

## Laboratorní diagnostický proces

Lékař disponuje pro určení diagnózy celou řadou prostředků. Mezi doplňková, čili komplementární (mnohdy však nezbytná) vyšetření patří **vyšetření biochemické**, které vládne celou řadou (pozitivních) vlastností.

### Biochemické vyšetření

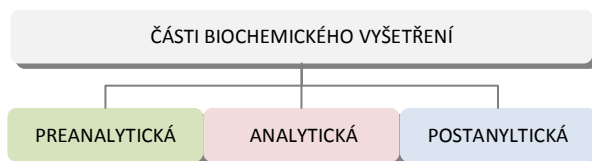
- informuje o metabolických funkcích, jejichž postižení je podkladem většiny chorob
- má široký rozsah (existuje široké spektrum či paleta analýz neboli testů)
- je dostatečně specifické i citlivé
- je kvantifikovatelné (lze ho vyjádřit číslem)
- je relativně snadno dostupné (materiálem je vzorek krve, moče, mohou být i sliny, pot; jiné tělní tekutiny jsou již dostupné hůře, např. mozkomíšní mok)
- nezatěžuje příliš pacienta.

Biochemické vyšetření má svou typickou skladbu, složení, ve kterém jednotlivé části na sebe navazují a vzájemně se ovlivňují. Chyba na začátku ovlivní výsledek na konci (výsledek je zkreslený, nesprávný), špatný výsledek (i špatná interpretace) ovlivní začátek (požadování jiného, zbytečného vyšetření, opakování analýzy apod.).

Biochemické vyšetření nelze omezit pouze na tu část, kde se provádí konkrétní chemická analýza, tedy na část analytickou. Do biochemického, nebo lépe klinicko-laboratorního vyšetření je nutno zahrnout i část, která se týká přípravy pacienta na odběr, vlastní odběr, dopravu biologického vzorku, jeho příjem a zpracování (předpřípravu) ve zdravotnické laboratoři, vlastní analýzu, případnou reanalýzu, ověření výsledku (verifikaci), zařazení do souvislostí (s diagnózou apod.) a interpretaci výsledku.

Součástí každého biochemického vyšetření jsou tak části

- preanalytická
- analytická
- postanalytická



Část preanalytickou lze dále rozdělit na část *mimolaboratorní* (prepreanalytickou) a *laboratorní* (preanalytickou), podobně tak část postanalytickou na *laboratorní část* (postanalytickou) a *mimolaboratorní část* (postpostanalytickou).

### Dělení biochemických vyšetření

Biochemická vyšetření lze rozdělit podle různých hledisek.

#### Podle indikace a interpretace

- *základní* (základní hodnocení zdravotního stavu, diagnostika, terapie, monitorování terapie)
- *speciální* (pomoc při složitější diferenciální diagnostice, vybrané metabolické funkce - hodnocení, monitorování hladin léků, sledování určitých klinických situací - vnitřní prostředí, aktuální metabolické a energetické situace, stav výživy apod., vyhodnocování bilančních vyšetření)
- *vysoce speciální* (vzácné či neobvyklé diagnózy, složité diferenciální diagnostiky, problémy, složitá funkční vyšetření, monitorování speciálních léků, komplexní metabolické sledování, bilance)

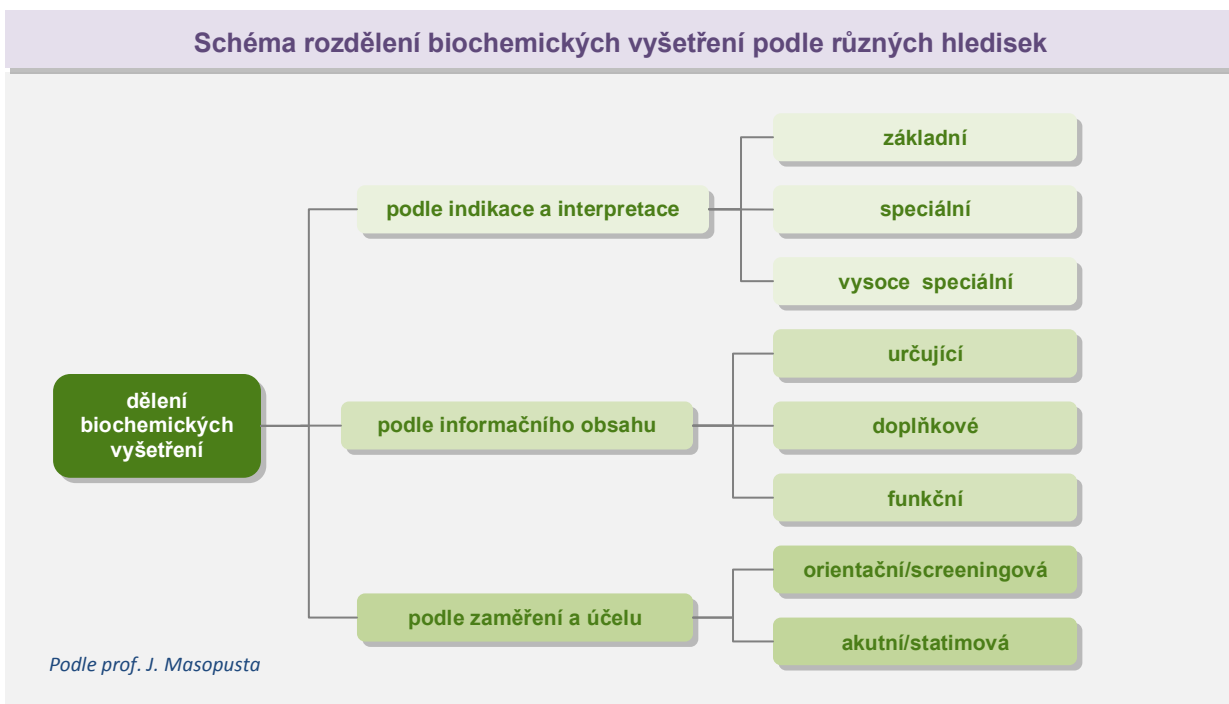
#### Podle informačního obsahu

- *určující* (rozhodující význam při diagnóze či terapii)
- *doplňková* (upřesňují informaci o zdravotním stavu)
- *funkční* (sledování změn analytu při stimulaci určité metabolické funkce, většinou v časové závislosti)

Zařazení je relativní, záleží na konkrétní klinické situaci.

### Podle zaměření a účelu

- *orientační* či *screeningová* (rychlá orientace lékaře, provedení přímo v ordinaci, u lůžka, na návštěvě - testační proužky na moč, glukosu)
- *akutní, statimová, STAT, STATIM, urgentní, emergentní* (provádějí se ve zvlášť indikovaných případech neprodleně po dodání biologického materiálu, v kteroukoliv dobu)



Někdy může být výhodné sdružovat biochemická vyšetření do **souborů**, které představují stanovení několika analytů současně, zvyšují tak informační hodnotu výsledku a umožňují úplnější posouzení zdravotního stavu pacienta i průběhu léčení.

Sdružování jednotlivých biochemických vyšetření do souboru je však nutno provádět cíleně, s představou výsledné interpretace.

Rovněž biochemické soubory lze rozdělit do několika skupin.

### Typy biochemických souborů

- *obecný* (screeningový): používá se, je-li málo informací o nemocném, slouží k všeobecné orientaci o stavu pacienta a k předběžné diagnóze
- *cílený* (orgánový): slouží ke zhodnocení stavu určitého orgánu nebo systému (ledvin, jater, plic...)
- *syndromově specializovaný*: slouží k ověření diagnózy určitého syndromu, skupiny syndromů, k diferenciální diagnostice v rámci určité skupiny chorob, k odhadu "metabolického rizika" určitého onemocnění (dědičné poruchy metabolismu, riziko urolitiázy)

Všechny soubory většinou obsahují vyšetření základní, doplňková či funkční a speciální, případně i vysoce speciální. Názory na používání souborů nejsou jednotné. Za moderní dobu biochemického souboru lze snad považovat *čipové* či *mikroarrayové (testovací) panely*.

Má-li biochemické vyšetření sloužit svému účelu, musí mít hodnotu skutečné informace, a tu bude mít, bude-li

- cíleně a účelně indikováno
- spolehlivé
- výsledek co nejrychleji dostupný
- výsledek kvalifikovaně interpretován.

Z výše uvedených čtyř požadavků jsou prostřední dva záležitostí klinické laboratoře, první požadavek (indikace) je záležitostí ošetřujícího lékaře (s případnou účastí klinického biochemika při konzultaci s klinikem), poslední požadavek (interpretace) je také záležitostí indikujícího lékaře (s případnou účastí klinického biochemika při konzultaci s klinikem). Je jasné, že i indikace biochemického vyšetření musí vyhovovat určitým požadavkům.

### Indikace biochemického vyšetření

- má být cílená, má řešit konkrétní cíl
- objednavatel (lékař) by měl znát význam požadovaného testu a jeho typický průběh u daného onemocnění
- opakování analýzy (tj. opětovný požadavek na stejnou analýzu/vyšetření) by mělo být podřízeno rychlosti metabolického obratu daného analytu a změnám v klinickém stavu pacienta

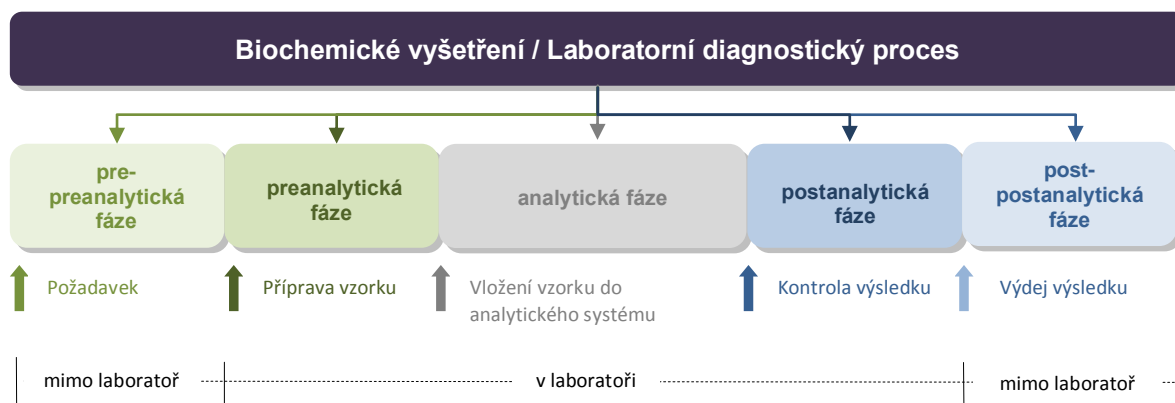
Na závěr povídání o biochemickém vyšetření cituji autory M. Engliše a J. Šochmana:

*„Diagnóza onemocnění, sledování jeho průběhu, odhad rizika jeho nepříznivého vývoje a rozhodování o volbě optimální léčby jsou vždy výsledkem komplexního hodnocení všech získaných informací. Laboratorní vyšetření může mít v jednotlivých případech velmi malý nebo naopak rozhodující význam. Samo o sobě však nestačí“.*

*M. Engliš, J. Šochman, Srdeční troponiny v klinické praxi, Druhé, přepracované a doplněné vydání, Roche, Praha 2009*

### Fáze biochemického vyšetření

Části biochemického vyšetření (laboratorního diagnostického procesu) lze schematicky znázornit takto:



**Prepreanalytická fáze** začíná požadavkem na analýzu.

**Preanalytická fáze** začíná příjmem vzorku v laboratoři.

**Analytická fáze** začíná vložím vzorku do měřicího systému. Je obsahem kapitoly 3.

**Postanalytická fáze** začíná kontrolou naměřené hodnoty.

**Postpostanalytická fáze** začíná výdejem výsledku.

Kromě *analytické fáze* bude o ostatních částech biochemického vyšetření pojednáno v této kapitole.

Prakticky každá z těchto fází nějakým způsobem ovlivňuje výsledek analýzy a způsobuje variabilitu analytických dat. Jsou to zejména odchylky, jejichž původ vězí v preanalytické a analytické fázi.

**Preanalytické odchylky** odrážejí vliv zacházení se vzorkem na hladinu analytu před tím, než byl vložen do analytického systému. Typickými zdroji preanalytických změn v hladině analytu jsou způsob a provedení odběru, transport materiálu, doba stání vzorku před oddělením séra/plazmy od buněk, doba odstředování a podmínky skladování.

Je třeba si uvědomit, že vlastnosti vzorku zpracovávaného v laboratoři (*in vitro*) by měly co nejvíce odpovídat jeho vlastnostem v živém organismu (*in vivo*).

**Preanalytická fáze** je soubor všech postupů a operací, kterými projde vzorek analyzovaného materiálu od okamžiku, kdy je analýza požadována, do okamžiku, kdy je vzorek vložen do analytického měřicího systému.

O důležitosti této části biochemického vyšetření svědčí např. skutečnost, že byl zahájen čtyřletý projekt *SPIDIA*, zabývající se řešením standardizace a přístupů k preanalytickým postupům v *in-vitro* diagnostice, podpořený Evropskou unií - podrobnosti naleznete na [www.spidia.eu](http://www.spidia.eu).

Stručně lze napsat, že preanalytická fáze obsahuje tyto etapy:

přípravu pacienta	<b>prepreanalytická fáze</b>	tvoří cca 21% laboratorního dg procesu
odběr biologického materiálu		
dopravu materiálu do laboratoře		
příjem materiálu v laboratoři	<b>preanalytická fáze</b>	tvoří cca 37% laboratorního diagnostického procesu
skladování biologického materiálu v laboratoři		
přípravu biologického materiálu k analýze		

**Postanalytická fáze** začíná kontrolou výsledku před jeho vydáním. Postupy před jeho kontrolou jsou uvedeny v jiných kapitolách, zejména v kapitole 3. Laboratorní část postanalytické fáze obsahuje zejména uchování vzorků po analýze (archivace) pro případnou reanalýzu nebo analýzu doordinovaných testů (je-li to dle zásad preanalytické fáze možné) a kontrolu a verifikaci výsledků a jejich uvolnění.

## Prepreanalytická část

Prepreanalytická část obsahuje

- vyslovení požadavku na analýzu, resp. zjištění potřeby analýzy
- objednání analýzy
- přípravu pacienta
- odběr biologického vzorku, což dále předpokládá
  - identifikaci pacienta
  - správně provedený odběr
  - správné označení odběrových nádobek
  - je-li potřeba, tak promíchání s aditivou v nádobce (antikoagulancia, akcelerátory srážení)
- uchování biologického materiálu před transportem podle požadavků na daný materiál

V této fázi preanalytické části jsou zúčastněni zejména ošetřující lékař a zdravotní sestra, případně další zdravotnický personál a, samozřejmě, sám pacient. Úloha laboratorního personálu v této fázi je především edukační.

## Příprava pacienta

Obecně by pacient před odběrem biologického materiálu měl zachovávat stejný režim, jako v jiné dny. V některých případech je potřeba upravit dietu, tj. stravování (např. při sledování [tukového metabolismu](#)), případně i pohybový režim aj. (sledování [diabetu](#)), atd.

Ošetřující lékař by měl pacienta podrobně seznámit s podmínkami odběru a požadovat na něm zachování nutné přípravy. Tuto úlohu může převzít i zdravotní sestra. Je žádoucí i následná kontrola splnění těchto podmínek.

Příprava hospitalizovaných pacientů je v rukou nemocničního personálu.

## Odběry biologického materiálu

Odběr biologického materiálu může zásadním způsobem ovlivnit konečný výsledek laboratorní analýzy. Současně, i když se jedná o invazivní zákrok, by neměl pacienta zbytečně traumatizovat: uvádí se, že přes 47% celkového počtu pacientů tvoří pacienti mladší pěti let a starší 65 let. Odběr by i s ohledem na tuto skutečnost měl být proto maximálně šetrný. Moderní odběrové soupravy, při technicky správném provedení odběru toto zajišťují, rovněž tak zajišťují i minimální ovlivnění výsledku odběrem.

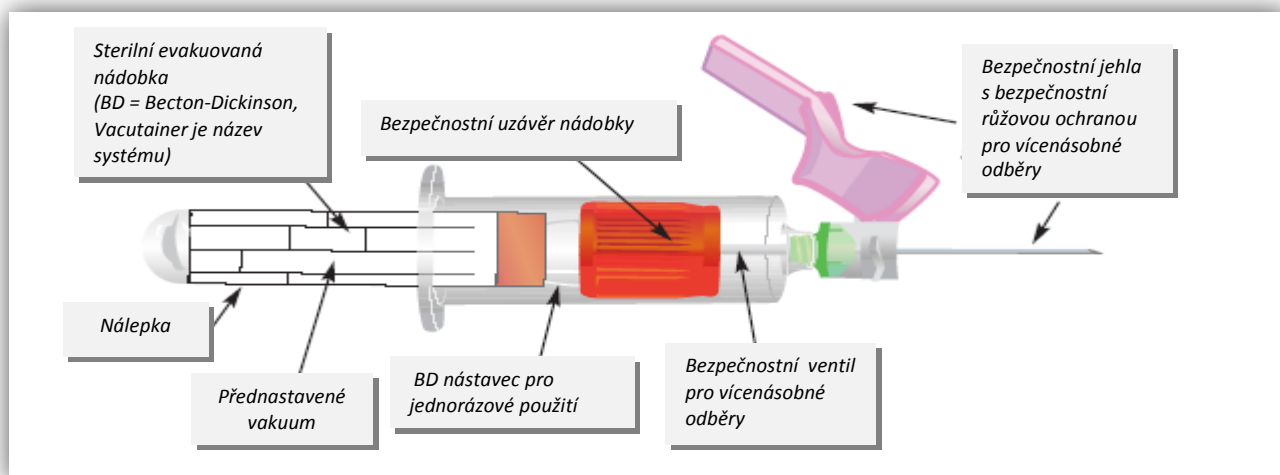
## Odběrové systémy

Moderní odběrové systémy určené k odběrům **krve** jsou *uzavřené odběrové systémy*. Uzavřené systémy představují bezpečné odběry pro pacienty i personál. Nedochozí k přímému styku s odebíraným materiálem, umožňují, mimo jiné, využít jeden vpich pro více odběrů pro různá pracoviště a různě odbornosti. Jsou vyráběny z materiálu na jedno použití, snadno spalitelného, šetří tak vodu, energii a

personál, nutné k mytí laboratorního skla. Kromě plastových však existují i skleněné ekvivalenty odběrových nádobek. Užívají se téměř výhradně, pokud však z nějakých důvodů nelze tento systém použít (malé děti), užije se systém otevřený.

Systém je tvořen odběrovou nádobkou, jehlou a odběrovým nástavcem. Do systému patří i turniket a nádobky na použité jehly a nástavce. Existuje spousta dalších prvků umožňujících různé vzájemné kombinace (např. integrace s transfuzním systémem), které vedou k úspoře práce zdravotnického personálu a maximálnímu šetření pacienta. V odběrových nádobkách různých velikostí je továrně připraveno definované vakuum, pomocí kterého se nabere přesné množství krve, což je důležité zejména tam, kde jsou v odběrové nádobce přítomna protisrážlivá činidla (antikoagulancia), případně jiná aditiva, tj. přísady (akcelerátory srážení apod.), vyžadující zachování přesného poměru aditivum/vzorek.

### Uzavřený odběrový systém Becton-Dickinson



Různé typy nádobek jsou odlišeny barevným uzávěrem indikujícím typ odběrové nádobky. Např. nádobky pro odběr séra (bez aditiva nebo s aktivátorem srážení) mají **červený** uzávěr, pro plazmu na krevní obraz **fialový** (s obsahem EDTA), pro hemokoagulace **modrý** (s citrátem sodným) atd. I když různí výrobci dodávají víceméně shodná barevná označení těchto uzávěrů (viz ilustrační materiály dále v textu), jednotný systém barevného kódování neexistuje.

Kromě uvedených běžných typů odběrových nádobek, existují i nádobky pro speciální odběry (nádobky se stabilizátorem pro odběr hormonů, zkumavky s velmi nízkým obsahem kovů, tzv. *metal free*, pro stanovení stopových prvků, mikrozkušavky pro odběry kapilární krve aj.), rovněž odlišené barevným uzávěrem.

Některé uzavřené systémy používají pístovou techniku (*Sarstedt*), tzn., že v nádobce je píst, který je možno použít "klasicky", tj.



pozvolným tahem za píst po vpichu nabrat patřičné množství krve jako klasickou injekční stříkačkou, nebo lze i v této nádobce vytvořit vakuum: zatažením za píst a jeho zalomením vznikne v nádobce vakuum



Mikrozkušavky pro odběry kapilární krve  
*greiner bio-one*

a odběr může proběhnout stejným způsobem jako u továrně evakuovaných nádobek. Jedná se tedy o smíšený systém.



Nádobky mohou obsahovat různé příměsi, např. akcelerátory srážení nebo naopak protisrážlivá činidla (antikoagulancia), případně separační zrna (krasten) nebo separační gely, které umožňují po oddělení séra (plazmy) od krvinek centrifugací, ponechat obsah nádobek bez oddělení séra (plazmy), protože separační gel zaručuje nepropustnost i pro ionty po dobu 48 hodin (podle typu nádobky).

**Jehly hadičky, nástavce**



Odběrová nádobka, nástavec, jehly, „motýlek“



Helping all people live healthy lives

## BD Vacutainer® Order of Draw for Multiple Tube Collections

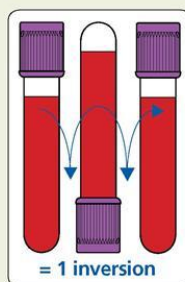
*Designed for Your Safety*

Reflects change in CLSI recommended Order of Draw (H3-A5, Vol 23, No 32, 8.10.2)

Closure Color	Collection Tube	Mix by Inverting
<b>BD Vacutainer® Blood Collection Tubes (glass or plastic)</b>		
	• Blood Cultures - SPS	<b>8 to 10 times</b>
	• Citrate Tube*	<b>3 to 4 times</b>
or	• BD Vacutainer® SST™ Gel Separator Tube	<b>5 times</b>
	• Serum Tube (glass or plastic)	<b>5 times (plastic) none (glass)</b>
	• BD Vacutainer® Rapid Serum Tube (RST)	<b>5 to 6 times</b>
or	• BD Vacutainer® PST™ Gel Separator Tube With Heparin	<b>8 to 10 times</b>
	• Heparin Tube	<b>8 to 10 times</b>
or	• EDTA Tube	<b>8 to 10 times</b>
	• BD Vacutainer® PPT™ Separator Tube K <sub>2</sub> EDTA with Gel	<b>8 to 10 times</b>
	• Fluoride (glucose) Tube	<b>8 to 10 times</b>

\* When using a winged blood collection set for venipuncture and a coagulation (citrate) tube is the first specimen tube to be drawn, a discard tube should be drawn first. The discard tube must be used to fill the blood collection set tubing's "dead space" with blood but the discard tube does not need to be completely filled. This important step will ensure proper blood-to-additive ratio. The discard tube should be a nonadditive or coagulation tube.

**Note: Always follow your facility's protocol for order of draw**



Handle all biologic samples and blood collection "sharps" (lancets, needles, luer adapters and blood collection sets) according to the policies and procedures of your facility. Obtain appropriate medical attention in the event of any exposure to biologic samples (for example, through a puncture injury) since they may transmit viral hepatitis, HIV (AIDS), or other infectious diseases. Utilize any built-in used needle protector if the blood collection device provides one. BD does not recommend resheathing used needles, but the policies and procedures of your facility may differ and must always be followed. Discard any blood collection "sharps" in biohazard containers approved for their disposal.

BD Technical Services  
**1.800.631.0174**  
 BD Customer Service  
**1.888.237.2762**  
[www.bd.com/vacutainer](http://www.bd.com/vacutainer)

1 Becton Drive  
 Franklin Lakes, NJ 07417  
[www.bd.com/Vacutainer](http://www.bd.com/Vacutainer)

BD, BD Logo and all other trademarks are property of Becton, Dickinson and Company. © 2010 BD  
 Franklin Lakes, NJ, 07417 1/10 V55729-6

Plakát firmy Becton-Dickinson uvádějící barevná značení (*levý sloupec*) nejčastěji používaných odběrových nádobek (*prostřední sloupec*) a způsob míchání obsahu nádobek (*pravý sloupec*). Ve spodní části plakátu je naznačeno, že jedním otočením (*1 inversion*) je míněno převrácení nádoby uzávěrem dolů a navrácení zpět. Promíchání obsahu nádoby s aditivu představuje důležitou součást prepreanalytické fáze.

Zkumavky SST™ tj. *Serum Separation Tubes*, mají vylepšený separační gel a jsou určeny k separaci séra.  
Zkumavky PST™ tj. *Plasma Separation Tubes*, mají vylepšený separační gel a jsou určeny k separaci plazmy.

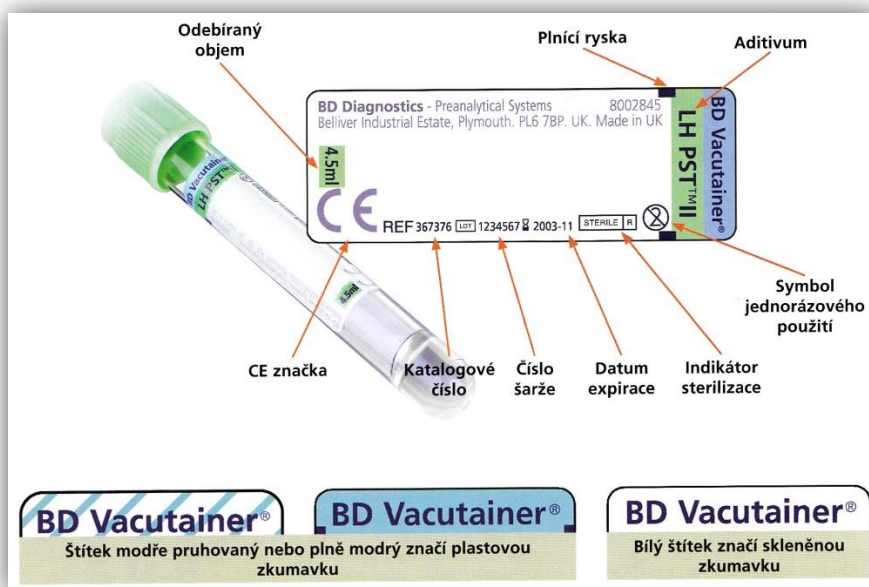
Zkumavky PPT™ tj. *Plasma Preparation Tubes* jsou určeny pro odběr venózní krve a přípravu nezředěné plazmy pro molekulárně biologická a další vyšetření, která vyžadují použití nezředěné plazmy.

Nejznámější odběrové systémy jsou od firem Greiner (Vacuette®), Beckton-Dickinson (Vacutainer™), Sarstedt (Monovette®) a Terumo (Venosafe™).

*Podrobný leták s jednorázovým odběrovým materiálem fy Greiner je k nahlédnutí [zde](#), odběrové nádoby firmy Sarstedt [zde](#), materiál fy Beckton-Dickinson [zde](#) a fy Terumo [zde](#).*

V *Dodatku* této kapitoly jsou pro srovnání uvedena další barevná značení uzávěrů odběrových nádobek od výrobců Beckton-Dickinson (BD Vacutainer), Terumo a Sarstedt (S-Monovette®). Jak již bylo uvedeno, určité sjednocování zde lze pozorovat, ale jednotný systém barevného značení to není.

Mnoho informací obsahuje i nálepka/štítek na odběrové nádobce. Velmi důležité je např. *datum expirace*. Příkladem může sloužit obrázek nálepky na odběrovou nádobku firmy Becton-Dickinson (*BD Vacutainer®*):



**Moč** se většinou sbírá po určitý časový interval, nejčastěji po dobu 24 hodin, tj. celý den, do čistých nádob (džbánů), případně do nádob s konzervační či jinou přísadou (např. HCl pro okyselení). Po promíchání celého množství a změření objemu se odlije vzorek do vzorkové nádoby (zkumavky) opatřené (většinou) žlutým víčkem.

Existuje i možnost bezkontaktního mechanického náběru vzorku moči ze sběrné nádoby (viz obrázek na další straně vpravo dole).

## Odběrový systém pro sběr moči fy Greiner Bio-One GmbH



Odběr vzorku moči z odběrové nádoby



Odběrová nádobka Vitrum® na vzorek stolice

**Stolice** se odebírá do plastových jednorázových nádobek. Pro některá vyšetření existují speciální odběrové nádoby

**Další biologické materiály**, např. pot, slzy, se mohou odebírat poněkud obtížněji, zvl. vzhledem k jejich množství. Často se nechá materiálem nasáknout filtrační papír, který se eluuje v příslušném elučním roztoku (pufr, fyziologický roztok).

## Odběry krve

Vlastní odběry krve již netvoří součást výuky laborantů. Odběry jsou prováděny zásadně lékařem nebo zdravotní sestrou, ve zdravotnické laboratoři se přijímá již odebraný materiál. Určitě je zajímavé zjištění, že mimo naše hranice provádějí odběry speciálně školení zdravotničtí pracovníci, tzv. flebotomisté, jejichž práce je pravidelně hodnocena. Přesto není na škodu se o odběrech alespoň částečně zmínit.

### Pro odběry vzorků krve platí některé obecné zásady:

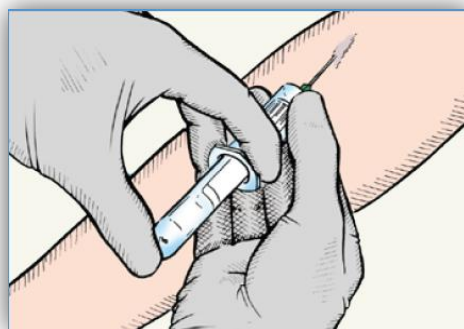
- mnohé analyty mění koncentraci v krvi během dne (vykazují tzv. *cirkadiánní fluktuace* v hladině), pro omezení vlivu těchto výkyvů je dobré provádět odběry v konkrétní hodinu, nejlépe mezi 7. – 9. hodinou ranní
- před odběrem by měl být pacient alespoň 5 min v klidu (doporučuje se 15 min. sezení); nedoporučují se odběry např. po ranním běhu či cvičení, přehnaná fyzická činnost by měla být vynechána alespoň tři dny před odběrem
- psychický stres může zapříčinit zvýšení hladin albuminu, fibrinogenu a glukosy, rovněž tak mohou být ovlivněny hladiny některých hormonů, např. aldosteronu, katecholaminů, kortisolu, prolaktinu a reninu; pacient by se tedy měl, pokud možno, vyvarovat mentálního/psychického stresu; velmi pozitivní vliv má klidná atmosféra před odběrem



- pacient by neměl před odběrem jíst, a to někdy i poměrně dlouhou dobu před odběrem, tj. 12 – 14 hodin; 12 hodinové lačnění je např. vyžadováno pro stanovení ALP, cholesterolů (celkového, HDL a LDL), triacylglycerolů, železa, kyseliny močové, fosforu, draslíku, glukosy a některých hormonů
- pacient by se měl před odběrem vyhnout zejména požívání nápojů s kofeinem, požívání alkoholických nápojů a kouření; alkohol by se neměl požívat minimálně 24 hodin před odběrem
- v některých případech je nutno vynechat i léky, které pacient užívá
- při vlastním odběru by měl pacient pokud možno ležet
- při dalších odběrech by měl mít pacient vždy stejnou polohu, ve které byl odebírán původně (aby byl zachován stejný plazmatický objem)

Odběr pomocí uzavřeného odběrového systému probíhá zhruba v těchto krocích:

- výběr vhodné odběrové nádoby (pro sérum, plazmu – EDTA, heparin ...)
- výběr vhodné jehly a nástavce, nasazení jehly do nástavce
- použití turniketu „zaškrvení“ paže na maximálně 1 minutu, cvičení paží pouze omezené, pokud možno však bez cvičení paží
- dezinfekce místa vpichu a vlastní vpich do vény
- nasazení nádoby
- vyjmutí nádoby po provedeném odběru (a její promíchání v případě aditiv v nádobce)
- případné další nasazení jiné nádoby (pro krevní obraz, koagulace...)



Jehla s „motýlkem“ umožňuje bezpečné zacházení při vpichu bez použití nástavce.

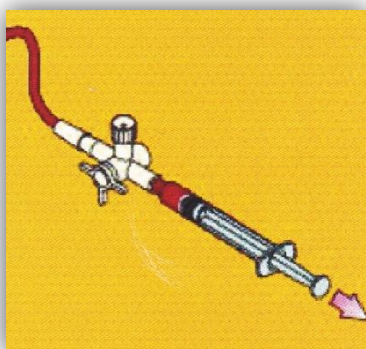
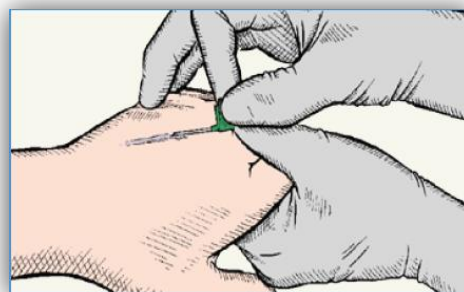


Schéma odběru krve z arteriální linky (kanyly) speciální odběrovou stříkačkou BD Vacutainer® A-Line. Vhodné zejména pro analýzu krevních plynů.



Některé odběry vyžadují vpich z prstu (glykemický profil, ABR), případně z ušního lalůčku (ABR). Odebírá se několik kapek kapilární krve do malé odběrové nádoby (1 - 1,5 ml), případně do kapiláry. Vpich se provádí speciální lancetou nebo injekční jehlou.

Nový typ lancety od fy Tecom Analytical Systems



Tři mechanické lancety a dvě mikrozkuřavky s nasazenou kapilárou.

## Typy krví

- **venózní** = žilní (nejobvyklejší způsob odběru); (anglické, užívané) označení/zkratka „v“ (*venous*)
- **kapilární** (především pro stanovení glukózy, případně laktátu) a kapilární arterializovaná (tj. dobře okysličená kapilární krev, především pro stanovení parametrů acidobazické rovnováhy); zde je lepší odběr z ušního lalůčku než z prstu; (anglické, užívané) označení/zkratka „c“ (*capillary*)
- **arteriální** = tepenná (nejčastěji pro analýzu krevních plynů); (anglické, užívané) označení/zkratka „a“ (*arterial*)

**Krev** obsahuje *buněčnou složku* (erytrocyty a leukocyty) a *plazmu*

**Plazma** obsahuje

1. **látky anorganické:**  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$
2. **látky organické:**
  - a. glycidové (glukóza, kyselina pyrohroznová, kyselina mléčná)
  - b. tukové (cholesterol, triacylglyceroly, volné mastné kyseliny, fosfolipidy)
  - c. dusíkaté
    - plasmatické bílkoviny (albumin, globuliny, fibrinogen)
    - nebílkovinné látky
      - metabolity (aminokyseliny, peptidy)
      - odpadové (bilirubin, močovina, kreatinin, kyselina močová)
    - dále enzymy normálně přítomné (např. enzymy krevní srážlivosti) a enzymy přítomné (ve zvýšené koncentraci) za patologických stavů (např. ALT, AST aj.).

**Sérum** (vzniká během procesu zvaného *srážení krve*). Oproti plazmě obsahuje méně bílkovin, dochází u něho vzhledem k plazmě k nárůstu ( $\uparrow$ ) koncentrace  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , Hb a enzymů (rozpad trombocytů a erytrocytů) a k poklesu ( $\downarrow$ ) koncentrace glukózy (spotřeba v pentózovém cyklu) a tím ke vzrůstu ( $\uparrow$ ) koncentrace laktátu.

### Časový průběh srážení krve

Prvních 30 minut po odběru se krev prakticky nesráží. Sérum se začíná tvořit až během dalších 9 – 12 minut. Celková doba srážení je 12 hodin. Důsledky této skutečnosti pro urgentní stanovení jsou zřejmé – je nutno analyzovat plazmu (odběrové nádobky s protisrážlivým činidlem, obvykle heparinátem lithným).

### Látky zabráňující srážení krve (antikoagulanty)

- oxaláty ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ )
  - citráty (citronany,  $\text{Na}^+$ )
  - fluoridy ( $\text{Na}^+$ )
  - chelaton III (komplexon III,  $\text{Na}^+$ )
- Poznámka: Uvedené látky vážou  $\text{Ca}^{2+}$ , citrát a komplexon i  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{Zn}^{2+}$  (protože tyto ionty jsou aktivátory alkalické fosfatázy - ALP, nelze posledně dvě jmenované látky použít při stanovení alkalické fosfatázy)*
- heparin ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{Li}^+$  - lithná sůl je vhodná pro stanovení iontů)

### Činidla pro odbílkování (deproteinaci) séra

U některých analýz je potřeba sérum deproteinovat. Hodí s k tomu např. tato činidla:

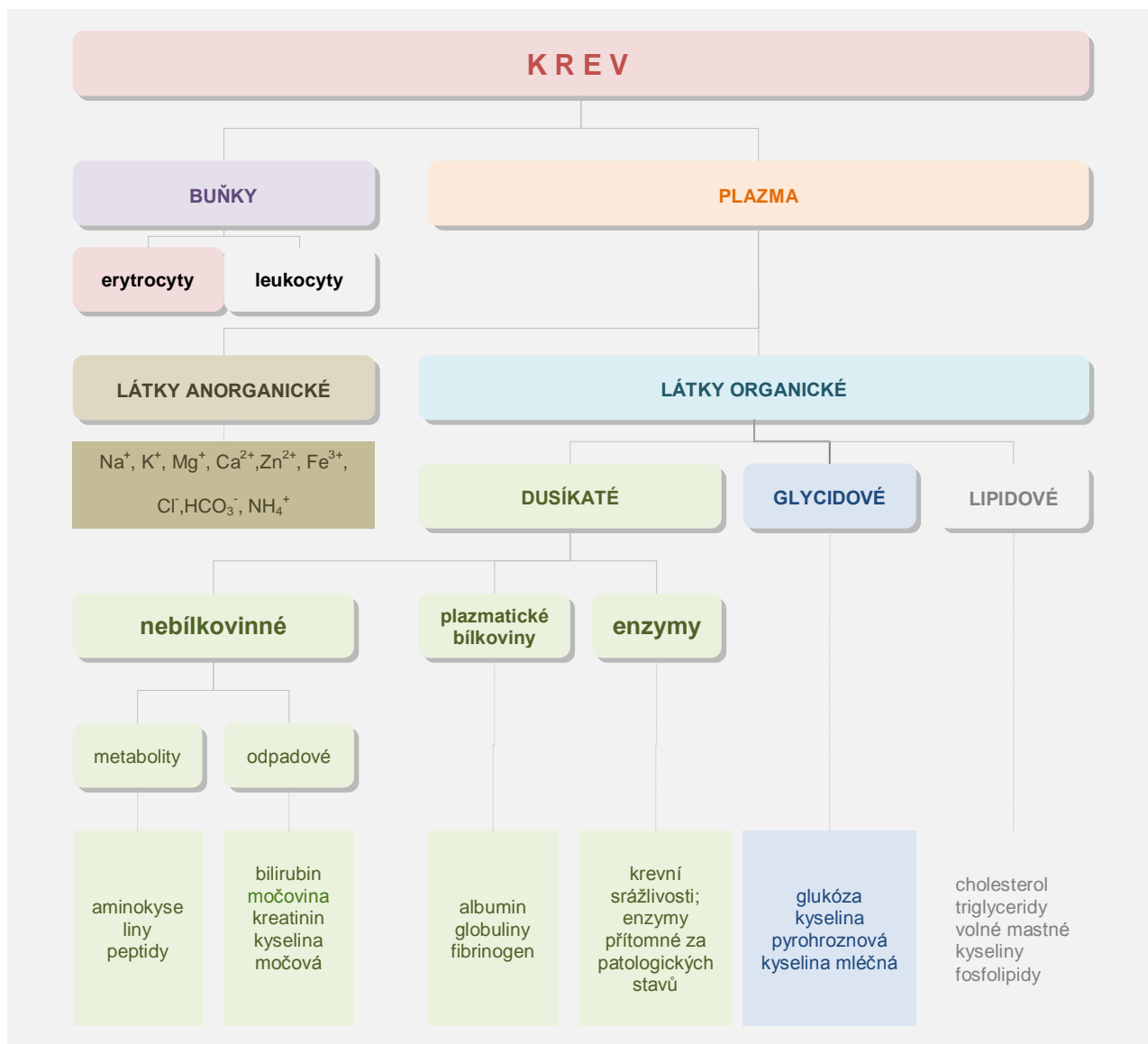
- *Folin a Wu* (činidlo): kyselina fosfowolframová
- *kyselina fosfowolframová v HCl* (sráží glykoproteiny)
- 5 – 10% *kyselina trichloroctová*
- *kyselina pikrová*
- *Somogyiho roztok*: hydroxid sodný a síran zinečnatý
- *octan uranylu v NaCl* („Urasol“ – *PLIVA-Lachema Diagnostika*)
- *kyselina sulfosalicylová*
- *kyselina chloristá* (nejlepší deproteinační činidlo)

**Látky, které se stanovují (přesněji: stanovovaly se) ve filtrátu (po odbílkování)**

Močovina, nebílkovinný dusík, glukóza, kyselina močová, kreatinin.

*Poznámka: Toto dělení má spíše historický význam, dnes se i tyto látky běžně stanovují bez odbílkování séra.*

### Schéma složení krve



**Poznámka:** ve schématu nejsou z důvodu přehlednosti uvedeny trombocyty, jako součást krve, která nepatří ani mezi buňky ani do plazmy

## Hemolýza

**Hemolýza** = rozpad erythrocytů a vylití jejich obsahu do krevní plazmy/séra

- In vivo* (tj. v živém organismu) při *intravaskulární hemolýze* (méně časté při srovnání s následující *in vitro* hemolýzou)
- In vitro* (doslova „ve skle“ tj. v odběrové nádobce) – při odběru, transportu a základním zpracování krve
  - mechanická* (příliš utažený turniket/škrtidlo, silné třepání se vzorkem místo jemného promíchání, jehla s malou světlostí, nasávání stříkačkou při odběru vzorku, vystřikování vzorku jehlou ze stříkačky do jiné nádoby, oddělení séra od plazmy po více jak 3 hodinách odstředování vzorku při vysokých otáčkách a/nebo příliš dlouho, doprava plné krve na velkou vzdálenost aj.)
  - osmotická* (mokrý zkušák – týká se otevřeného odběrového systému)
  - tepelná* (krev zmrzla nebo byla vystavena vysoké teplotě)
  - chemická* (dezinfekční prostředek – rozrušení membrány erythrocytu; např. dezinfekce na kůži před odběrem)

### Ovlivnění výsledků hemolýzou

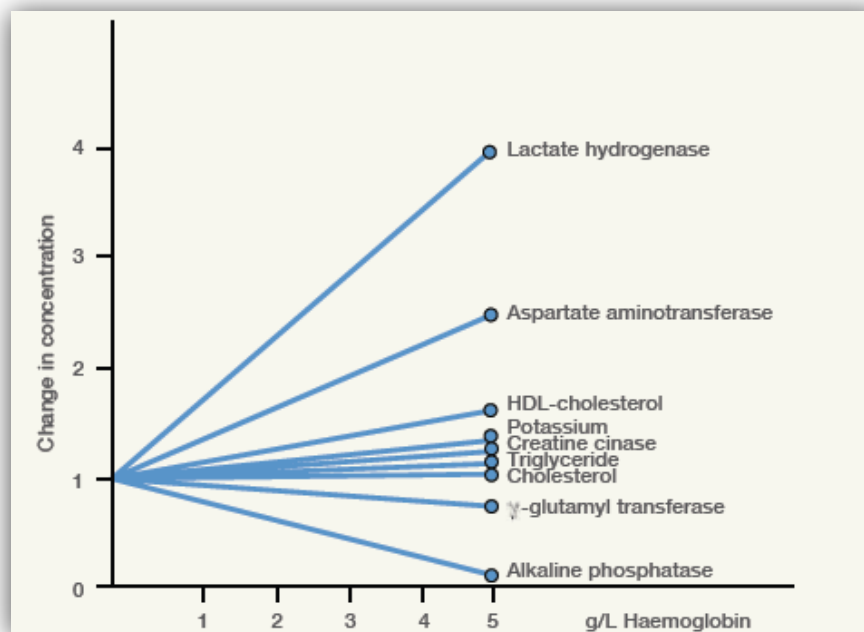
Hemolýza ovlivňuje konečné výsledky analýz, a to především těmito mechanismy:

1. Do plazmy se vyplaví obsah erytrocytů (zvýšení koncentrace K, Mg, LD, ACP, AST)
2. Vadí červené pozadí způsobené hemoglobinem
3. Hemoglobin působí jako pufr a mění pH činidla (např. pokles hodnot při stanovení ALP a albuminu)
4. Hemoglobin reaguje s činidlem a rozkládá ho (snížení výsledku při stanovení bilirubinu)

**Poznámka:** U intravaskulární hemolýzy obvykle nedochází k vzestupu hladiny draslíku, protože pokud jsou ledviny v pořádku, stačí ho vyloučit.

### Změny v koncentracích některých analytů při různých hladinách hemoglobinu

(tj. při různé stupni hemolýzy)



Change = změna  
Potassium = draslík  
(VACUETTE® Preanalytics Manual)

Sérum dále může být

- *ikterické* (tj. zbarveno bilirubinem) a také
- *chylózní*, tj. s obsahem tuků

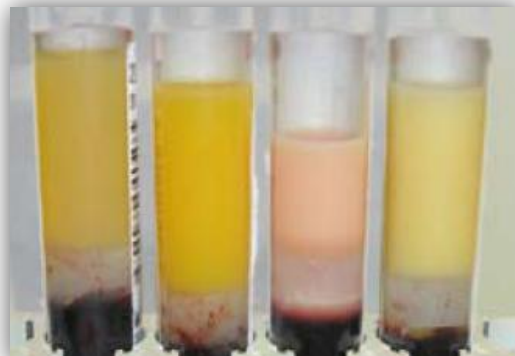
**icterus** (ř) = žloutenka, žluté zbarvení tkání způsobené bilirubinem

**chýlos** (ř) = střešní míza, tekutina mléčně zkalená, podobná mlíže, obsahující součásti vstřebané potravy, hlavně tuků

**Poznámka:** Řecké *icteros* původně označovalo žlvy, žlutozlatě vybarvené ptáky. Staří Řekové se domnívali, že nemoci, které se projevovala žloutenkou, se lze zbavit přenesením na žlvy prostřednictvím upřeného zírání na ně.



Různě hemolytická séra



Různě chylózní séra

## Ovlivnění výsledků analýz při odběru - shrnutí

Výsledek analýzy odebraného vzorku může být ovlivněn

- způsobem a kvalitou odběru
- dobou odběru (cirkadiánní rytmy, menstruační cykly, poslední jídlo)
- vlivy infuzní terapie (odběr ze stejné žíly, kam je zavedena kanyla, vzorek obsahuje část infuze)
- polohou pacienta při odběru (např. jiné hodnoty celkové bílkoviny při odběru stojícího a ležícího pacienta),
- místem odběru (jiné hodnoty krevních plynů z ušního lalůčku a z prstu)
- přídavky k odebrané krvi,
- druhem odběrové nádoby (správný výběr antikoagulantů, stabilizátoru, separačního gelu),
- při kapilárním odběru
  - nedodržení anaerobních podmínek (vzduchové bubliny, neucpaná kapilára)
  - špatným promícháním obsahu kapiláry
  - vymačkáváním krve (z prstu, lalůčku)
- dezinfekčním činidlem,
- stažením paže,
- způsobem uchování vzorku,
- hemolýzou
- záměnou materiálu (plasma versus sérum – různé hodnoty analytů)
- nesprávně odebraným množstvím materiálu (málo vzorku může znamenat nedodržení nutných poměrů vzhledem k antikoagulantům, některé analytické systémy mohou nabrat málo materiálu, což může vést k falešně nižším výsledkům)
- špatnou identifikací pacienta, záměnou odběrové nádoby aj. hrubé chyby.

Minimálním požadavkem je neměnit polohu pacienta při opakovaných odběrech. Doporučuje se odběr *ležícího* pacienta (změny v nálezech v krvi odebrané od stojícího pacienta jsou 10-15% proti odběru od ležícího pacienta).

## Doprava materiálu do laboratoře, příjem požadavků, materiálu a výdej výsledků

Doprava biologického materiálu od odebírajícího do zdravotnické laboratoře leží někde na „pomezí“ mezi prepre- a preanalytickou fází. Odpovědnost za tuto část preanalytické fáze sice nese laboratoř, ale svou účast by neměl opomíjet ani odebírající zdravotnický personál. Minimálně v tom, aby dbal na dodržování dohodnutých přepravních dob a na správné uložení biologických vzorků do přepravního boxu, zejména za extrémních klimatických podmínek (mráz, horko).

### Svoz materiálu

Mezi jednotlivými zdravotnickými zařízeními (vzdálená laboratoř, svoz od obvodních lékařů, svoz do specializované laboratoře apod.) zajišťuje dopravu svozová služba, kterou buď příslušné zdravotnické zařízení samo provozuje, nebo si ji pronajímá. Některé materiály (koncentrát erytrocytů, tj. „erymasa“, plazma) dopravuje zdravotní služba (sanitky), případně rychlá zdravotnická pomoc (RZP).

Během dopravy je třeba zajistit, aby se materiál nevyliil, navzájem nepromíchal, aby nebyl vystavován extrémním změnám teploty, aby

Ukázka dataloggeru, teploměru průběžně zaznamenávajícího teplotu, s vnitřním čidlem, s možností napojení na PC, vhodného k průběžnému sledování teploty (např. v přepravním boxu). COMET SYSTEM, s.r.o.

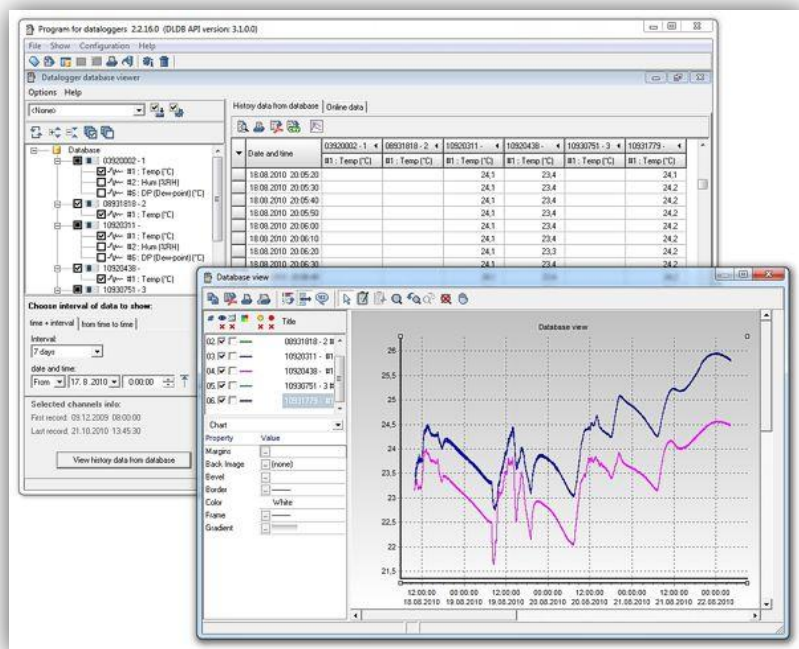


Přepravní box (tzv. aktivní, s chladicí jednotkou připojitelnou na autobaterii i na síť) ENGEL K-MT-35-F12/24/230V





nebyl mechanicky namáhán (třepání za jízdy) atd. Některé druhy materiálů (krevní deriváty k aplikacím) vyžadují striktní dodržení teploty v určitém intervalu, což předpokládá použití chladniček, mrazniček a sledovacích čipů či jiných zařízení, která monitorují teplotu po celou dobu přepravy (datový záznam lze přenést do počítače, ve kterém je uchováván a je možno ho vytisknout ve formě datového listu a/nebo grafu).



Ukázka výstupu z dataloggeru, Vzadu protokol, vpředu záznam teplotních křivek ; teplota je zaznamenávána v (uživatelem) předem určených časových intervalech

WEBy: <http://www.cometsystem.cz/>; [www.testo.cz](http://www.testo.cz)

## Příjem požadavků, materiálu a výdej výsledků

Zde se již jedná o tu část preanalytické fáze, která probíhá ve zdravotnické laboratoři.

V principu je možný dvojitý příjem požadavků a materiálu i výdej výsledků:

- *příjem požadavků a výdej výsledků*
  - přímo u příjmového okénka, osobně
  - prostřednictvím nemocničního informačního systému (NIS), elektronicky
- *příjem materiálu*
  - osobně u příjmového okénka
  - prostřednictvím dopravníku (potrubní pošta)

Podrobnosti k potrubní poště na <http://www.potrubniposta.cz/>

Nejstarší je způsob *osobní*, kdy laborant přebírá materiál i požadavek (žádanku) na analýzy u příjmového okénka, případně stejným způsobem i vydává výsledky. Požadavky může zapisovat do příjmové knihy, nebo je zadat do laboratorního informačního systému (LIS), což je v současnosti nejčastější, nebo spíše výhradní způsob záznamu požadavků. Požadavky lze též odečíst z některých typů žádanek "čtečkou", tj. zařízením, které je schopno této činnosti. V této souvislosti jsou hojně využívány tzv. čárové kódy (pro identifikaci pacienta, zkumavky, požadavků atd.).

Mnohá zdravotnická zařízení mají vybudovanou počítačovou síť a provozují na ní některý z vyšších softwarových systémů, např. *nemocniční informační systém (NIS)*, pomocí kterého lze mimo jiné zadávat požadavky na laboratorní provozy i odečítat, případně i tisknout, laboratorně validované/verifikované výsledky.

Příjem materiálu nemusí být osobní, může se dít např. prostřednictvím potrubní pošty, což je rychlý a efektivní způsob přepravy vzorků.



Odběrové nádoby jsou uzavřeny ve speciálních pouzdrech a dopravovány stlačeným vzduchem soustavou potrubí. Existují i jiné způsoby transportu, např. připomínající vlak, protože vzorky jsou přepravovány ve speciálních vozíčkách po kolejích.

Přednost v současnosti mají ty systémy, které maximálně vylučují lidský zásah (čárové kódy, čtečky, NIS, LIS, pneumatická doprava...). Eliminují se tím chyby způsobené lidským faktorem, práce je snazší a rychlejší, a to nejen v běžném provozu, ale zejména o pohotovostních službách, kdy personální obsazení provozu je menší než při běžném provozu rutinním.

Závěrem je třeba se ještě zmínit, že pro provozy s denním příjmem vzorků nad 1000 - 1500 se začínají zavádět některé ze systémů, které zcela, nebo alespoň částečně, automatizují preanalytickou část vyšetření. Tyto systémy dovedou automaticky zcentrifugovat vzorky, odzátkovat odběrové nádoby, rozpipetovat potřebná množství (aliquoty) séra či plazmy do příslušných nádobek ve vhodných stojanech, případně i tyto stojany dopravit k určitému automatickému analyzátoru (biochemickému, hematologickému, imunologickému...). Vznikají tak automatizované linky ([viz](#) též kapitola 22. Mechanizace a automatizace).

## Skladování biologického materiálu

Biologický materiál podléhá zkáze, málokterý analyt je stabilní. Stabilita analytů je doba, po kterou se počáteční obsah (koncentrace, aktivita aj.) analytu ve vzorku při skladování za přesně definovaných podmínek nemění.

Kvantitativně je stabilita vyjádřena jako *čas, během kterého se počáteční koncentrace analytu nezmění o více než 1/12 referenčního intervalu při 95% intervalu spolehlivosti.*

Většinou je pro zachování stability analytů nutná snížená teplota skladování, případně zmrazení materiálu na poměrně nízké teploty (-20 °C, -30 °C i méně: některé vzorky, zejména tkáně, se přechovávají při -80 °C, případně v tekutém dusíku). V laboratořích je třeba zavést závazné předpisy pro uchovávání materiálu pro jednotlivé analýzy, ve kterých musí být uvedena skladovací teplota, případná ochrana před světlem, doba skladovatelnosti a laboratorní personál musí znát obecné zásady skladování biologického materiálu a musí vědět, kde je umístěna příslušná příručka konkrétně popisující skladovací podmínky.

## Ovlivnění výsledků transportem a skladováním

Na konečné výsledky může mít vliv v těchto úsecích preanalytické fáze především

- působení času, teploty a mechanických vlivů (otřesy a vibrace – denaturace bílkovin, enzymů), nezakrytý vzorek  $\Rightarrow$  možnost kontaminace, převrácení nádobek se vzorky atd. během transportu vzorku z místa odběru do laboratoře

**Skutečná příhoda:** *Byl zjištěn náhlý vzrůst koncentrace kreatininu v séru u pacienta, kde k tomu nebyl důvod. Příčina – osoba přenášející vzorky v otevřených nádobkách na nádvoří nemocnice zaškolbrla a došlo k přelíčení části vzorku moče (stál za zkumavkou se sérem) do sérové zkumavky.*

- skladování vzorků v laboratoři (teplota, světlo, mechanické vlivy...)
- nestandardní zacházení se vzorky (je nutno zavést závazné pokyny pro zacházení se vzorky = standardizace způsobu posílání vzorků do laboratoře)

## Příprava biologického materiálu k analýze

Nejčastějším zpracovávaným materiálem je sérum. Zde je potřeba vyčkat dostatečně dlouhou dobu, než se sérum vysráží. Záleží na použité odběrové nádobce, jestli obsahuje akcelerátor srážení nebo je bez přísad. V čisté zkumavce probíhá srážení asi hodinu, ve zkumavce s akcelerátorem asi 5 minut. Je-li materiálem plazma, nečeká se na srážení, proto je tento materiál vhodný k urgentním analýzám. V obou případech je důležité zachovat správné podmínky centrifugace (odstředování) materiálu, aby došlo k dokonalému oddělení séra (plazmy) od erytrocytů, aby v případě plazmy došlo i k dokonalé sedimentaci leukocytů (důležité zvl. při imunochemických analýzách, např. při stanovení *troponinů*).

Příliš velká *relativní odstředivá síla* (vysoké otáčky) při centrifugaci může naopak vést k rozbití buněk např. při vyšetřování *močového sedimentu*. V některých případech je nutno centrifugovat při snížené teplotě okolí (chlazené centrifugy). Tak je tomu při analýzách některých hormonů.

Základní vlivy centrifugace na konečný výsledek tedy mají

- relativní centrifugační/odstředivá síla (RCS)
- doba odstředování
- teplota při odstředování

Některý materiál je potřeba stabilizovat přidáním stabilizátorů (např. *aprotinin* [inhibitor proteáz] pro analýzu hormonů), nebo okyselit, aby došlo k rozpuštění vysrážených komponent (okyselení moči pro analýzu  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) atd.

### Další činitelé mající vliv na konečný výsledek analýzy

- Velmi důležitá je čistota laboratorního skla: např. mnoho laboratorních zkoušek/testů využívá enzymy, případně přímo enzymy stanovuje, při analýze stopových prvků není nutno se o čistotě laboratorního skla ani zmiňovat - je třeba pokud možno používat jednorázové pomůcky, případně i speciální odběrové nádoby (viz dále)
- Zbytky čisticích a dezinfekčních prostředků mohou způsobit podstatné zkreslení výsledků
- Důležitou roli hraje čistota vody používané při analýzách; používá se především deionizovaná voda, která se např. pro enzymové analýzy upřednostňuje před vodou destilovanou; vodivost deionizované vody pro analýzy s využitím enzymů (a pro automatické analyzátoři) vyžaduje vodivost pod 3  $\mu\text{S}$

### Některé speciální otázky preanalytické fáze

- *imunochemická měření*: zde je třeba zvláště pečlivě volit vhodné odběrové nádoby (např. některé separační gely ovlivňují některá imunochemická stanovení; podmínkou použití je důkladné prostudování příbalového letáku, případně dotaz na dodavatele), používat nádoby s vhodnými stabilizátory (např. pro odběr hormonů)
- *analýza lékových hladin*: je nutno brát ohled na správné načasování odběrů vzorků (před podáním léků, ve vhodné fázi po podání léku – při maximální koncentraci v séru, při minimální koncentraci v séru, atd.); co se týká odběrových nádobek platí totéž co pro imunochemická měření
- *metody molekulární biologie*: jsou to extrémně citlivé metody, je proto třeba klást zvýšený důraz na zábranu kontaminace
- *měření krevních plynů (ABR) a iontů systémy s iontově selektivními elektrodami (ISE)*: je nutno dbát na stabilitu složení vzorků – zejména na včasnou dopravu vzorků do laboratoře, případně vhodné uchování při nemožnosti provést okamžitě analýzu; volba odběrových kapilár může hrát svou roli, různé typy (z různých materiálů) jsou různě propustné pro plyny, což zvl. při delší pauze od odběru může mít vliv na složení vzorku
- *měření stopových prvků (Zn, Se, Cu, Cd, Pb apod.)*: brát v potaz, že mohou existovat různé zdroje kontaminace, používat speciální odběrové nádoby, nejlépe jednorázové, nebo alespoň pečlivě připravené (např. máčením ve zředěné kyselině solné)

### Jak minimalizovat změny v preanalytické fázi

Ovlivnění průběhu preanalytické fáze (včetně prepreanalytické) je (a mělo by být) v rukou laboratorních pracovníků. Tato část laboratorního vyšetření má významný vliv na konečný výsledek a určitě je zájmem každého laboratorního pracovníka, aby výsledky vydávané laboratoří byly co nejlepší.

#### Proto je třeba

- dokonale vycvičit zdravotnický personál provádějící odběry (včetně poučení o rizicích odběrů); poučit veškerý o zdravotnický personál o vlivu preanalytické fáze, což lze realizovat jak pomocí různých příruček, zejména *Laboratorní příručky*, tak pomocí přednášek a školení (v režii laboratorního oddělení)
- kontrolovat dodržování zásad preanalytické fáze (v laboratořích, nejlépe v rámci interních auditů, podobně tak na klinických odděleních a v ambulancích a v ordinacích)
- zavést plnou identifikaci laboratorních vzorků biologických materiálů, tzn. maximálně využívat soudobou techniku zahrnující čárové kódy, mikročipové kódy apod.
- používat primární vzorky (přímo odběrové nádoby bez přepipetování), případně využívat techniku přímo vyvinutou pro rozpipetování vzorků do sekundárních zkumavek (tj. tvorbu alikvotů), čili zavést preanalytické či perianalytické moduly tam, kde je to možné a má to své opodstatnění (*automatizace preanalytické fáze*)
- zavést předpisy na použití vhodných odběrových nádobek (v laboratořích, na klinických odděleních, v ambulancích a ordinacích); to lze realizovat např. vydáním speciálních návodů či příruček, anebo přímo v *Laboratorní příručce* uváděním vhodných typů odběrových nádobek u jednotlivých analytů

- aby zdravotnická laboratoř zavedla systém kontrol pro *testy prováděné u lůžka (POCT)* a tyto testy sledovala, aby si uvědomovala svou zodpovědnost za tyto testy, aby poskytla klinickým pracovníkům srozumitelné návody, zaškolení a zázemí ve formě celkové spolupráce
- standardizovat dopravu a přepravu laboratorních vzorků do klinických laboratoří
- provázat LIS a NIS aby bylo možno přesně sledovat časový průběh preanalytické fáze, tzn. čas ordinace testu, skutečný čas odběru, čas příjmu v laboratorním provozu; návazně potom čas ukončení celého procesu v laboratoři, tj. čas podpisu a výdeje výsledků a celkovou dobu, kterou vzorek stráví v laboratoři (tzv. *TAT – turn around time*)
- vytvořit závazná pravidla preanalytické fáze formou standardních operačních předpisů (SOP) a laboratorních příruček

Dokonalé poznání všech zdrojů preanalytických změn a jejich eliminace nebo alespoň minimalizace vede k dosažení

- maximální stability obsahu analytů ve vzorcích
- minimálního ovlivnění obsahu analytů ve vzorcích nežádoucími vlivy.

### Chyby v postanalytické fázi

Rovněž postanalytická fáze přináší problémy, které mohou vést ke špatným výsledkům měření.

Mezi nejznámější příčiny postanalytických chyb patří

- nesprávné opsání výsledku (vynechání desetinné čárky, špatné číslo)
- nesprávný přepočet výsledků (nesprávný vzorec, faktor, přepsání se na kalkulačce, špatná obsluha kalkulačky)
- nesprávné zařazení výsledku (k jinému pacientovi)
- nesprávné odeslání výsledku (na jiné oddělení, jinému lékaři)
- špatná interpretace výsledku (ale to už patří do postpostanalytické fáze).

Většinu uvedených příčin postanalytických chyb řeší zavedení laboratorních informačních systémů, školení laboratorního personálu apod.

### Výpočetní technika, IT technologie a automatizace v laboratoři

Výpočetní technika a navazující technologie se ve zdravotnické laboratoři využívají prakticky v celém laboratorním procesu.

#### Výpočetní technika v laboratoři

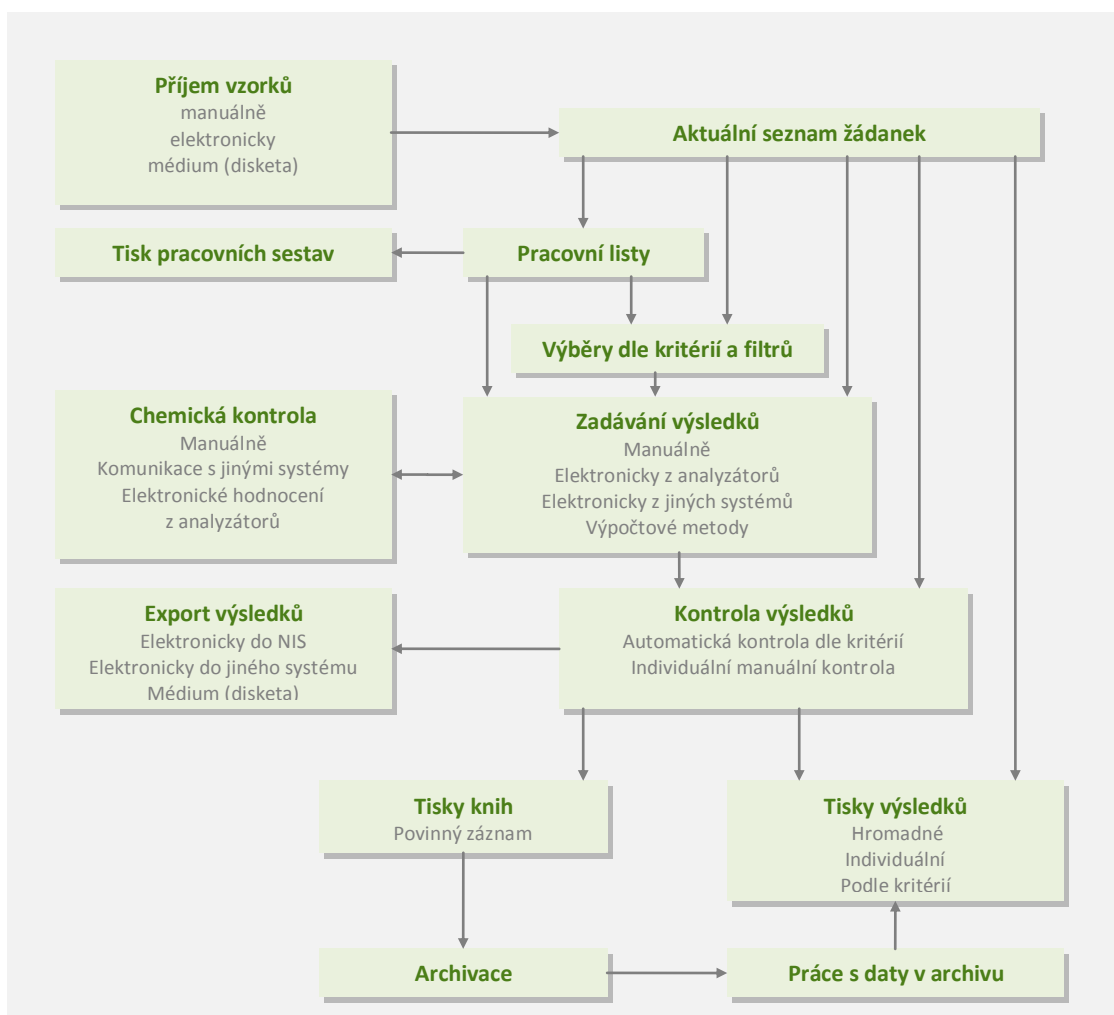
- tvoří laboratorní počítačovou síť, ve které je instalován *laboratorní informační systém (LIS)*, který pracuje buď samostatně, nebo v návaznosti na *nemocniční informační systém (NIS)*
- tvoří součást automatických analyzátorů (řídící a organizační jednotka); dříve počítačová část tvořila součást analyzátoru, moderní přístroje mívají tuto část oddělenou od analytické části (počítač je zvlášť)
- umožňuje využívat různé (*klinické*) *expertní programy* (pro zpracování a zhodnocení výsledků – např. *funkce ledvin* apod.).
- umožňuje využívat běžné programy (Excel, Word apod.) pro běžnou i méně běžnou laboratorní práci analytickou, přednáškovou, edukační atd.

**Laboratorní informační systému (LIS)**, nazývaný také *laboratorní informační a řídicí systém (LIRS)*, případně *laboratorní informační a manažerský systém (LIMS)* znamenal první významný posun vpřed v usnadnění práce a při eliminaci laboratorních chyb vyplývajících zejména z administrativy. LIS je počítačový program, který umožňuje a usnadňuje mnoho laboratorních činností. Jaké, vysvitne z citace manuálu k programu Progres-Lan, firmy CompuGroup Medical.

**LIS umožňuje**

- příjem a evidenci požadavků na vyšetření pro jednotlivé pacienty (příjem žádanek v papírové formě i jejich import v elektronické podobě nejčastěji z NIS)
- ruční zadávání požadavků a ruční záznam výsledků
- komunikaci s automatickými analyzátoři (on line zadávání požadavků pro jednotlivé automaty a on line záznam výsledků z připojeného automatu do žádanek)
- archivaci výsledků (na záznamová média, tisk archivačních knih)
- kontroly výsledků analýz (chemická kontrola, SIKK)
- výdej výsledků (zpracovaných požadavků) v papírové i elektronické formě; tisk výsledků v různých formách
- sledování ekonomických ukazatelů
- sestavení účtů pro zdravotní pojišťovny
- provádění základních statistických výpočtů
- komunikaci s jinými informačními systémy (IS).

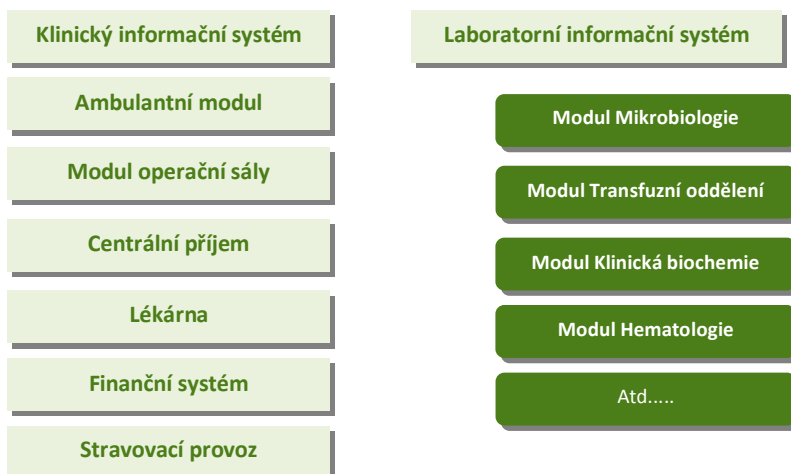
Jednotlivé funkce jsou znázorněny na schématu na následující straně.

**Architektura LIS Progres-Lan firmy CompuGroup Medical**

**Nemocniční informační systémy** jsou počítačové programy, které umožňují správu dat v rámci celé nemocnice. Propojení LIS a NIS je velmi výhodné pro obě strany – elektronické zadávání požadavků a elektronické vydávání výsledků. I zde se významnou měrou snižuje riziko administrativních chyb, záměn vzorků a celkový čas zpracování vzorků (TAT) se zkracuje.



## Příklad modulového složení NIS



## Mechanizace v laboratoři

Ještě než přikročíme k automatizaci preanalytické fáze, je záhodno zmínit se o *mechanizaci* v laboratoři, která procesu *automatizace* předcházela.

**Mechanizace** [mechane, ř. = stroj, prostředek] je využití jednoduchých zařízení a přístrojů v jednotlivých krocích preanalytického i analytického postupu, namísto komplikované manuální činnosti (pístové pipety, dávkovače, odsávací kyvety apod.).

Nástup

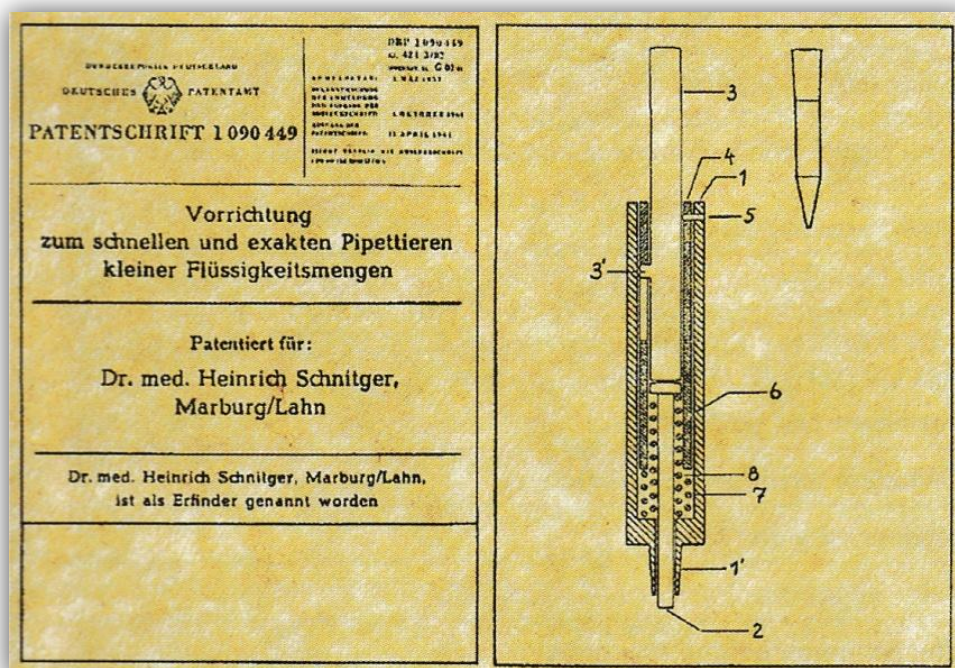
mechanizace do laboratoří byl v našich podmínkách koncem šedesátých let minulého století a vrcholil v letech sedmdesátých.

Na obrázku vpravo je zobrazena část patentového spisu č.

1 090 449, ve kterém si nechal v roce 1958 dr.

H.Schnitger z Institutu pro fyziologickou chemii University v Marburgu patentovat

pístovou pipetu (*Marburgská pipeta*).



Pístová pipeta byla nesporným pokrokem zejména s ohledem na bezpečnost práce laboratorního personálu. Mimoto zvýšila i výkonnost, protože pipetování s ní bylo snazší a rychlejší a díky jednorázovým špičkám značně omezila přenos (tzv. *carry over*) z pozitivního materiálu do materiálu negativního (zabránila kontaminaci). V *Dodatku* je pro zájemce více podrobností o těchto pipetách.

## Automatizace preanalytické a postanalytické fáze

**Automatizace** [automatos, ř. = z vlastního podnětu] je využití automatů, tj. přístrojů pracujících samostatně, autonomně. Automaty jsou přístroje opatřené zpětnou vazbou, která ovlivňuje vstup. Jsou tedy schopny regulace a samostatné, čili autonomní práce. Rozvoj automatů byl umožněn rozvojem techniky, zejména výpočetní.

Automaty vstoupily do našich laboratoří v osmdesátých letech (v ostatní Evropě v letech sedmdesátých), masivního rozšíření se dočkaly počátkem devadesátých let.

**Poznámka:** Kromě předpony „pre-“, ve smyslu „před“ či „předcházející“, kterou již známe, se v dalším textu setkáme i s předponou „peri-“, a to ve smyslu „okolo“, „kolem“. Nebo, přesněji, pojem „perianalytický“ obsahuje v sobě jak část preanalytickou, tak postanalytickou. Perianalytický modul, na rozdíl od preanalytického, manipuluje se vzorky i po jejich analytickém zpracování (typická činnost – archivace, tj. uložení vzorku).

### Co lze v preanalytické a postanalytické části automatizovat?

Již na počátku výkladu je záhodno zdůraznit, že automatizace preanalytické fáze (a tím spíše i postanalytické) má význam pouze ve velkých laboratorních provozech, tzn. v laboratořích s denním počtem vzorků >1000.

V **preanalytické fázi** lze automatizovat poměrně hodně činností.

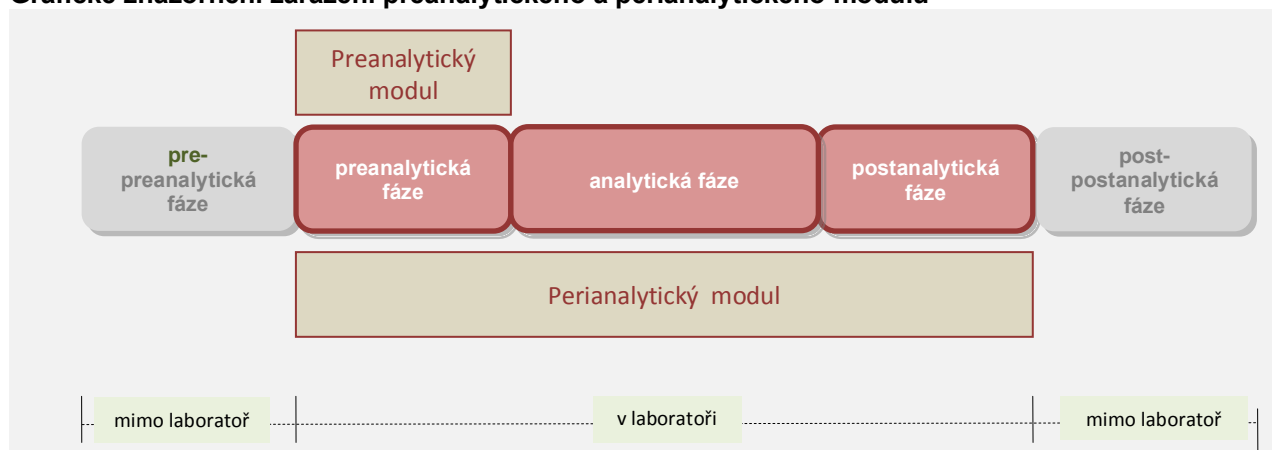
Zejména jsou to

- načtení materiálu identifikovaného při příjmu do zdravotnické laboratoře
- centrifugace
- odzátkování
- rozpipetování vzorku do příslušného počtu sekundárních zkumavek, tj. alikvotace
- označení alikvotů (polepením štítky s čárovým kódem)
- případné zátkování příslušných alikvotů
- roztrídění alikvotů do různých stojanů (podle potřeb jednotlivých analyzátorů)
- transport alikvotů k jednotlivým analyzátorům
- sledování kvality séra kamerou (hemolýza, ikterus, chylozita i přítomnost sraženin)

V **postanalytické části** jsou to

- archivace vzorků
- likvidace archivovaných vzorků v určenou dobu
- vytrídění a návrat vzorků pro dodatečnou analýzu („doordinování testů“).

### Grafické znázornění zařazení preanalytického a perianalytického modulu



Automatizace preanalytické fáze má své počátky v 80. letech 20. století a její rozvoj nastal počátkem 90. let zejména v Japonsku. Zhruba po roku 2000 se tato forma automatizace postupně rozšiřovala i do USA a do Evropy.

Preanalytický automatizovaný modul může být součástí celkové automatizace laboratorního provozu (*Total Laboratory Automation – TLA*), kde dopravu vzorků k analyzátorům zajišťují různé formy dopravníků, nebo může tvořit solitér, samostatné zařízení, kde dopravu vzorků a alikvotů k jednotlivým analyzátorům zajišťují lidé. V tomto případě se hovoří o *diskrétní* automatizaci. Některé systémy mohou pracovat jak samostatně, tak mohou být zařazeny do analytické linky. Systémy mohou být jak specializované, tj. určené pro konkrétní analyzátor či analyzátory, tak všeobecně použitelné, tzn. lze je zařadit před jakýkoliv typ analyzátoru či analyzátorů (od různých výrobců).

Preanalytický systém má svůj vlastní ovládací počítačový program – software, který je spojen s laboratorním informačním systémem, ze kterého čerpá zejména informace o jednotlivých vzorcích a na základě této informace potom s daným vzorkem patřičně nakládá. Většinou je k dispozici ještě další software, který spojuje softwary pre(per)analytického systému s LIS. Pro tento typ softwaru se užívá pojem *middleware*.

## Příklady preanalytické a postanalytické automatizace

### Diskrétní automatizace

Příkladem diskrétní automatické preanalytické pracovní stanice je *Tecan Genesis FE500*, která třídí, centrifuguje, odvíčkovává, opatřuje nálepkou, alikvotuje a umisťuje zpracované vzorky do analytických stojánek. Výkon jednotky je 500 zkumavek za hodinu. Obsluha odnáší stojánky k jednotlivým analyzátorům.



Tecan Genesis FE500

Firma Beckman Coulter nabízí *AutoMate™ 2500 Family Sample Processing Systems* s výkonem 800 – 1200 zkumavek/nádobek za hodinu a *Power Processor Sample Handling System*, který navíc obsahuje automatickou centrifugu a je určen pro automaty firmy Beckman Coulter. Může stát samostatně i pracovat v lince. Systém nabízí průchodnost 800 – 1200 zkumavek za hodinu, čtení čárových kódů, alikvotaci 300 vzorků za hodinu, 3D sledování barevných uzávěrů zkumavek (zábrana chyb záměnou materiálu), sledování objemu ve zkumavkách, využití různých typů zkumavek, třídění do různých typů stojánek, přetřídění stojánek po analýze pro využití na jiném analyzátoru či pro archivaci, opětovné uzavření stojánek, intuitivní software a jednoduché hledání závad.



AutoMate™ 2500 Family



Power Processor Sample handling System

Firma PVT LabSystems, USA, se nevyhnula osudu mnoha jiných firem, které přestaly samostatně existovat a byly začleněny do firmy jiné, a v březnu 2011 se stala součástí firmy Roche, pro kterou vyvíjí a vyrábí automatické produkty.

Třídící systém *cobas p 612*, pracující se stojánky určenými pro analyzátoř série *cobas® 6000*, systém *Elecsys 2010*, analytické a preanalytické systémy *MODULAR*, systémy *COBAS Integra 400 Plus a 800* s nezávislými/neutrálními stojánky a stojánky určenými pro archivaci vzorků.

Selektivně odvíčkovává, alikvotuje do nádobek označených čárovými kódy, třídí nádoby do cílových stojánek pro analyzátoř, archivuje, vestavěnou kamerou sleduje kvalitu séra, rozměry nádobek a přítomnost víčka. Je možno vybavit ho automatickou centrifugou a dalšími funkcemi. Průměrný průchod je 655 nádobek za hodinu.



LabFLEX3500



Cobas p 612

*LabFLEX3500*, modulární automatizovaný systém pro přípravu vzorku, výrobce Hitachi Aloka Medical, Ltd. Archivační a skladovací systémy vyrábí např. firma Nexus Biosystems®, na obrázku univerzální archivační systém.



Universal Store Nexus Biosystems®

### Systémy pro celkovou laboratorní automatizaci (TLA)

#### ACCELERATOR Automatic Processing System (APS), Abbott.

Zařizování vyrábí italská firma Impeco. Jedná se o flexibilní modulární systém, který si uživatel může poskládat dle svých potřeb. Je určený pro celkovou laboratorní automatizaci. Součástí systému je konfigurovatelný *middleware*, který posiluje pracovní efektivitu a snižuje počet procesních chyb. Přitom je dostatečně pružný, aby bylo možno zabezpečit potřeby dané laboratoře.

Základní idea celého systému je v následující tabulce:

Řízení procesů			
<i>ACCELERATOR Automated Processing Systems</i> <i>Preanalytická část</i>	<i>ACCELERATOR Automated Processing Systems</i> <i>Transport vzorků</i>	<i>ACCELERATOR Decision Manager</i> <i>Propojení veškerých laboratorních činností</i>	<i>ACCELERATOR Automated Processing Systems</i> <i>Archivace vzorků a opakování analýz</i>



Z uvedeného je zřejmé, že systém obsahuje minimálně čtyři moduly.

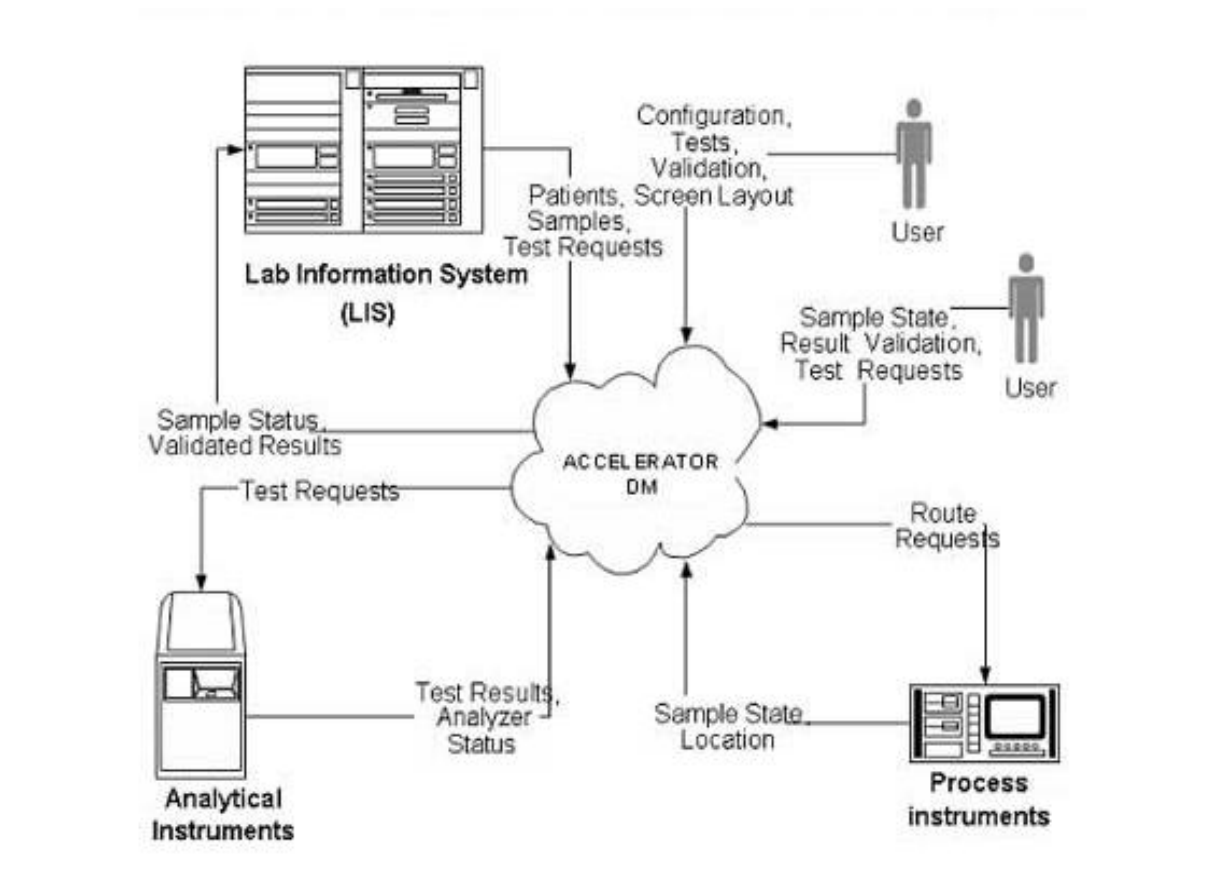
Tři moduly APS (automatické procesní systémy)

- preanalytickou část
- transportér (transportní systém)
- systém pro reanalýzu a archivaci.

Čtvrtým modulem je rozhodovací systém *ACCELERATOR Decision Manager™*, jehož ideové zařazení do procesu je uvedeno na následujícím schématu.

*ACCELERATOR Decision Manager™*, je expertní softwarové řešení pro celou laboratoř, které propojuje veškeré činnosti související s laboratorním provozem, včetně laboratorního informačního systému (*middleware*).

**Základní propojení ACCELERATOR DM s provozem je uvedeno na schématu:**



**Slovníček ke schématu:**

<i>sample</i>	<i>vzorek</i>
<i>request</i>	<i>požadavek</i>
<i>screen</i>	<i>obrazovka</i>
<i>layout</i>	<i>rozvržení</i>
<i>location</i>	<i>poloha, umístění</i>
<i>route</i>	<i>cesta, trasa</i>
<i>status</i>	<i>postavení, důležitost</i>
<i>state</i>	<i>fáze, stadium</i>
<i>result</i>	<i>výsledek</i>
<i>user</i>	<i>uživatel</i>
<i>process</i>	<i>průběh, postup, proces, zpracování</i>



## Propojení analyzátoru a perianalytického modulu (využití APS a ADT).

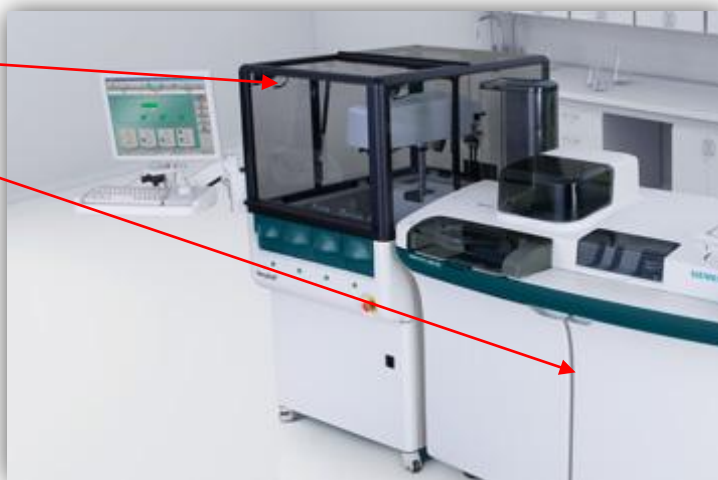
Systém na obrázku umí přijmout (*receipt*) odběrové zkumavky, zcentrifugovat je (*centrifugation*), odvíčkovat (*de-capping*), roztrždit (*sorting*), zanalyzovat vzorky (*analysis*), znovu zkumavky uzavřít (*resealing*) a připravit je ke skladování (*archiving*), ověřit, čili verifikovat (*verification*) analýzu, případně znovu vyhledat příslušnou zkumavku a analýzu zopakovat či jinak opravit (*retrieval*) a samozřejmě dopravovat zkumavky na místo určení, čili transportovat je (*transport*).



Řešením vzájemného propojení „nepropojitelných“ analyzátorů firmou Siemens je Heslo firmy u systému „Jedna nádobka, jeden vstup, jeden operátor, jeden výsledek“, je vše vysvětlující.

Na obrázku vpravo je *VersaCell™ System* ona „krabice“, v tomto případě připojená k imunochemickému analyzátoru IMMULITE®.

Existují různé možnosti propojení, některé příklady jsou uvedeny dále.



Propojení analyzátorů  
Dimension® Family  
Solutions pomocí  
VersaCell™ System

## Ještě jeden příklad



Propojení analyzátorů ADVIA® 1800 System a ADVIA Centaur® XP System pomocí VersaCell™ System  
Analyzátoři ADVIA® 1800 a ADVIA Centaur® XP jsou původně analyzátoři firmy Bayer.

**Další zařízení a mechanismy v automatizaci preanalytické fáze**

Z dalších zařízení jsou to zejména *transportní mechanismy*. Bylo již uvedeno, že od diskrétních preanalytických modulů přenáší stojánky se vzorky/alikvoty k jednotlivým analyzátorům obsluha (operátor, laborant). I dopravu je však možno zautomatizovat a vytvořit plně automatickou linku, která je součástí TLA. Využívají se dopravníkové systémy typu běžícího pásu. Některé jsou velmi důmyslné, mají několik tras a umožňují i předjíždění vzorků, např. za účelem urgentní analýzy.



Na obrázku je ukázán dopravníkový pás, který dopravuje vzorky k jednotlivým analyzátorům (linka Abbott).

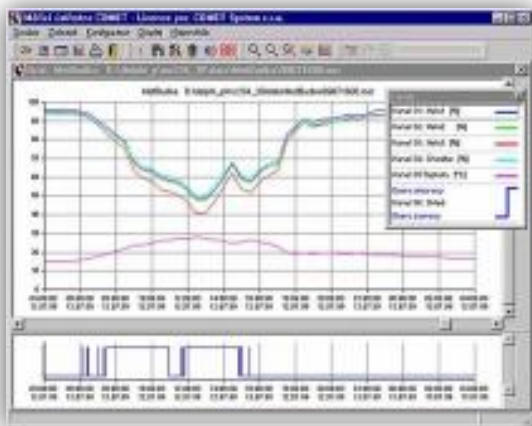
Dopravu však může zajistit i robot, tzn. robotizovaný vozík, který je vybaven kamerou, čidly atd. a je schopen dorazit na určené místo.

Při transportu vzorků bývá k identifikaci vzorku využívána *radiofrekvenční identifikace* (RFID). U zrodu tohoto typu identifikace stála firma Wal-Mart. Nádobka se vzorkem označeným čárovým kódem je umístěna do speciálního držáku/nosiče opatřeného RFID čipem, ve kterém je zakódována trasa vzorku. Čárový kód se načítá pouze jednou, dojde k jeho přiřazení k čipu a dále už je sledována pouze identifikace čipu nosiče na principu radiofrekvenčního magnetického pole (vysílač vysílá periodicky pulsy, čip zachytí puls a vyšle odpověď).

## Využití informačních technologií při skladování vzorků

Kromě automatického archivování vzorků, které je součástí perianalytického modulu, lze využít ve zdravotnické laboratoři i dalších možnostech, poskytovaných moderními technologiemi. Chladničky (nejlépe s nuceným oběhem vzduchu) je možno vybavit čidly napojenými na ústřednu, spravovanou speciálním programem sledujícím teplotu a hlídajícím přednastavená pravidla. V případě nedodržení nastavených limitů program spustí alarm.

Známým je např. program *Falcon*, který dodává a instaluje firma Kesa, s.r.o., ale existují i další; firma Comet nabízí monitorovací systémy v různém provedení, firma Testo, s.r.o. nabízí systém *Testo Saveris™* pro monitorování teplot v potravinářském průmyslu, ve skladech, v nemocničních lékárnách a laboratořích apod.



Obrazovka programu SWR003  
pro měřicí ústředny firmy COMET



Ústředna MS6D firmy COMET se 16 vstupy

## Dodatek

### Kódování odběrových systémů

Ukázka z katalogu italské firmy VACUTEST KIMA, jejíž produkty jsou nabízeny i v České republice:

	Clot activator	Granules and clot activator	Gel and clot activator	Lithium heparin anticoagulant	K2EDTA anticoagulant	K3EDTA anticoagulant	Na Citrate 3,8% - 3,2% (Vacutest IN GR)	Na Citrate 3,8% - 3,2% (Vacutest IN)	KF+NA2EDTA anticoagulant (Vacutest IN)
13 X 75	2 ml <b>11002</b>	3,5 ml <b>10515</b>	3,5 ml <b>10010</b>	2 ml <b>12005</b>	2 ml <b>13505</b>	2 ml <b>13005</b>	3,15 ml <b>14315</b> <b>14365</b>	1,8 ml <b>14010</b> <b>14074</b> 2,25 ml <b>14020</b> <b>14084</b>	2 ml <b>13810</b>
	3 ml <b>11005</b>		3,5 ml <b>10108</b>	4 ml <b>12010</b>	3 ml <b>13510</b>	3 ml <b>13010</b>		Na Citrate (Vacutest IN)	KF+Na2EDTA anticoagulant
	4 ml <b>11010</b>		3,5 ml <b>10204</b>	Gel and Lithium heparin 3 ml <b>12550</b>	4 ml <b>135300</b>	4 ml <b>13030</b>		1,6 ml <b>14100</b> <b>14200</b>	2 ml <b>13805</b> 4 ml <b>13820</b>
						K3EDTA anticoagulant (Vacutest IN) 2 ml <b>13840</b>			
13 X 100	6 ml <b>11020</b>	5 ml <b>10525</b>	5 ml <b>10020</b>	6 ml <b>12020</b>	6 ml <b>135400</b>	6 ml <b>13040</b>			6 ml <b>13825</b>
			5 ml <b>10118</b>	Gel and Lithium heparin 5 ml <b>12570</b>					
			5 ml <b>10214</b>						
16 X 105	9 ml <b>11030</b>	8 ml <b>10535</b>	8 ml <b>10060</b>	9 ml <b>12030</b>					
			8,5 ml <b>10138</b>	Gel and Lithium heparin 8 ml <b>12580</b>					
			8,5 ml <b>10234</b>						

Na schématu lze vidět velikost odběrových nádobek, použité aktivátory, protisrážlivé prostředky i barevný systém značení uzávěrů odběrových nádobek firmy Vacutest KIMA

COLOUR CODE	ADDITIVE
	Buffered Citrate solution 3,8%, 9/1
	Buffered Citrate solution 3,8%, 9/1
	Na-Fluoride / K-Oxalate
	Na-Fluoride / K-Oxalate
	Lithium-Heparin
	Lithium-Heparin
	Clot activator
	Clot activator
	Clot activator + autoseparating gel
	Clot activator + autoseparating gel
	K3-EDTA, wall coating
	K2-EDTA, wall coating
	K3-EDTA, wall coating
	K2-EDTA, wall coating
	Buffered Citrate solution 3,8%, 9/1
	Buffered Citrate solution 3,2%, 9/1
	Buffered Citrate solution 3,8%, 4/1
	K3-EDTA, wall coating
	K2-EDTA, wall coating
	Buffered Citrate solution 3,8%, 9/1
	Buffered Citrate solution 3,2%, 9/1
	CPD-Solution
	CTAD-Solution
	Na-Fluoride / K-Oxalate
	Lithium-Heparin
	VF-054SAS or VF-054SAHL
	Clot activator
	Clot activator
	Thrombin
	K3-EDTA, wall coating
	K2-EDTA, wall coating
	Buffered Citrate solution 3,8%, 9/1
	Buffered Citrate solution 3,2%, 9/1
	Na-Fluoride / K-Oxalate
	Buffered Citrate solution 3,8%, 4/1
	Buffered Citrate solution 3,1%, 4/1
	VF-054SAS or VF-054SAHL
	K3-EDTA, wall coating
	K2-EDTA, wall coating
	Clot activator + autoseparating gel
	Clot activator + autoseparating gel
	ACD-Solution
	CPD-Solution
	Clot activator
	K2-EDTA, wall coating
	Buffered Citrate solution 3,8%, 9/1
	Clot activator + autoseparating gel
	Clot activator + autoseparating gel
	Na-Fluoride / K-Oxalate
	Sodium-Heparin
	Lithium-Heparin
	Clot activator
	K2-EDTA, wall coating
	ACD-Solution
	Clot activator + autoseparating gel
	Clot activator + autoseparating gel



	Standardní nádobka
	Nádobka se separačním gelem
	Nádobka s krastenem
	Pediatrická nádobka

Část katalogového listu odběrových nádobek firmy **Terumo**, konkrétně pro plastové nádobky.

Prakticky totéž platí i pro nádobky skleněné.

[http://www.terumo-europe.com/laboratory/lab\\_10\\_project.php](http://www.terumo-europe.com/laboratory/lab_10_project.php)

Lze si všimnout, že základní barevné kódy jsou velmi podobné kódům firmy BD:

Červená - sérum  
 Modrá – citrátový puř  
 Zelená – lithiumheparinát  
 Fialová K3K2-EDTA  
 Šedá – NaF (glykemie)





VACUETTE® tube type	Colour coding of cap	Additive	Intended pupose
Serum		Clot activator	Determinations in serum for clinical chemistry, microbiological serology, immunology, TDM
Serum Gel		Clot activator and gel	Determinations in serum for clinical chemistry, microbiological serology, immunology, TDM
Serum Beads		Clot activator and beads	Determinations in serum for clinical chemistry, microbiological serology, immunology
Serum Crossmatch		Clot activator	Determinations in serum for crossmatch testing
Plasma		Sodium heparin Lithium heparin Ammonium heparin	Determinations in heparinised plasma for clinical chemistry
Plasma Gel		Lithium heparin and gel	Determinations in heparinised plasma for clinical chemistry
EDTA		K <sub>2</sub> EDTA K <sub>3</sub> EDTA	Determinations in EDTA whole blood for haematology
EDTA Crossmatch		K <sub>3</sub> EDTA	Determinations in EDTA whole blood for crossmatch testing
EDTA Gel		K <sub>2</sub> EDTA/gel	Determinations in EDTA plasma for molecular biological identification of viruses, parasites and bacteria
Coagulation		Citrate solution (3.2%) Citrate solution (3.8%)	Determinations in citrated plasma for coagulation testing
CTAD		CTAD (3,2 %)	Determinations in citrated plasma for coagulation testing where the artificial entry of platelet factors into the plasma is avoided
Glucose		Anticoagulant glycolysis inhibitor	Determinations in stabilised anticoagulated whole blood or plasma for glucose and lactate testing
Trace Elements		Clot activator sodium heparin	Determinations in serum / heparinised plasma for trace elements testing
Blood Grouping		ACD-A ACD-B CPDA	Determinations in ACD / CPDA whole blood for blood grouping

Fig. 23: International Colour Coding according to ISO 6710

Kódový barevný systém značení uzávěrů odběrových nádobek firmy greiner bio-one



Pro EU

Pro USA

	S-Monovette® Serum	10 min.	2,000 x g	20°C
	S-Monovette® Serum-Gel*	10 min.	2,500 x g	20°C
	S-Monovette® Li-Heparin	10 min.	2,000 x g	20°C
	S-Monovette® Li-Heparin-Gel*	10 min.	3,000 x g	20°C
	or	15 min.	2,500 x g	20°C
	S-Monovette® EDTA-Gel*	10 min.	2,500 x g	20°C
	S-Monovette® Citrate	10 min.	1,800 x g	20°C

\*For S-Monovettes with gel preparation we recommend to use swing-out rotors only.

	S-Monovette® Serum	10 min.	2,000 x g	20°C
	S-Monovette® Serum-Gel*	10 min.	2,500 x g	20°C
	S-Monovette® Li-Heparin	10 min.	2,000 x g	20°C
	S-Monovette® Li-Heparin-Gel*	10 min.	3,000 x g	20°C
	or	15 min.	2,500 x g	20°C
	S-Monovette® EDTA-Gel*	10 min.	2,500 x g	20°C
	S-Monovette® Citrate	10 min.	1,800 x g	20°C

\*For S-Monovettes with gel preparation we recommend to use swing-out rotors only.

Barevné značení uzávěrů odběrových nádobek firmy Sarstedt (*S-Monovette*®) je rozdílné nejen od značení předchozích výrobců (*Greiner*, *Beckton-Dickinson*), ale je rozdílné i pro Evropu (vlevo) a pro USA (vpravo), které se, kupodivu, více blíží značení dříve jmenovaných výrobců, než to evropské.



S-Monovettes are also available with a paper label to write on.

Outer tube diameter	16 mm	15 mm	15 mm	13 mm	13 mm	11 mm	11 mm	8 mm	8 mm
Outer diameter screw cap	19 mm	18 mm	18 mm	16 mm	16 mm	13 mm	13 mm	13 mm	13 mm
Tube length with screw cap	116 mm	108 mm	97 mm	100 mm	81 mm	108 mm	80 mm	148 mm	82 mm
Tube length without screw cap	92 mm	92 mm	75 mm	90 mm	65 mm	92 mm	66 mm	130 mm	68 mm
Screw cap for re-capping	65.178	65.729	65.729	65.728	65.728	65.1121	65.1121	65.1121	65.1121

\* S-Monovettes are only available with paper label

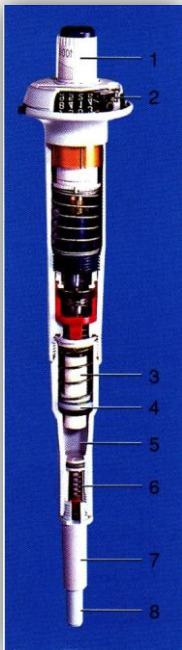
Monovette® firmy Sarstedt



## Pístové pipety

Pístové pipety pracují na dvou principech

- pipetování pomocí **vzduchového sloupce** (*air-cushion principle, air displacement*)
- pipetování pomocí **integrovaného pístu**, pozitivní pipetování (*positive displacement*)



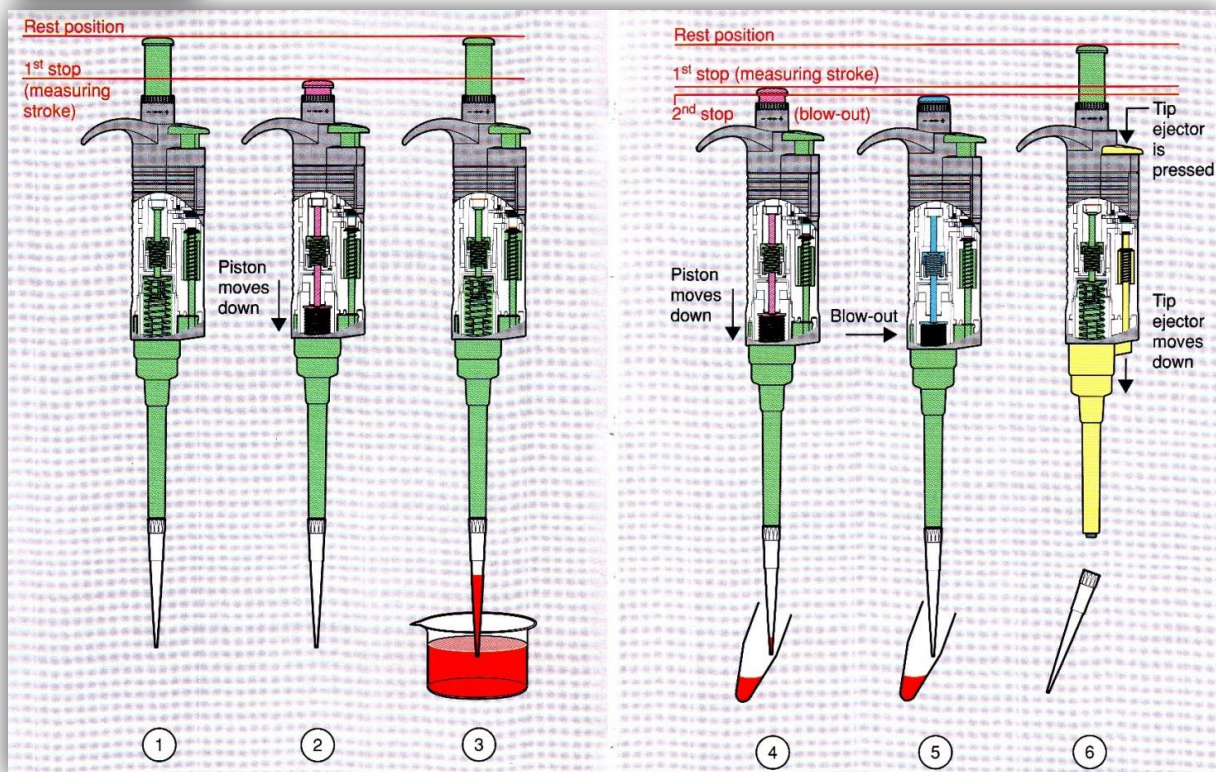
Pipety se vzduchovým sloupcem jsou v klinické biochemii běžné (na rozdíl od pipet s principem pozitivního pipetování).

### Pipeta se vzduchovým sloupcem:

- 1 Tlačítko, pomocí kterého se pipetuje
- 2 Číselný ukazatel (pouze u pipet s nastavitelným objemem)
- 3 Keramický píst
- 4 Těsnění pístu
- 5 Vzduchový sloupec/polštář
- 6 Pružina vyhadzovacího mechanismu (vyhadzovač špiček, není u všech modelů)
- 7 Objímka vyhadzovacího mechanismu
- 8 Konus pipety

V této pipetě vzduchový sloupec odděluje vzorek nasávaný do plastické špičky od pístu uvnitř pipety. Z elementárních znalostí fyziky je jasné, že na správné pipetování tímto typem pipet budou mít vliv teplota, tlak vzduchu a vlhkost vzduchu.

Na následujícím obrázku je znázorněn princip pipetování a jsou popsány jednotlivé fáze správného pipetování touto pipetou.

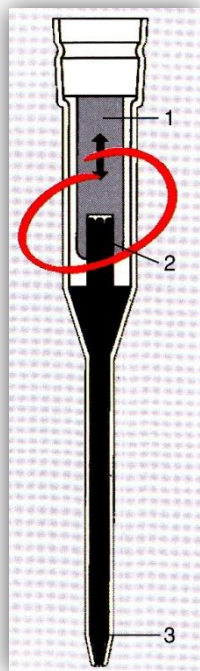


### Jednotlivé fáze pipetování

- 1: Stav před aspirací/nasátím tekutiny
- 2: Stisknutí tlačítka do 1. polohy (měřicí)
- 3: Po ponoření špičky do kapaliny uvolnění tlačítka
- 4: Pomalé stisknutí tlačítka do první polohy
- 5: Stisknutí tlačítka do druhé polohy (vyprazdňovací); vytažení pipety při stisknutém tlačítku a otírání špičky o stěnu nádoby
- 6: Vyhození špičky stiskem vyhadzovače/ejektoru (běžný způsob pipetování – vhodný pro vodné a málo viskózní roztoky a běžná množství pipetovaných roztoků)

### Slovníček k obrázku

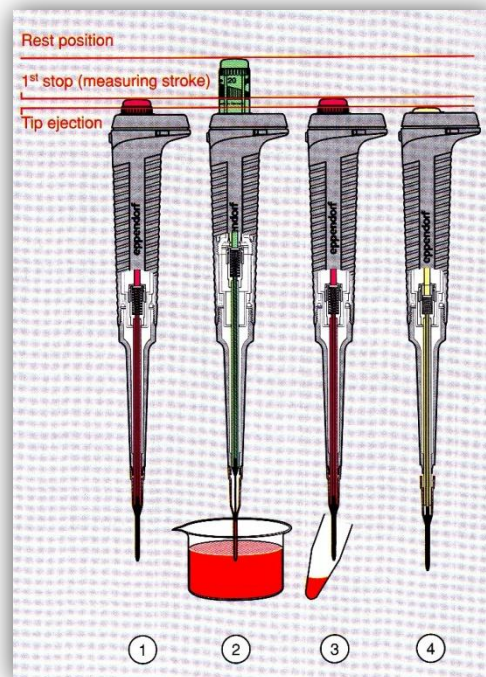
Rest position = konečná (zbytková) poloha  
 Measuring stroke = (zde) měřicí poloha  
 Piston moves down –= píst se pohybuje dolů  
 Blow-out = (zde) dokonalé vyprázdnění pipety  
 Ejector = vyhadzovač (špiček)  
 Ejector is pressed = vyhadzovač je stlačen  
 (pro pipetování viskózních či pěnících roztoků a velmi malých množství je vhodnější tzv. reverzní způsob, kdy se nejprve stiskne tlačítko na 2. doraz, natáhne se roztok a vypustí se na 1. doraz; zbytek ve špičce se buď vrátí nebo vyhodí se špičkou)



**Pipeta s pozitivním pipetováním** (vlevo na obrázku) má integrovaný píst (2), který je během pipetování pevně spojen s pístovým táhlem (1) pipety. Kapalina ve špičce pipety dosáhne pouze k hermeticky těsnícímu okraji (3), na který (hermeticky těsně) nasedá speciální špička. Tyto pipety nevytvářejí aerosoly a jsou vhodné pro pipetování tekutin s vysokou tenzí par, vysoce viskózních či hustých tekutin apod.; jsou vhodné pro práce v molekulární biologii (PCR...), které vyžadují práci bez tvorby aerosolů.

**Princip pipetování** je na obrázku vpravo.

- 1: příprava pro nasátí kapaliny
- 2: Nasátí kapaliny
- 3: Vypuštění kapaliny
- 4: Ejekce špičky



Dnes existuje velký výběr různých typů pipet (vícekanálových, s nastavitelným objemem, elektronických; autoklávovatelných atd.) a dávkovačů/dispensorů (pro opakovaná dávkování stejného vzorku a případná ředění vzorku). V klinické biochemii se bez nich neobejdeme (používání skleněných pipet je zakázáno), pro přesnou práci však musí být (v pravidelných intervalech) kalibrovány akreditovanou firmou.

**Základní zdroj informací této kapitoly:** Kolektiv autorů, *Encyklopedie laboratorní medicíny, aktuální verze*

### Užitečné WEB adresy

Podrobný popis preanalytické fáze od fy GreinerBbio-One GmbH [zde](#).

Manuál preanalytické fáze Greiner Bio-One GmbH [zde](#).

Videa týkající se centrifugace je možno nalézt [zde](#).

Katalog odběrových nádobek a potřeb firmy Terumo [zde](#).

Katalog odběrových nádobek a potřeb firmy Beckton-Dickinson [zde](#).

## Kontrolní otázky a úkoly

*Zkuste si zodpovědět následující otázky ještě před absolvováním závěrečného testu. Mohlo by to být užitečné.*

1. Charakterizujte klinicko-biochemické vyšetření
2. Podle jakých principů byste biochemické vyšetření rozdělili?
3. Co je to preanalytická fáze, z jakých částí se skládá?
4. Může preanalytická fáze ovlivnit výsledek? Pokud ano, jak?
5. Může „laborator“ ovlivnit přípravu pacienta?
6. Popište moderní odběrové systémy
7. Jaké jsou typy krví?
8. Co jsou to aditiva?
9. Jak hemolýza ovlivňuje konečný výsledek?
10. Může postup odběru krve ovlivnit výsledek? Pokud ano, jak?
11. Jaký vliv na konečný výsledek má doprava a skladování biologického materiálu?
12. Kdy začíná preanalytická fáze? Může ovlivnit konečný výsledek? Pokud ano, jak?
13. Co víte o speciálních otázkách preanalytické fáze?
14. Lze se dopustit chyb v postanalytické fázi? Pokud ano, jakých?
15. Co víte o mechanizaci a automatizaci v laboratoři? Jaký je mezi nimi rozdíl?
16. Co víte o automatizaci preanalytické a postanalytické fáze?
17. Uplatnila se v laboratoři výpočetní technika? Pokud ano, jak?



## OBSAH:

Biochemické vyšetření .....	1
Dělení biochemických vyšetření.....	1
Fáze biochemického vyšetření.....	3
Prepreanalytická část .....	4
Příprava pacienta .....	4
Odběry biologického materiálu.....	4
Odběrové systémy.....	4
Odběry krve.....	8
Typy krví .....	9
Látky zabraňující srážení krve (antikoagulancia).....	10
Činidla pro odbílkování (deproteinaci) séra .....	10
Hemolýza .....	11
Ovlivnění výsledků analýz při odběru - shrnutí .....	13
Doprava materiálu do laboratoře, příjem požadavků, materiálu a výdej výsledků.....	13
Svoz materiálu .....	13
Příjem požadavků, materiálu a výdej výsledků .....	14
Skladování biologického materiálu .....	15
Ovlivnění výsledků transportem a skladováním.....	15
Příprava biologického materiálu k analýze .....	15
Některé speciální otázky preanalytické fáze.....	16
Jak minimalizovat změny v preanalytické fázi.....	16
Chyby v postanalytické fázi.....	17
Výpočetní technika, IT technologie a automatizace v laboratoři.....	17
Výpočetní technika v laboratoři.....	17
Mechanizace v laboratoři.....	19
Automatizace preanalytické a postanalytické fáze.....	20
Příklady preanalytické a postanalytické automatizace .....	21
Využití informačních technologií při skladování vzorků.....	26
Dodatek.....	27
Kódování odběrových systémů .....	27
Pístové pipety.....	31
Užitečné WEB adresy.....	32
Kontrolní otázky a úkoly.....	33