORNÍ DIAGNOSTIKY

Komplexnost • Rychlost • Přesnost • Odbornost • Konzultace



70+

odběrových
pracovišť



11

certifikovaných
laboratoří



10 000+

spolupracujících
lékařů

SÍŤ LABORATOŘÍ SYNLAB

nabízí kompletní diagnostické portfolio. Komplement společnosti zahrnuje biochemii, hematologii, sérologii, genetiku, imunologii, mikrobiologii, cytologii a patologii. Toto komplexní laboratorní propojení je jedinou cestou, jak dosáhnout terapeutického úspěchu.

Vyzkoušejte nás – spolupráce@synlab.cz

**MARKERY, JEŽ INDIKUJEME:
KTERÉ, KDY A PROČ?
KOMENTOVANÉ KAZUISTIKY**

2 Iontogram a acidobazická rovnováha

Helena Lahoda Brodská

2.1 Definice a funkce

Vyšetření iontů v krvi (Na, K, Cl, Ca, P, Mg) spolu s parametry acidobazické rovnováhy poskytuje základní informaci o aktuálním stavu vnitřního prostředí. Ionty v organismu se jako kofaktory účastní řady metabolických pochodů, mají pleiotropní účinek. Změny jejich hladin ovlivňují napětí membrán, nervosvalový přenos, acidobazickou rovnováhu, osmolalitu.

2.2 Patofyziologie

Zastoupení iontů je v jednotlivých kompartmentech (intracelulární – ICT, extracelulární – ECT, intravaskulární prostor – IV a intersticiu – IS; **tab. 2.1**) různé. Hlavním kationtem ECT je Na^+ a aniontem Cl^- , na rozdíl od ICT, kde hlavním kationtem je K^+ a aniontem P^- . V rámci elektroneutality jsou vyrovnané koncentrace kationtů a aniontů v ECT i v ICT.

Tab. 2.1 Zastoupení iontů v plazmě, intersticiálním prostoru a intracelulárním prostoru.

	Plazma	Intersticiální prostor	Intracelulární prostor
kationty (mmol/l)			
Na^+	142	144	10
K^+	4	4	150
Ca^{2+}	2,5	1,25	0
Mg^{2+}	1,5	0,75	15
celkem (mmol/l)	150	150	180
anionty (mmol/l)			
Cl^-	103	114	2
HCO_3^-	27	30	10
SO_4^{2-}	0,5	0,5	10
HPO_4^{2-}	1	1	50
organické kyseliny	5	5	~ 0
bílkoviny	16	1	63
celkem (mmol/l)	152,5	150,5	135
osmolyty (mosm/kg)	290	290	290

(zdroj: Schmidt, 2001)

Iontové balance mezi jednotlivými kompartmenty jsou udržovány enzymatickými mechanismy (iontové pumpy), jež vyžadují energii a přítomnost kofaktorů. Vylučování iontů z organismu i jejich zadržování je řízeno hormonálními aktivitami. Stálost acidobazické rovnováhy (ABR) je zabezpečována pomocí pufrovacích systémů, regulací respirace a metabolických pochodů.

2.3 Vyšetřované parametry – základní soubor

Iontogram: Na, K, Cl, Ca, P, Mg, vyšetřujeme v krvi, moči, eventuálně v drénu, ascitu, odpadech ze sondy atd.

2.3.1 Na, K, Cl, Ca, P, Mg – vyšetření v séru

Natrium (Na^+)

Natrium je hlavní extracelulární ion a spolu s kaliem asi nejčastěji indikované vyšetření vůbec (**tab. 2.2**). Má zásadní postavení ve vodním hospodářství, jeho koncentrace hodnotíme vždy ve vztahu k hydrataci (hypo-, normo- až hypervolemická hypo-, normo- až hypernatremie). Natrium má zásadní význam pro efektivní osmolalitu (přesuny vody z různých kompartmentů dle koncentrace natria), viz osmolalita. Při hodnocení acidobazické rovnováhy vždy posuzujeme jeho koncentraci ve vztahu ke koncentraci chloridového aniontu (hyperchloremická metabolická acidóza či hypochloremická metabolická alkalóza), viz ABR. Hormonální regulace hladin Na obstarává jednak osa **renin-angiotenzin-aldosteron**, kdy snížená náplň cévního řečiště aktivuje tento systém a dochází ke zvýšenému vstřebávání Na v distálním tubulu (v laboratorním nálezu je pak varující, krom hypernatremie, výrazná hyponatriurie $< 20 \text{ mmol/l}$ jako jedna ze známek hrozícího prerenálního selhání). Další regulace je zajištěna pomocí **antidiuretického hormonu** (ADH), jehož produkci aktivuje zvýšení osmolality, dále **natriuretické peptidy** (BNP, ANP) reagují na objemové přetížení srdečních oddílů.

Referenční rozmezí: 137–146 mmol/l

Tab. 2.2 Frekvence výskytu dysnatremií a klinický kontext.

Dysnatremie při příjmu	Mírná	Střední	Těžká
Hyponatremie (mmol/l)	130–134	125–129	< 125
frekvence	13,8 %	2,7 %	1,2 %
mortalita na JIP	14,3 %	23,1 %	24,0 %
Hypernatremie (mmol/l)	146–150	151–154	> 155
frekvence	5,1 %	1,2 %	0,6 %
mortalita na JIP	21,1 %	36,2 %	46,1 %

Mortalita nemocných s normonatremií 9,7 %.

(zdroj: Funk et al., 2010)

#1 v prodeji stolních a kazetových acidobazických analyzátorů

ABL800

FLEX, verze PLUS



ABL90

FLEX PLUS



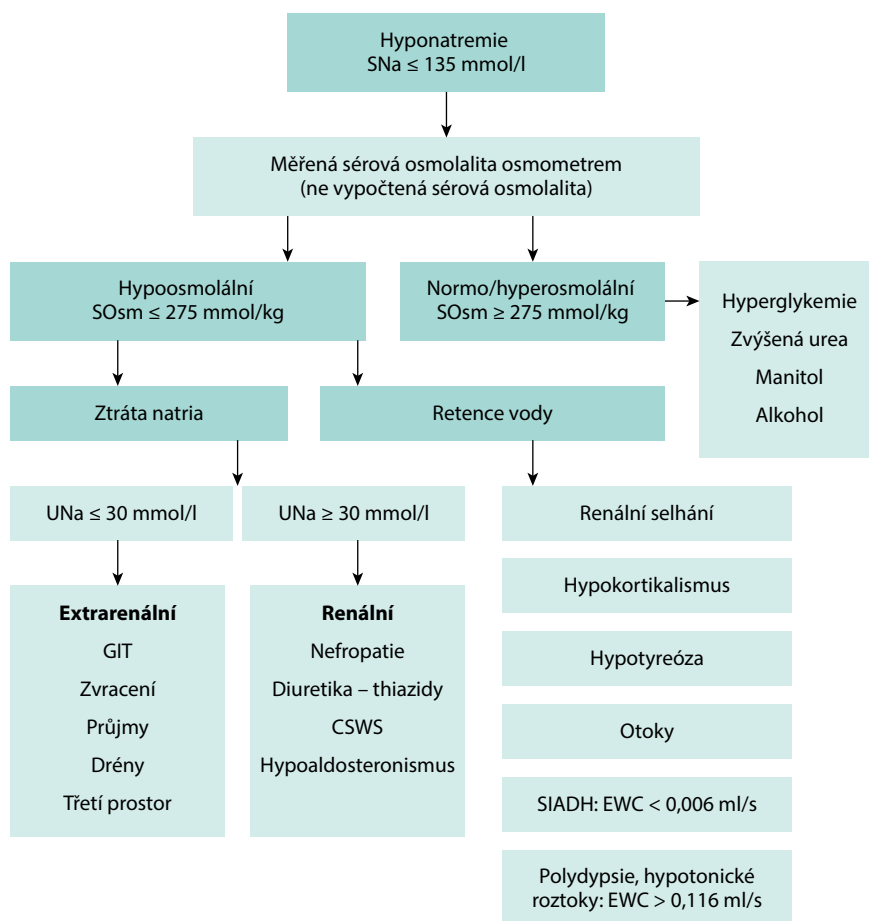
Světový lídr v analýze krevních plynů
od roku 1954

Produkty a řešení jsou používány ve více
jak 130 zemích na všech kontinentech

Více než 500 000 vzorků změřených
za den na analyzátorech Radiometer

WORLD
LEADER
IN ACUTE
CARE
TESTING

Při výskytu **hyponatremie** (obr. 2.1) pod 130 mmol/l jde často o projev hypokortikalismu či výraz energetického vyčerpání organismu (sick cell syndrom). Dochází k poklesu aktivity Na^+/K^+ -ATPázy s hromaděním Na^+ intracelulárně, K^+ extracelulárně s rozvojem terminální hyponatremie. Hyponatremie je též průvodním jevem při srdečním a jaterním selhání (zvýšený objem ECT, hypervolemická hyponatremie). Zvláštní pozornost si zasluhuje hyponatremie způsobená přesuny vody z ICT do ECT efektivní osmolalitou glukózy při výrazných hyperglykemiích při dekompenzaci diabetes mellitus. Na každé zvýšení glykemie o 5,5 mmol/l klesá natremie o 1,5 mmol/l. Častou příčinou zjištěné hyponatremie je též podání většího množství bezsolutových roztoků, extrémem je otrava vodou, dále SIADH (syndrom inadekvátní sekrece ADH), hyponatremii mohou způsobit léky (diuretika vč. indapamidu, SSRI atd.).



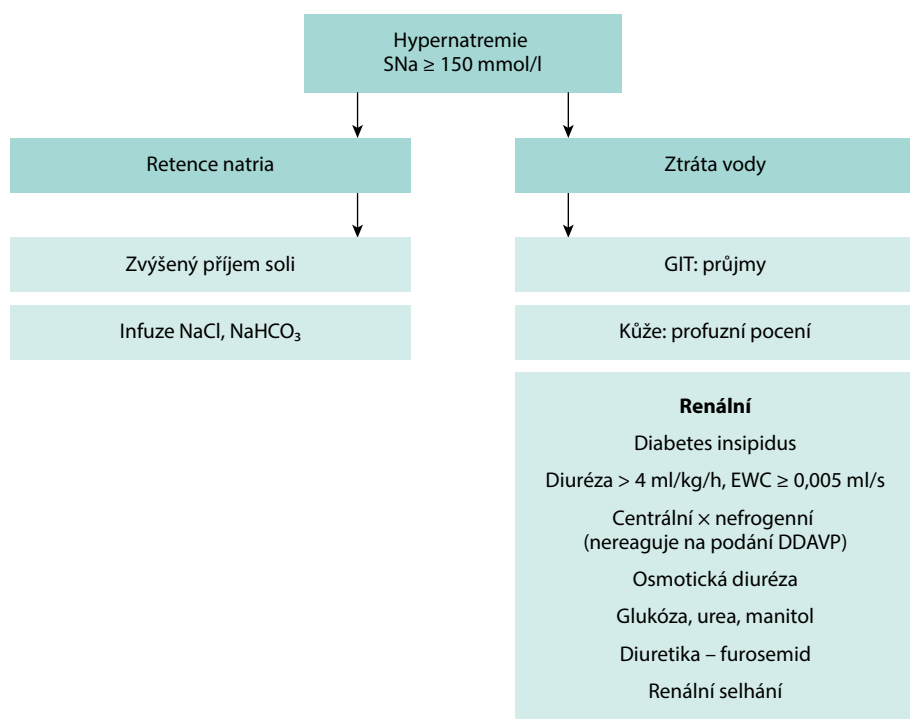
Obr. 2.1 Schéma diferenciální diagnózy hyponatremie

CSWS – cerebral salt wasting syndrome, syndrom cerebrálně podmíněné ztráty soli, EWC – clearance bezelektrolytové vody, GIT – gastrointestinální trakt, SIADH – syndrom of inappropriate secretion of antidiuretic hormone, syndrom nepřiměřené sekrece antidiuretického hormonu, SNa – natremie, SOsm – měřená sérová osmolalita, UNa – koncentrace natria v moči

Osmotický demyelinizační syndrom (ODS)

Při rychlé úpravě hyponatremie, zejména chronické, hrozí nebezpečí rozvoje ODS. Ve snaze vyrovnat koncentraci Na^+ a osmolalitu ICT a ECT dochází k rychlému přesunu vody z buněk do ECT. Nervové buňky se rychle svažují, dochází k poškození myelinu a buňky jsou nevratně poškozeny. V klinickém obraze dominují parézy, dysartrie, afektivní změny. Riziková jsou zejména malnutriční alkoholici s deficitem vitaminů a kalia, zde je třeba monitorovat a substituovat současně s Na^+ i K^+ , fosfáty, Mg^{2+} a podat vyšší dávku thiaminu (až 300 mg/den). Dostupnost fosfátů a Mg^{2+} je nutná pro funkci Na^+/K^+ -ATPázové pumpy, která zajistí vstup K^+ do buněk, ionty Mg^{2+} jsou kofaktorem této pumpy, thiamin se podává jako prevence vzniku laktátové acidózy. Je třeba současně zahájit nutriční intervenci pro podporu vstupu K^+ do buněk.

Hypernatremie (obr. 2.2) nad 150 mmol/l se vyskytuje nejčastěji v rámci sekundárního hyperaldosteronismu, též při ztrátách prosté vody osmotickou diurézou. Hypernatremii zjišťujeme při poškození CNS, při smrti mozku lze zaznamenat Na^+ přes 180 mmol/l. Hypernatremii může způsobit kontaminace odběru současně podávanou infuzí antibiotik či při chemoterapii (Na sole).

**Obr. 2.2** Schéma diferenciální diagnózy hypernatremie

DDAVP – desmopresin acetát, EWC – clearance bezelektrolytové vody, GIT – gastrointestinální trakt, SNa – natremie

Chloridy (Cl^-)

Koncentraci chloridů hodnotíme vždy současně s koncentrací natria, lépe tak posoudíme přítomnost **hypo-** anebo **hyperchloridemie** a případné dopady na acidobazickou rovnováhu. Častým nálezem je vyšší koncentrace chloridů v porovnání s hladinou natria jako důsledek podávání většího množství fyziologického roztoku (FR). O nevhodnosti podání FR u pacientů v kritickém stavu, zvláště u pacientů se sníženou renální funkcí, již není pochyb. Je třeba odlišit kontaminaci při náběru z centrálního katétru, kam byl FR podáván bezprostředně před náběrem při nedostatečném odtahování krve, pomineme-li nevhodnost odběru krve z centrálního katétru. V tomto případě jsou koncentrace všech ostatních parametrů významně zkresleny (K, urea, bílkovina, CRP, ale i AST, CK a další) a většinou je kontaminace zřejmá. Naopak **hypochloridemie** se současně neměřitelnou koncentrací chloridů v moči je běžným nálezem u pacientů, kteří opakovaně zvrací, např. u mentální anorexie (resp. mentální bulimie), anebo jinak arteficiálně ztrácí ve zvýšené míře chloridový anion. Často vidáme hypochloridemii jako dlouhodobou kompenzaci respirační acidózy u nemocných s chronickou obstrukční bronchopulmonální chorobou.

Referenční rozmezí: 97–108 mmol/l

Kalium (K^+)

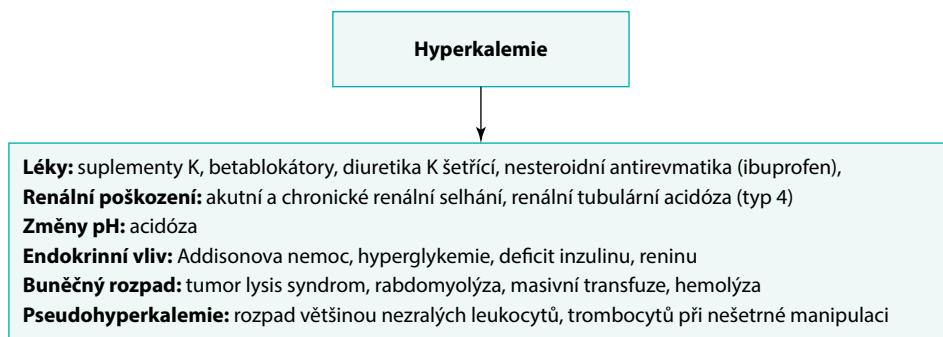
Kalium je hlavní intracelulární ion, poruchy jeho příjmu a metabolismu mohou vyvolat život ohrožující komplikace. Hodnocení kalemie závisí na pH, zejména u nestabilních pacientů, je třeba zohlednit aktuální stav acidobazické rovnováhy. Při poklesu pH o 0,1 dochází k vzestupu K o 0,6 mmol/l v ECT. V alkalóze je stav opačný, kalium vstupuje do buněk a jeho koncentrace v ECT se tedy adekvátně snižuje. Při energetickém deficitu a katabolismu vystupuje K^+ z buněk (aktivita Na^+/K^+ -ATPázy udržující koncentrace Na^+ a K^+ proti koncentračnímu spádu je dependentní na energii, Mg^{2+} , P⁻).

U katabolického nemocného nelze bez nutriční podpory a obratu k anabolismu upravit depleci K^+ v buňkách jeho příívodem. V anaboličských stavech K^+ do buněk vstupuje a je nutné pro syntézu bílkovin a glykogenu, pozor na náhle vzniklou hypokalemii. Při extrémním poklesu pH může nález K^+ v referenčním rozmezí znamenat těžký deficit K^+ v organismu. Při úpravě pH, tedy při návratu K^+ do buněk, je pacient ohrožen vývojem těžké hypokalemie!

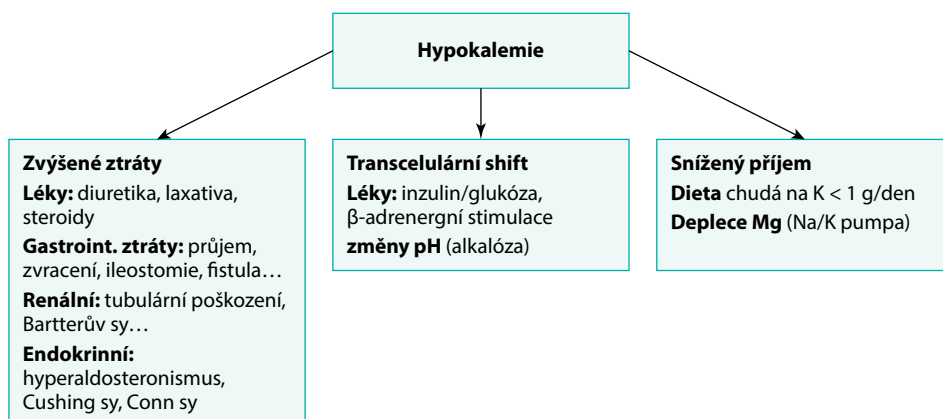
Nejčastější důvody **hyperkalemie** (obr. 2.3) jsou renální selhání, rozpad tkání, masivní příívod K v infuzích. **Hypokalemie** (obr. 2.4) je často spojena se zvracením, průjmy, vzniká při podávání K nešetřících diuretik (furosemid). S hypokalemií též počítejme u nedostatečného příívodu kalia při refeeding syndromu, mentální anorexii, u alkoholiků, při nevyvážené parenterální výživě a při terapii kortikoidy.

CAVE! Pseudohyperkalemie u hematologických pacientů (nejčastěji leukocytóza, ale i trombocytóza), nezralé elementy se snáze poškodí při transportu potrubní poštou. Hodnoty přes 10 mmol/l nápadně upozorní na tuto možnost, hodnoty kolem 5 mmol/l mohou překrýt reálnou hypokalemii. U těchto pacientů je nezbytné vyloučit pro transport vzorku potrubní poštu.

Referenční rozmezí: 3,8–5,0 mmol/l



Obr. 2.3 Příčiny hyperkalemie



Obr. 2.4 Příčiny hypokalemie

Magnezium (Mg)

Magnezium má zásadní význam pro intermediární metabolismus. Na hladině Mg^{+} je závislá aktivita Na^{+}/K^{+} -ATPázy. Při hypomagnezemii je ztížen transport kalia do buněk, vážne utilizace aminokyselin. Mg^{+} se podílí na metabolismu kalcia, deplece Mg^{+} vede ke zhoršení sekrece a působení parathormonu (PTH). 50 % Mg^{+} se absorbuje v tenkém střevě, vylučuje se ledvinami podle plazmatické hladiny a glomerulární filtrace. S hypermagnezemií se téměř nesetkáváme, o to častější je výskyt **hypomagnezemie**. Nejčastější příčinou hypomagnezemie je snížený přívod, malnutrice, malabsorpce, dlouhodobá parenterální výživa (PV), zvýšené ztráty gastrointestinálním traktem, kličková diuretika. Hypomagnezemie před zahájením nutriční intervence je signifikantně spojena s rozvojem refeeding syndromu – viz dále.

Význam Mg^{+} spočívá v udržování buněčné homeostázy s umožněním mnoha enzymatických reakcí. Indukuje aktivitu transportních pump včetně ATPázy. Limituje vstup Ca^{2+} do buněk. Je klíčovou složkou struktury nukleových kyselin a ribozomů. Je rovněž zapojeno do udržování membránového napětí a do přenosu nervosvalového vzruchu. Při depleci Mg^{+} vážne doplňování PO_4^{-} a K^{+} do tkání.

Referenční rozmezí: 0,70–1,00 mmol/l

Fosfáty (PO_4^-)

Fosfáty v anorganické podobě jsou nezbytné v pufrovacích systémech v ledvinách, organicky vázaný fosfát má rozhodující význam pro energetiku buněk a klíčovou roli v metabolizaci energetických substrátů. S poklesem hladin fosfátů se snižuje též koncentrace difosfoglycerátu a dochází k posunu disociační křivky doleva, tedy ke ztíženému uvolňování kyslíku z hemoglobinu. Při výrazném nedostatku makroergních fosfátů (refeeding syndromu) hrozí až srdeční a respirační selhání. Hyperfosfatemie nad 1,9 mmol/l je častá u chronické renální insuficience, též může upozornit na zvýšený buněčný rozpad.

Referenční rozmezí: 0,65–1,61 mmol/l

Kalcium (Ca)

Plazmatická hladina, absorpce i vylučování kalcia jsou řízeny parathormonem, kalcitoninem a vitaminem D (**tab. 2.3**). Ca má pleiotropní funkci, je zásadní v kostním metabolismu, koagulaci, neuromuskulární aktivitě a dalších fyziologických dějích. Pro přesnější informaci o biologické dosažitelnosti vyšetřujeme ionizované kalcium. Jeho podíl z celkového kalcia je 48 %, je to jediná biologicky aktivní forma a jeho pokles má klinické konsekvence. Pokles albuminu o 10 g/l způsobí pokles celkového kalcia o 0,2 mmol/l, snižuje se jen část kalcia vázaná na bílkovinu, ionizované kalcium se nesníží. Vzestup pH o 0,1 zesílí vazbu kalcia na bílkovinu a má za následek pokles ionizovaného kalcia o 0,03 mmol/l, alkalemie vazbu kalcia k bílkovině tedy zvyšuje. Osteoporóza, osteomalacie se často vyskytuje u dlouhodobé PV, u idiopatických střevních zánětů, syndromu krátkého střeva, malabsorpce Ca. Nutné denzitometrické vyšetření! Hyperkalcemie (**obr. 2.5**) je důsledkem zvýšeného vyplavování kalcia z kostí, ať již při hyperparatyreóze (primární či sekundární), nebo při výskytu osteolytických ložisek (myelom, karcinom prostaty, štítné žlázy, mammy, plic...). Příčiny hypokalcemie viz v **obr. 2.6**.

Referenční rozmezí Ca: 2,00–2,75 mmol/l iCa: 1,13–1,32 mmol/l

Tab. 2.3 Metabolismus Ca^{2+} a fosfátů je pod vlivem několika hormonů

	Parathormon	Kalcitonin	Vitamin D
kost	aktivace osteoklastů, kalcemie a fosfatemie stoupá	inhibice osteoklastů, ukládání Ca^{2+} do kostí	mineralizace skeletu; vysoké hladiny naopak odvápnují
ledviny	stimuluje resorpci Ca^{2+} , tlumí resorpci fosfátů, stimuluje syntézu vitaminu D	zvyšuje vylučování Ca^{2+} , zvyšuje vylučování fosfátů	zvyšuje reabsorpci Ca^{2+} a fosfátů
střevo	stimuluje resorpci Ca^{2+} a fosfátů	–	stimuluje resorpci Ca^{2+} a fosfátů

(zdroj: Silbernagl a Despopoulos, 2004)