

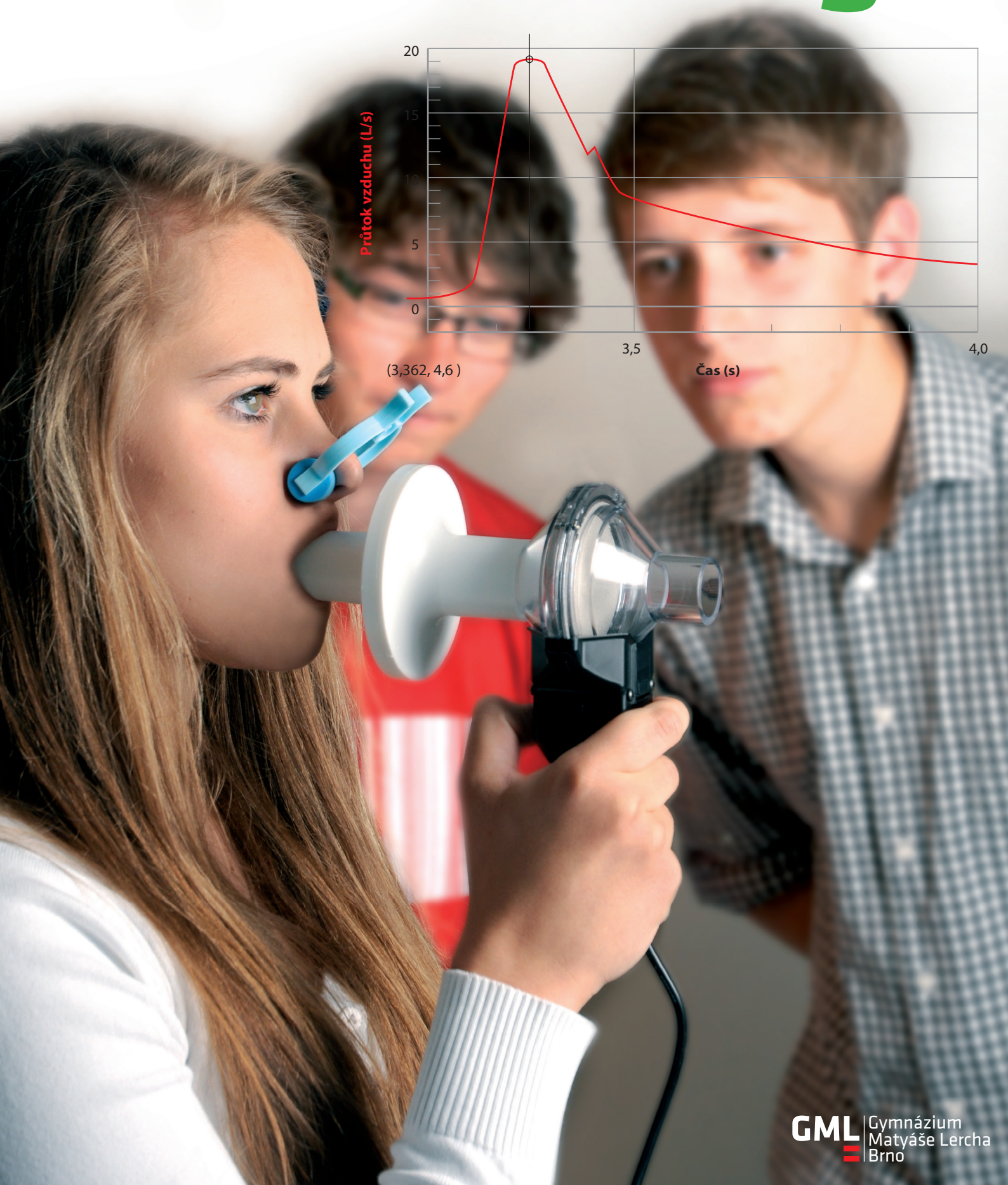
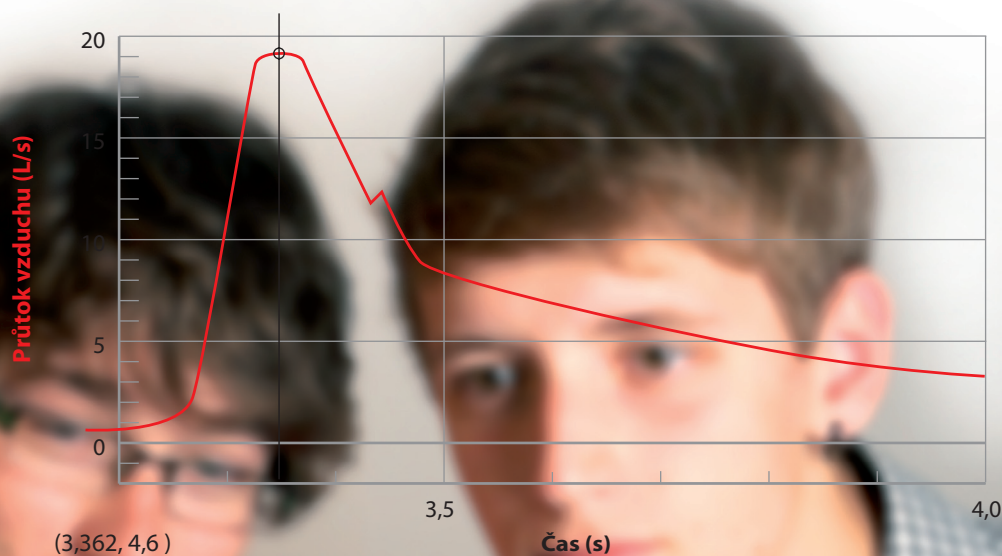


MOLAPP

MOBILNÍ LABORATOŘ
PŘÍRODOVĚDNÝCH
PŘEDMETŮ

Experimenty s Vernierem

Biologie



„Radost vidět a rozumět, to je nejkrásnější dar přírody.“
Albert Einstein

Knížka, kterou právě držíte v rukou, si klade za cíl ulehčit učitelům práci a pomoci jim modernizovat a zatraktivnit výuku. Obsahuje návody na experimentování s měřicím systémem Vernier, jež lze využít jak k demonstračním aktivitám v hodině, tak jako přípravu na laboratorní práce. Její autoři – učitelé přírodovědných předmětů na Gymnáziu Matyáše Lercha Brno a externí spolupracovníci – sestavili pestrou škálu zajímavých návodů, jak používáním moderních technologií ozvláštnit výklad a učinit jej pro žáky přitažlivějším.

Jestli se jim podařilo cíl naplnit, můžete posoudit sami.

Příjemné čtení a hodně experimentální radosti!

Mirek Kubera a Vojtěch Beneš
za kolektiv autorů

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat vedení Gymnázia Matyáše Lercha, neboť nás v naší snaze rozvíjet výuku přírodovědných předmětů neustále podporuje a povzbuzuje.

Děkujeme také všem spolupracovníkům a rodinným příslušníkům, bez nichž by tato brožura vůbec nevznikla.

Tato publikace vznikla díky operačnímu programu **Vzdělávání pro konkurenceschopnost** v projektu **Mobilní laboratoř přírodovědných předmětů**, který byl v letech 2011–2012 realizován na Gymnáziu Matyáše Lercha v Brně.

Obsah

kvinta

1	Tvorba oxidu uhličitého v průběhu klíčení semen	7
2	Tvorba oxidu uhličitého v průběhu metabolismu kvasnic	9

septima

3	Svalová činnost	11
4	Elektromyogram	19
5	Baroreceptory	23
6	Tepová frekvence a tělesná námaha	25
7	Horní cesty dýchací jako výměník tepla	29
8	Prokrvení kůže	31
9	Vitální kapacita plic	41
10	Funkční vyšetření plic	43

Tvorba oxidu uhličitého v průběhu klíčení semen

Renáta Řezníčková

Výstup RVP: žák se orientuje v životních funkcích na úrovni buňky; vysvětlí přeměny energie v buňce; popíše dýchání rostlin

Klíčová slova: metabolismus, respirace, klíčení, oxid uhličitý

Příprava na hodinu

Doba na přípravu:

15 min

Doba na provedení:

30 min

Obtížnost:

nízká

Úkol Pozorujte vznik CO_2 při klíčení semen.

Pomůcky 20 g semen čočky, kultivační nádoba o objemu $0,7 \text{ dm}^3$ s vhodným uzávěrem, čidlo CO_2 Vernier, LabQuest

Teoretický úvod V průběhu klíčení se velmi prudce zvyšuje metabolismus semen. Protože semena při klíčení využívají ke své výživě zásobní látky, projevuje se jejich katabolismus silně zvýšeným výdejem CO_2 , který lze za vhodných podmínek poměrně snadno indikovat čidlem. K pokusu je vhodné použít semena čočky, která je velmi snadno dostupná a výborně a krátce klíčí.

Provedení



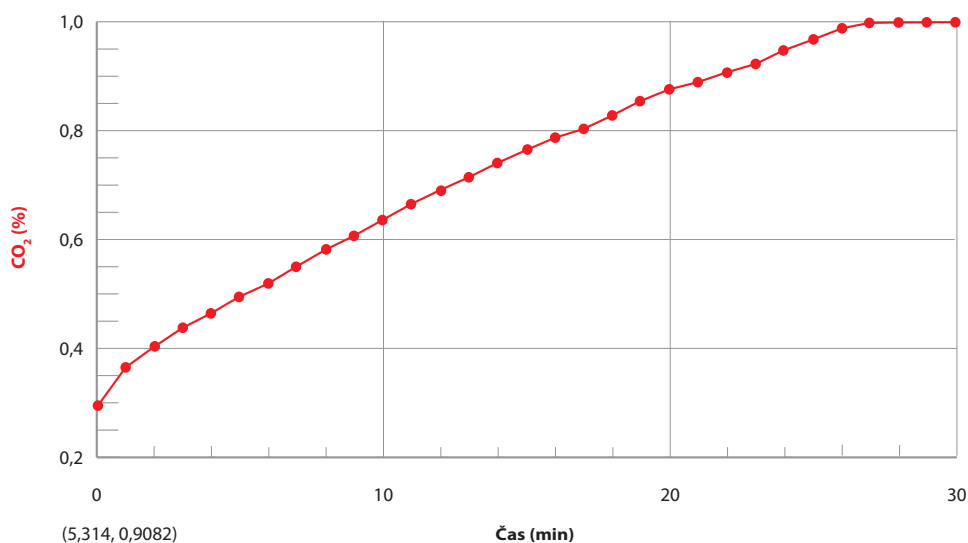
Jednoduchá aparatura na sledování tvorby CO_2

Odvážená semena čočky necháme (napřed přes noc zalitá vodou) nabobtnat, potom je nejméně 48 hodin při pokojové teplotě kultivujeme v misce. Semena stačí třikrát denně propláchnout studenou vodou. Při tomto postupu by měla semena mít vytvořené dostatečně velké klíčky. Semena je možno použít k dalšímu měření ještě druhý den, dokud se nevytvoří zelené listy, které asimilují. Naklíčená semena umístíme do kultivační nádoby, tuto uzavřeme víčkem a vložíme čidlo.

Tvorba oxidu uhličitého v průběhu klíčení semen

Tvorbu CO_2 sledujeme po dobu 30 minut, stačí jedno nebo dvě měření za minutu. Účelem tohoto pokusu je důkaz výrazné tvorby CO_2 při klíčení. Pokus můžeme srovnat se stejným množstvím suchých semen.

**Tvorba CO_2
při klíčení
semen
čočky**



**Poznámky
pro učitele**

Čidlo indikuje množství CO_2 pouze v plynném prostředí, nemělo by dojít k namočení nebo potřísnění měřeným materiálem. Čidlo má dvojitý rozsah – 0 až 10 000 ppm, nebo 0 až 100 000 ppm. Před pokusem je nutno zvolit vhodný rozsah.

Jako kultivační nádobu lze použít zavařovací sklenici o objemu 700 ml. Místo běžného kovového uzávěru použijeme uzávěr plastový, do kterého vyřízneme otvor pro čidlo na CO_2 . Kultivační nádoby, které jsou součástí vybavení, nejsou pro tento pokus vhodné kvůli svému malému objemu (čidlo nesmí přijít do kontaktu s kapalinou!).

Tvorba oxidu uhličitého v průběhu metabolismu kvasnic

Renáta Řezníčková

Výstup RVP: žák se orientuje v životních funkcích na úrovni buňky; vysvětlí přeměny energie v buňce; popíše dýchání anaerobních organismů

Klíčová slova: metabolismus, anaerobní, fermentace, sacharóza, oxid uhličitý

Příprava na hodinu

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

15 min

Obtížnost:

nízká

Úkol Pozorujte vznik oxidu uhličitého při procesu kvašení.

Pomůcky ¼ kostky kvasnic, 5 polévkových lžic řepného cukru (sacharózy), 1 dcl vlažné vody, čidlo CO₂ Vernier, LabQuest

Teoretický úvod Kvasnice v průběhu svého metabolismu provádějí tzv. fermentaci neboli alkoholové kvašení, při kterém vzniká oxid uhličitý a etanol. Při tomto ději rozkládají různé typy sacharidů, které můžeme použít jako jejich výživu.

Provedení



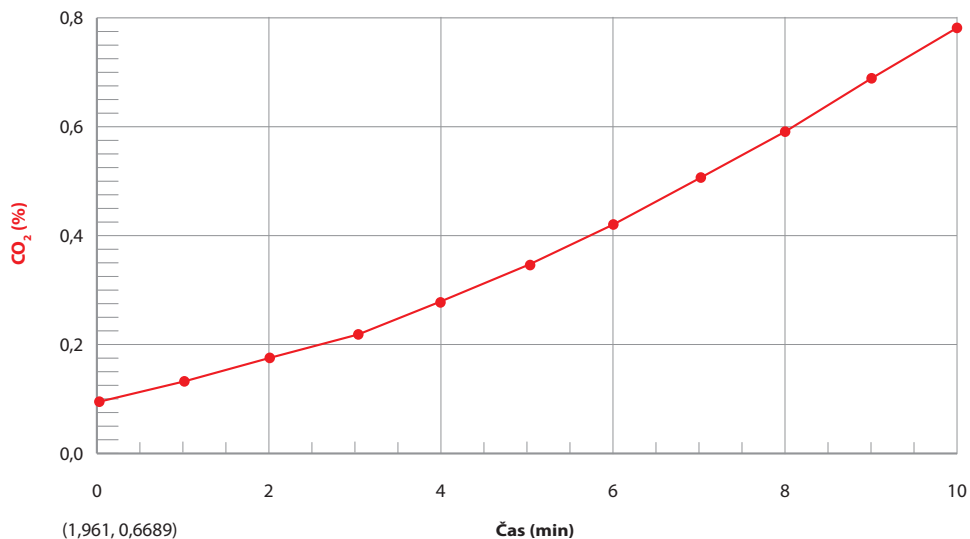
Jednoduchá aparatura na sledování tvorby CO₂ při množení kvasnic

Tvorba oxidu uhličitého v průběhu metabolismu kvasnic

Postup Uvedené komponenty důkladně promícháme v kultivační nádobě o objemu 0,7 dm³, uzavřeme a připojíme čidlo. Na dataloggeru navolíme měření o délce 10 minut; měření postačí provádět jedenkrát za minutu. Na displeji LabQuestu sledujeme okamžitý vzestup obsahu CO₂ v kultivační nádobě.

Tento pokus provádíme jako důkaz tvorby oxidu uhličitého; množství vytvořeného plynu lze také ovlivnit množstvím substrátu, teplotou, pH prostředí.

**Vzrůst
množství
oxidu
uhličitého
při kvašení**



Poznámky pro učitele Pokud chceme provádět měření dále a zjistit maximální množství vytvořeného CO₂, je nutno hned od počátku navolit větší rozsah CO₂.

Úlohu je možno zařadit také v předmětu *Chemie* do kapitoly *Alkoholy* buď v kvartě, anebo ve 3. ročníku (septimě).

Práce s čidlem CO₂

Čidlo indikuje množství CO₂ pouze v plynném prostředí, nemělo by dojít k namočení nebo potřísnění měřeným materiálem. Čidlo má dvojí rozsah – 0 až 10 000 ppm, nebo 0 až 100 000 ppm. Před pokusem je nutno zvolit vhodný rozsah.

Jako kultivační nádobu lze použít zavařovací sklenici o objemu 700 ml. Místo běžného kovového uzávěru použijeme uzávěr plastový, do kterého vyřízneme otvor pro čidlo na CO₂. Kultivační nádoby, které jsou součástí vybavení, nejsou pro tento pokus vhodné kvůli svému malému objemu (čidlo nesmí přijít do kontaktu s kapalinou!).

Pohybová soustava

Svalová činnost

Renáta Řezníčková

Výstup RVP: žák využívá znalosti o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími ve vlastním těle; usiluje o pozitivní změny ve svém životě související s vlastním zdravím a zdravím druhých

Klíčová slova: síla stisku, svalová únava

Laboratorní práce

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

90 min

Obtížnost:

střední

Úkol Při této laboratorní práci bereme v úvahu, že na většině škol je k dispozici pouze jeden ruční a jeden plošný siloměr. V laboratorní skupině bývá obvykle 15 studentů, proto je třeba studenty rozdělit do čtyř menších skupinek, které vykonávají odlišné úkoly.

- 1) skupina – vyplňování dotazníku a doplnění neznámých informací z internetu
- 2) skupina – práce s ručním siloměrem
- 3) skupina – práce s plošným siloměrem
4. skupina – studium a nákres trvalých mikroskopických preparátů (různé typy svaloviny)

Po splnění jednoho úkolu se skupina přesouvá na další stanoviště, a tak postupně všichni studenti provedou všechny určené úkoly.

Pomůcky Čtyři počítače s připojením na internet, z nichž alespoň dva jsou vybaveny programem Logger Pro, dva LabQuesty Vernier, ruční siloměr Vernier (Hand Dynamometer), plošný siloměr Vernier (Force Plate)

Čím je dána kontrakce hladké svaloviny?

.....

V čem spojuje srdeční svalovina vlastnosti kosterní a hladké svaloviny?

.....

Vysvětlete pojem *interkalární disky*. Kde se vyskytují?

.....

Jaká může být maximální délka svalového vlákna?

.....

Vysvětlete pojem *motorická jednotka*.

.....

Kolik kosterních svalů v těle známe?

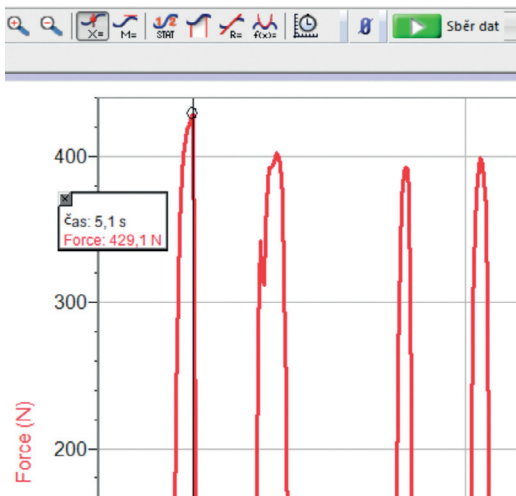
.....

Jaká je hmotnost v % hladké a kosterní svaloviny v lidském těle?

.....

2. SKUPINA Určování síly stisku (práce s ručním siloměrem)

Do kanálu CH1 LabQuestu zapojte ruční siloměr, propojte LabQuest s počítačem. V programu Logger Pro (ponecháme automatická nastavení) spustíme měření pomocí ikonky . Po skončení měření (ikona ) můžeme sílu určit pomocí funkce **Odečet hodnot** (ikona ). Na následujícím obrázku vidíme, že maximální síla je 429 N.



Úkol a) porovnání síly stisku pravé a levé ruky

- vyhodnoťte, zda je rozdíl mezi pravákem a levákem
- určete % leváků ve vaší skupině, příp. v celé třídě
- srovnajte výsledek s oficiálním údajem
- porovnejte průměrnou sílu stisku hochů a dívek ve vaší skupině

Svalová činnost

b) srovnání síly stisku palce a ostatních prstů

- vyhodnoťte nejsilnější a nejslabší stisk vlastní ruky
- určete průměr za celou skupinu

c) síla sevření a svalová únava

- sledujte grafický záznam síly stisku vaší dominantní ruky po dobu 10 sekund
- sledujte grafický záznam síly stisku po dobu 1 minuty
- sledujte záznam při rychlém opakovaném stiskávání (rychle 20krát po sobě)
- porovnejte sílu stisku odpočaté ruky a sílu po námaze (např. 20krát stisknout gumové posilovací kolečko)

Při vyhodnocování výsledků sledujte, zda je rozdíl mezi výkony mužů a žen a zda se výrazněji projeví trénovanost aktivních sportovců.

3. SKUPINA Práce s plošným siloměrem

Do kanálu CH1 LabQuestu zapojte plošný siloměr, propojte LabQuest s počítačem. V programu Logger Pro (ponecháme automatická nastavení) spustíme měření pomocí ikony . Po skončení měření (ikona ) můžeme sílu určit pomocí funkce **Odečet hodnot** (ikona ). Při vyhodnocení je užitečné používat též menu **Analýza** → **Statistika**.

Úkol Sledujte následující údaje:

- síla při běžném došlápnutí
- síla při doskoku ze vzdálenosti 60 cm
- změna síly při dřepu a kliku
- maximální síla při sevření mezi dlaněmi a při stisknutí senzoru proti stěně (je nutno pracovat opatrně, senzor má velkou hmotnost, při pádu by mohl zranit experimentátora a rozbít se)

Při vyhodnocování v rámci skupiny budeme sledovat, zda výsledky ovlivní tělesná hmotnost a fyzická trénovanost experimentátora.

U jednotlivých úkonů popište, které kosterní svaly se nejvíce podílejí na získaném výsledku.

4. SKUPINA Studium a nákres trvalých mikroskopických preparátů

- Úkol**
- pozorujte pod mikroskopem trvalé preparáty hladké, příčně pruhované a srdeční svaloviny
 - pozorované preparáty zakreslete a popište
 - nákres porovnejte s mikrofotografiemi na internetu

Svalová činnost

Renáta Řezníčková

1. SKUPINA Vyhledávání informací

Mikroskopická stavba svalu

1. skupina – Co to je sarkomera (definice, ohraničení)?
Sarkomera je úsek myofibrily příčně pruhovaného svalu, ohraničený disky (proužky apod.).
2. Čím je způsobeno příčné pruhování kosterní svaloviny?
Střídáním světlých (izotropních) a tmavých (anizotropních) úseků.
3. Vysvětlete pojmy izotropní a anizotropní.
izotropní = jednolomný, stejný ve všech směrech
anizotropní = dvojlomný, nestejný ve všech směrech, vlastnosti závisí na směru
4. Jakými látkami jsou tvořeny tyto úseky kosterní svaloviny?
izotropní: a aktin
anizotropní: tenké a tlusté myosinové filamenty
5. Vysvětlete pojmy:
myocyt *obecně svalová buňka nebo buňka hladké svaloviny*
rhabdomyocyt *buňka kosterní svaloviny*
kardiomyocyt *buňka srdeční svaloviny*
6. Mezi následujícími tkáněmi vyberte kosterní svalovinu:
myokard, **biceps**, svaly duhovky oka, **bránice**, **hltn**, **kruhový sval oční**, žaludek, děloha, **sval trapézový**, **jazyk**, vývod žláz, **sval krejčovský**, stěna cév, střeva, vnitřní svěrač konečníku, **vnější svěrač konečníku**
7. Který mediátor a které ionty a jak ovlivňují činnost nervosvalové ploténky?
mediátor acetylcholin, vápenaté a hořečnaté kationty
8. Znáte chorobu, která znemožní činnost nervosvalové ploténky? Jak tato choroba působí?
Myasthenia gravis – receptory na svalu jsou blokovány autoprotilátkami a sval nemůže přijímat signály mediátoru.
9. Uvedte počet jader v buňce hladké a kosterní svaloviny. Jak proto buňku kosterní svaloviny nazýváme?
hladká – jednojaderná, kosterní – mnohoaderná, tzv. syncitium = soubuní (vzniká splynutím více buněk)
10. Srovnajte intenzitu činnosti a funkci hladké a kosterní svaloviny.
hladká = pomalá, někdy udržuje pouze tonus = napětí svaloviny, pracuje dlouhodobě a vytrvale
kosterní = rychlý, intenzivní pohyb, snadno unavitelná
11. Co řídí činnost hladké svaloviny?
Řídí ji autonomní (= vegetativní = útrobní) nervy a hormony.
12. Vyberte útvary z hladké svaloviny:
jazyk, **žaludek**, **svaly průdušinek**, triceps, bránice, **vzpřimovač chlupu**, **prostata**, sval deltový, hltn, **svaly duhovky oka**, **močovod**
13. Čím je dána kontrakce hladké svaloviny?
Stejně jako u kosterní svaloviny kontraktilními bílkovinami aktinem a myozinem.
14. V čem spojuje srdeční svalovina vlastnosti kosterní a hladké svaloviny?
kosterní – podobá se stavbou
hladká – pravidelná a dlouhotrvající činnost, jednojaderná buňka
15. Vysvětlete pojem „interkalární disky“. Kde se vyskytují?
Mezibuněčná spojení mezi kardiomyocyty.
16. Jaká může být maximální délka svalového vlákna?
30 až 40 cm
17. Vysvětlete pojem „motorická jednotka“.
Jedno nervové vlákno a k němu příslušejících více svalových vláken, která inervuje.

Svalová činnost

18. Kolik kosterních svalů v těle známe?

650 svalů

19. Jaká je hmotnost v % hladké a kosterní svaloviny v lidském těle?

Kosterní = 40 až 50 % tělesné hmotnosti

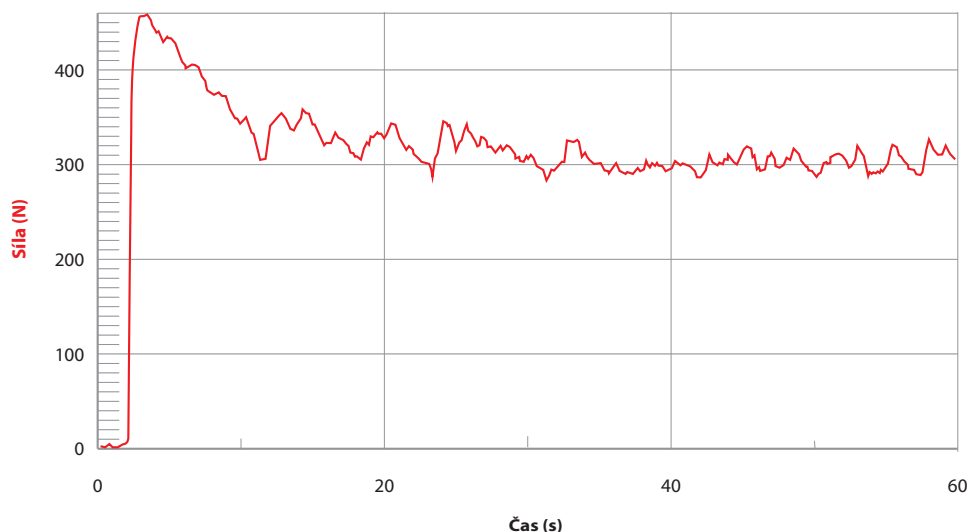
Hladká = 3 % tělesné hmotnosti

2. SKUPINA Určování síly stisku (práce s ručním siloměrem)

Velikost maximální síly je možno dohledat též v tabulce.

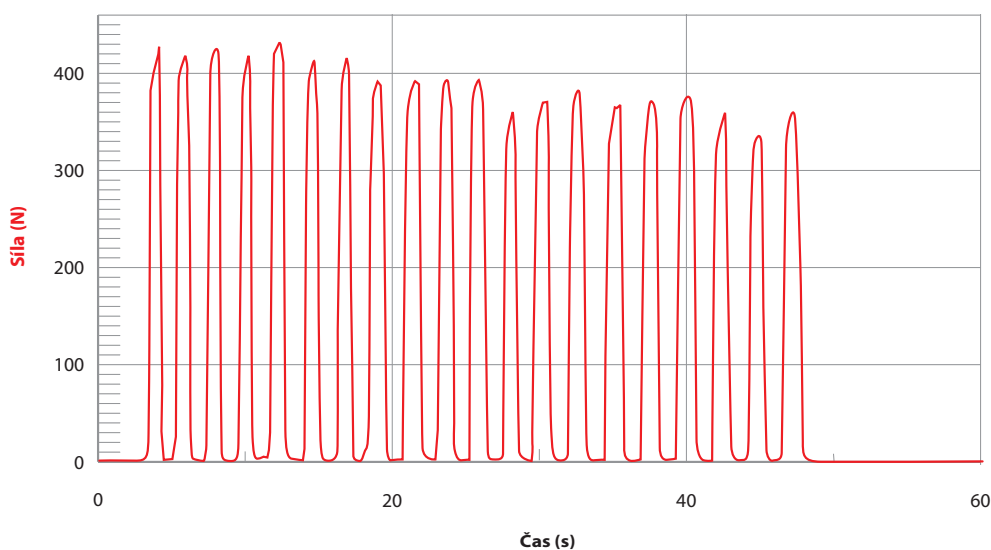
Lze použít rovněž menu **Analýza**→**Statistika**.

Graf
závislosti
síly na čase



Příklad grafického záznamu síly stisku po dobu 1 minutu

Graf
závislosti
síly na čase

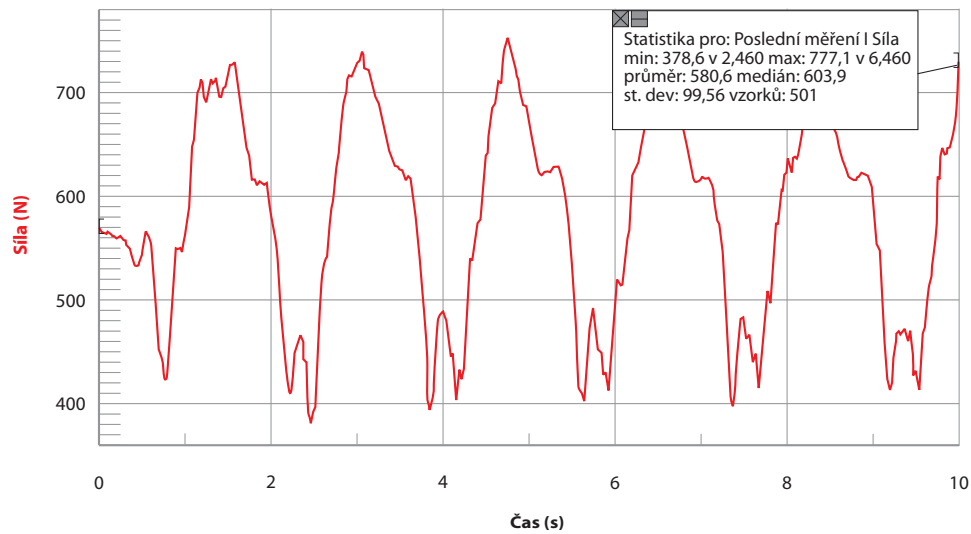


Záznam při rychlém opakovaném stiskávání (rychle 20krát po sobě)

3. SKUPINA Práce s plošným siloměrem

Při vyhodnocení je užitečné používat menu **Analýza**→**Statistika**, kde zjistíme maximální a minimální hodnotu, průměrnou hodnotu atp.

**Sledování
průběhu
síly při
kliku
v závislosti
na čase**



Elektromyogram

Jakub Jermář

Výstup RVP: žák využívá znalosti o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími ve vlastním těle

Klíčová slova: elektromyograf, elektromyogram, EMG, sval, inervace, nerv, elektrická aktivita, síla, kontrakce svalu

Příprava na hodinu

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

10 min

Obtížnost:

nízká

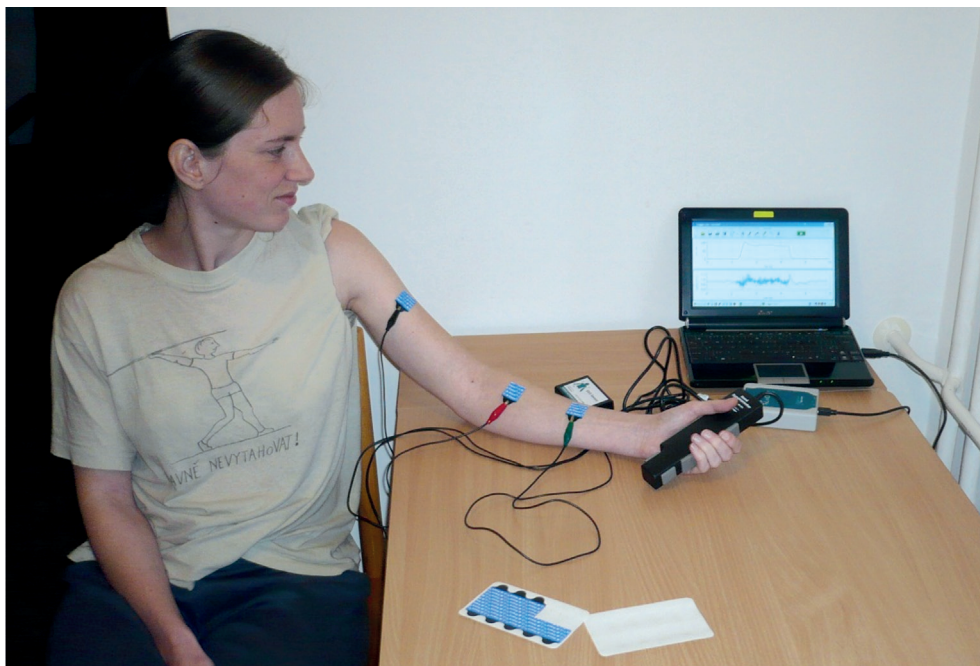
Úkol Změřte elektrickou aktivitu svalu v závislosti na jeho zatnutí.

Pomůcky Počítač s programem Logger Pro, LabQuest, senzor síly stisku ruky Vernier, EKG senzor Vernier se třemi elektrodami

Teoretický úvod Elektromyografie (EMG) je metoda studující elektrické projevy při činnosti svalového a nervového aparátu. Záznam z elektromyografu neboli elektromyogram může poskytnout informace k diagnostice některých svalových a nervových poruch. Asi o něco známější je tzv. EKG (elektrokardiografie), zabývající se studiem elektrických projevů srdečního svalu.

První pozorování souvislosti svalové aktivity s elektřinou nevědomě uskutečnil již roku 1791 Luigi Galvani při preparování žabích stehýnek. Své preparáty tehdy věšel na kovové háčky na kovovém zábradlí. Mezi různými typy kovů háčků a zábradlí vznikalo elektrické napětí, na něž svaly žabích stehýnek reagovaly kontrakcí (stahováním) a celý preparát se v důsledku toho „škubal“.

My dnes nebudeme pozorovat reakci svalu na elektrické napětí dodané zvnějšku, ale naopak budeme sledovat elektrické napětí na svalu při jeho kontrakci vyvolané (elektrickými) nervovými vzruchy přicházejícími z centrální nervové soustavy.

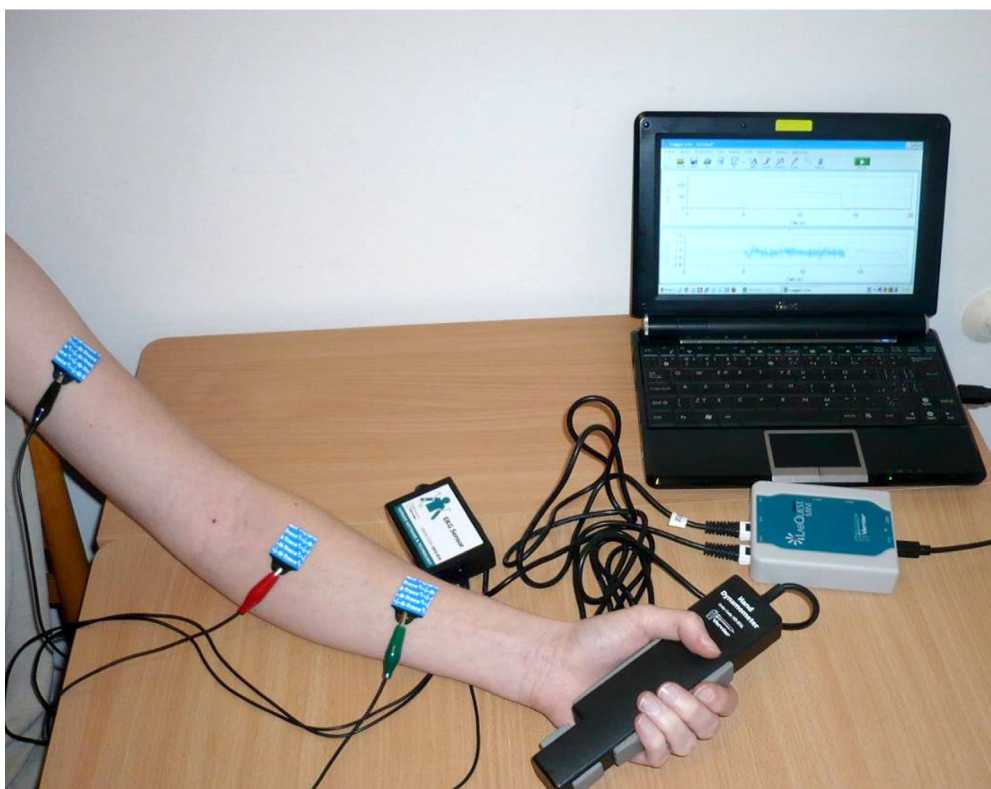


Obr. 1 – celkový náhled experimentu

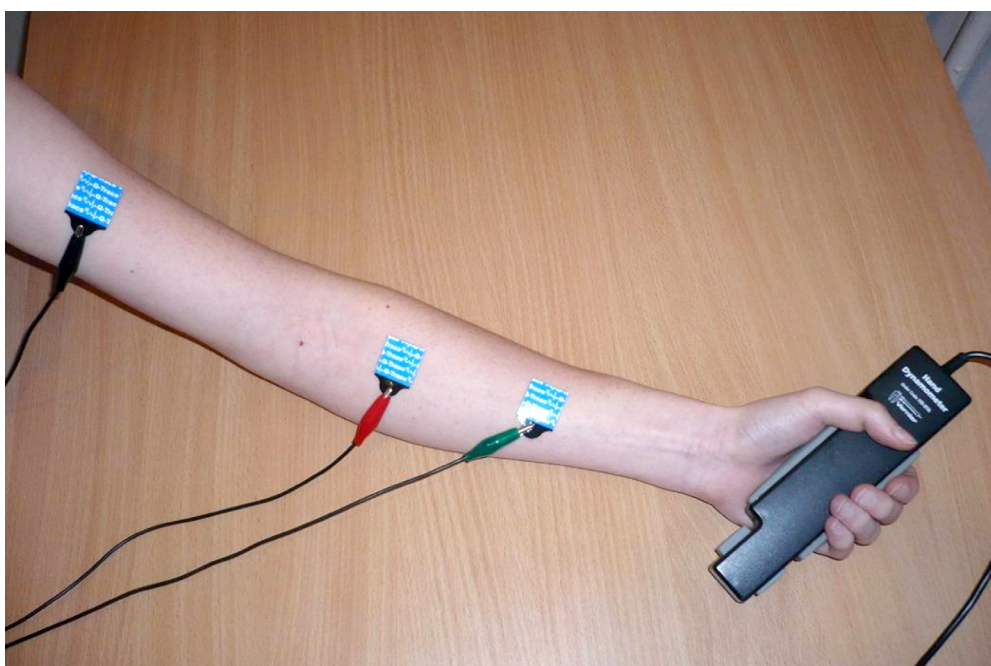
- Postup**
1. Pro dobrovolníka, kterého vybereme z řad studentů a jehož svaly budeme měřit, připravíme židli tak, aby mohl pohodlně sedět u stolu a mít přitom ruku položenou na desce stolu.
 2. K počítači připojíme rozhraní LabQuest Mini pomocí USB kabelu.
 3. K rozhraní připojíme senzory síly stisku ruky a EKG.

Elektromyogram

4. Na počítači spustíme program Logger Lite či Logger Pro.
5. Dojde k autodetekci senzorů, na obrazovce označíme postupně vše kromě grafů a stiskem klávesy DEL tyto nepotřebné komponenty z obrazovky odstraníme.
6. Požádáme dobrovolníka, aby si sedl na připravené místo a vyhrnul rukáv. Na ruku mu přilepíme elektrody dodávané s čidlem EKG, jak je znázorněno na obr. 1, 2 a 3 (zejména je třeba, aby černá elektroda byla nejbližší tělu a zelená + červená na sledovaném svalu). Do dlaně mu vložíme čidlo síly stisku ruky.
7. Spustíme měření a dáme dobrovolníkovi pokyn ke stisku senzoru síly stisku ruky.



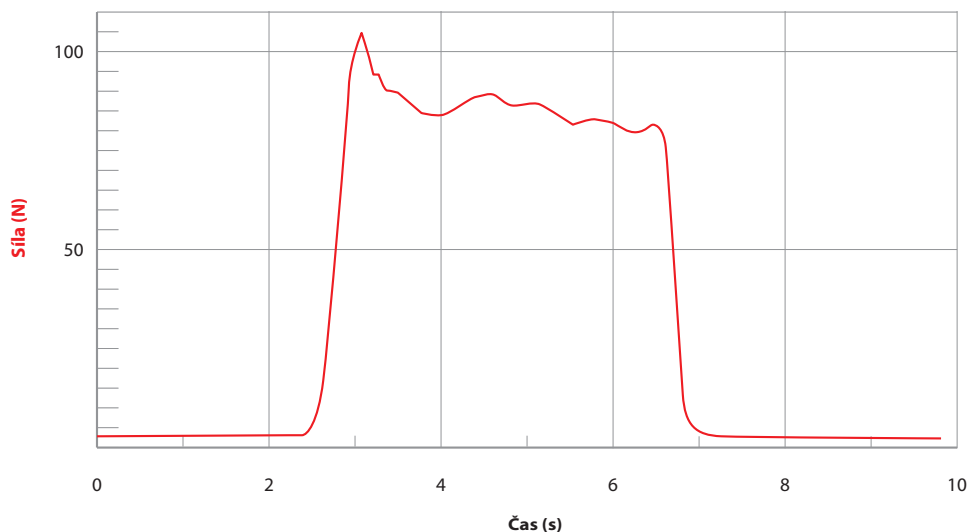
Obr. 2 – sestava experimentu



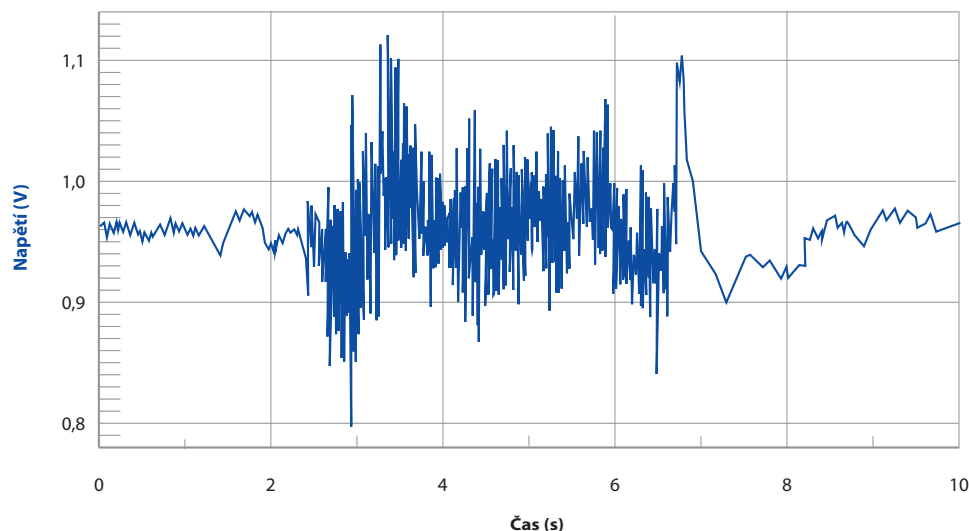
Obr. 3 – detail umístění elektrod na ruce

Výsledky Měli bychom naměřit dva grafy (v našem případě horní červený ukazuje sílu stisku ruky a dolní modrý elektrickou aktivitu), na nichž je jasně vidět souvislost zatnutí svalu s naměřenou elektrickou aktivitou:

**Graf síly
v závislosti
na čase**



**Graf elektrické
aktivity
v závislosti
na čase**



Použité zdroje <http://www.vernier.cz/experimenty/hp-a/index.php>
<http://www.vernier.cz/experimenty/hp-a/15/index.php>
<http://www.stefajir.cz/index.php?q=elektromyografie-emg>
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromyografie>

Baroreceptory

Renáta Řezníčková

Výstup RVP: žák využívá znalostí o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími ve vlastním těle

Klíčová slova: tepová frekvence, srdeční systola, CNS, hlavové nervy, sympatikus, parasympatikus

Příprava na hodinu
(nebo část **Lab. práce**)

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

10–30 min (podle počtu úkolů a účastníků)

Obtížnost:

nízká

- Úkol**
1. Vyhodnoťte tepovou frekvenci v klidu a při náhlém podřepu.
 2. Vyhodnoťte tepovou frekvenci při náhlém vzpřímení z dřepu.
 3. Vysvětlete úkoly sympatiku a parasympatiku při těchto změnách.

Pomůcky Snímač srdečního tepu Vernier (Hand Grip Heart Rate Monitor), LabQuest, počítač s programem Logger Pro

Teoretický úvod Baroreceptory patří k tělesným mechanismům, které mají za úkol udržet homeostatickou rovnováhu těla. V odborné literatuře jsou zmiňovány hlavně v souvislosti s krevním tlakem. Krevní tlak je určován tepovou frekvencí, systolickým objemem srdce a odporem tepenné soustavy.

Baroreceptory jsou umístěny ve velkých tepnách, nejvíce v krkavici a v oblouku aorty. Zprostředkují tzv. baroreflex, který reguluje krevní tlak mimo jiné zpomalením nebo zrychlením tepové frekvence.

Tyto receptory monitorují hodnotu krevního tlaku a údaje předávají pomocí dostředivých (aferentních) nervových vláken do vasomotorických a kardioinhibičních center v prodloužené míše. Na této činnosti se podílí především IX. hlavový nerv jazykohltanový (n. glossopharyngeus) a X. hlavový nerv bloudivý (n. vagus). CNS vyhodnotí situaci a odstředivými (eferentními) drahami vydá pokyn do srdce a hladkých svalů cév.

Při zvýšení krevního tlaku dochází k inhibici sympatiku, což vede k vasodilataci (zvětšení průsvitu cév) a působením parasympatiku se zpomalí tepová frekvence. Oba jevy umožní snížení tlaku.

V opačném případě dochází k útlumu inhibice sympatiku, následuje vasokonstrikce (zmenšení průsvitu cév) a k inhibici parasympatiku – následně se zvýší tepová frekvence. Tím dojde ke zvýšení krevního tlaku.

Aktuální krevní tlak závisí na větším počtu faktorů, mimo jiné na prudkých nepravidelných a nenadálých pohybech. Úkolem baroreceptorů je uvést krevní tlak pomocí tepové frekvence do homeostatických hodnot.

Postup Srdeční tep (puls) je tlaková vlna, která se tvoří vypuzením krve z levé srdeční komory do aorty. Tato vlna se šíří dalšími tepnami do celého těla. Při každém stahu srdeční svaloviny se tvoří slabé elektrické signály, které lze zachytit senzorem.



Baroreceptory

Snímač má dvě části – dvě spojené rukojeti a přijímač signálu. Rozlišujeme levou a pravou rukojeť (na levé je šipka). Na rukojetích je naznačen způsob uchopení prsty a dlaní. Na přijímači signálu je šipka, jejíž směr musí souhlasit se směrem šipky na levé rukojeti. Spojení mezi rukojetí a přijímačem je bezdrátové.

Pro zobrazení signálu je třeba připojit datalogger s napojeným čidlem k netbooku pomocí přiloženého USB portu a využít speciální software Logger Pro. Na obrazovce se automaticky ukáže prázdná tabulka, graf na záznam srdečního tepu a tepové frekvence. Pro zahájení odečtu je třeba na horní liště kliknout na zelené tlačítko **Sběr dat**. U tohoto měření není nutno dopředu nastavovat režim a frekvenci. Po námi stanovené době ukončíme sledování kliknutím na červené tlačítko **Ukončit** (původně **Sběr dat**).

Přijímač smí být vzdálen maximálně 80 cm od rukojeti.

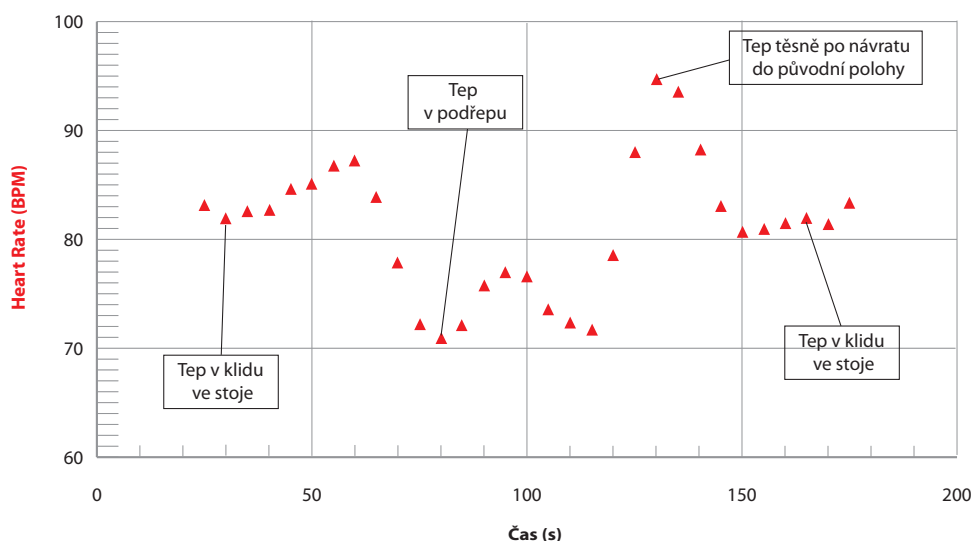
Průběh měření

Testovaná osoba uchopí rukojeti ve svislé poloze, další student udržuje polohu čidla a začíná a ukončuje pokus. Měříme tep v klidu ve stoje, tep v podřepu a tep po náhlém návratu do původní polohy.

Důležité upozornění: u některých osob se měřené hodnoty mohou zobrazit na grafu až po jedné až dvou minutách.

Poznámky pro učitele Měření je třeba provádět minimálně ve dvojicích nebo trojicích. Testovaná osoba drží v ruce čidlo a spolužák obsluhuje měřicí zařízení.

Přenos signálu může rušit znečištění rukojeti. Pak se doporučuje otřít rukojeť utěrkou namočenou v alkoholu, v žádném případě nelze rukojeť namáčet do jakékoliv tekutiny!



Ihned po spuštění měření se mohou vyskytnout nepravděpodobné hodnoty (0 nebo příliš nízké), kdy čidlo teprve začíná sbírat data. Proto několik počátečních hodnot nebudeme brát v potaz.

Tepová frekvence a tělesná námaha

Renáta Řezníčková

Výstup RVP: žák využívá znalostí o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími ve vlastním těle, usiluje o pozitivní změny ve svém životě související s vlastním zdravím a zdravím druhých

Klíčová slova: tepová frekvence, srdeční systola, tělesná kondice

Příprava na hodinu
(nebo část **Lab. práce**)

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

10–45 min (podle počtu úkolů a účastníků)

Obtížnost:

nízká

- Úkol**
- 1) Změřte v klidu vsedě vlastní tepovou frekvenci na zápěstí ruky a porovnejte s hodnotou zjištěnou čidlem tepové frekvence.
 - 2) Změřte tepovou frekvenci v klidu u členů vaší skupiny, vypočítejte průměr a porovnejte s běžně udávanou hodnotou.
 - 3) Porovnejte TF v klidu s maximální TF po výrazné tělesné námaze. Zvolte možnosti odpovídající podmínkám v pokusné místnosti (deset i více dřepů, výskoky na místě, kliky apod.). Vypočítejte, o kolik procent se zvedla vaše tepová frekvence v maximální hodnotě. Porovnejte více a méně trénované jedince mezi vámi.
 - 4) Zjistěte dobu, za kterou se vrátí vaše tepová frekvence po zátěži na původní klidovou hodnotu. Opět porovnejte čas více a méně trénovaných jedinců.
Z prováděných měření vyvodte závěry.

Pomůcky Snímač srdečního tepu Vernier (Hand Grip Rate Monitor), LabQuest propojený s počítačem

Teoretický úvod Lidské tělo ve všech okamžicích života jedince potřebuje dostatek výživy a kyslíku, aby v buňkách mohl probíhat aerobní metabolismus, a tak měl celý organismus zajištěn dostatek energie k životu.

Zajištění přívodu živin a kyslíku má v těle za úkol oběhová soustava. Protože lidské tělo v různých okamžicích svého života potřebuje i rozličné množství energie, pracuje také srdce, hnací motor oběhové soustavy, s různou intenzitou. Srdce může pracovat pomaleji i rychleji, ale také člověk v lepší tělesné kondici může jedním srdečním stahem přečerpávat větší množství krve.

Puls (tep) je tlaková vlna způsobená systolou levé srdeční komory a vypuzením krve do aorty. Tepová frekvence je počet systol za jednu minutu.

Tepovou frekvenci zjišťujeme na zápěstí, na vřetenní tepně na palcové straně. Pokud se odečet nedaří, můžeme zkusit jemně přidržit prsty na krkavici. Vždy ale odečítáme pouze na jedné straně, abychom neomezili přívod krve do hlavy.

Rozeznáváme několik typů tepové frekvence:

a) Klidová tepová frekvence (KTF)

Tato hodnota se zjišťuje vleže ráno po probuzení, pokud zkoumaná osoba ještě nevykonává žádné aktivity. KTF bývá u netrénovaných osob přibližně v rozmezí 70–80 tepů za minutu, u žen bývá hodnota asi o 6 tepů za minutu vyšší. Pokud člověk začne pravidelně sportovat, sníží se postupně jeho hodnota KTF často i na 60–50 tepů/min.

b) Aktuální tepová frekvence

Může dosahovat různých hodnot dle míry fyzické i psychické zátěže jedince.

c) Maximální tepová frekvence

Je počet tepů, který je organismus maximálně schopen vyvinout a krátkodobě i udržet. Obecně lze říci, že hodnota kteréhokoli typu tepové frekvence je velmi variabilní a mohou se vyskytovat jedinci, kteří jsou naprosto zdraví, a přesto mají hodnoty TF značně odlišné od průměru.

Tepová frekvence a tělesná námaha

Postup Při každém stahu srdeční svaloviny se tvoří slabé elektrické signály, které lze zachytit snímačem srdečního tepu.



Snímač má dvě části – dvě spojené rukojeti a přijímač signálu. Rozlišujeme levou a pravou rukojeť (na levé je šipka). Na rukojetích je naznačen způsob uchopení prsty a dlaní. Na přijímači signálu je šipka, jejíž směr musí souhlasit se směrem šipky na levé rukojeti. Spojení mezi rukojetí a přijímačem je bezdrátové.

Pro zobrazení signálu je třeba připojit datalogger s napojeným čidlem k netbooku pomocí přiloženého kabelu a využít software Logger Pro.

Na obrazovce se automaticky ukáže prázdná tabulka, graf na záznam srdečního tepu a tepová frekvence. Pro zahájení odečtu je třeba na horní liště kliknout na zelené tlačítko **Sběr dat**. U tohoto souboru není nutno dopředu nastavovat režim a frekvenci. Po námi stanovené době ukončíme sledování kliknutím na červené tlačítko **Ukončit** (původně **Sběr dat**).

Přijímač smí být vzdálen maximálně 80 cm od rukojeti. Přenos signálu může rušit znečištění rukojeti. Pak se doporučuje otřít rukojeť utěrkou namočenou v alkoholu, v žádném případě nelze rukojeť namáčet do jakékoliv tekutiny!

Průběh měření Testovaná osoba uchopí rukojeti ve svislé poloze, další student udržuje polohu čidla a začíná a ukončuje pokus.

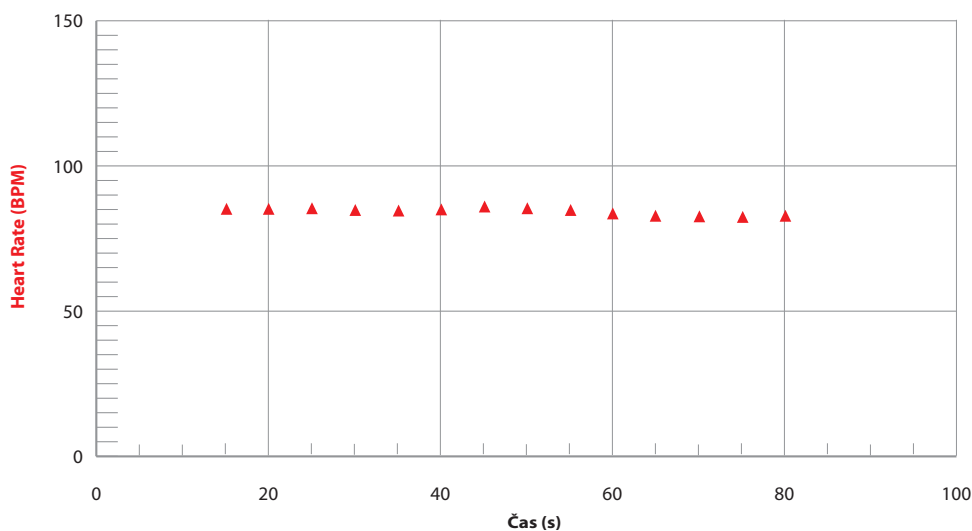
Důležité upozornění: u některých osob se měřené hodnoty mohou zobrazit na grafu až po jedné až dvou minutách.

Tato měření je třeba provádět ve dvojicích. Jeden student představuje měřený objekt a druhý sleduje hodnoty, zahajuje a končí pokus a sleduje doporučenou vzdálenost čidla od vlastního měřicího zařízení.

Tepová frekvence a tělesná námaha

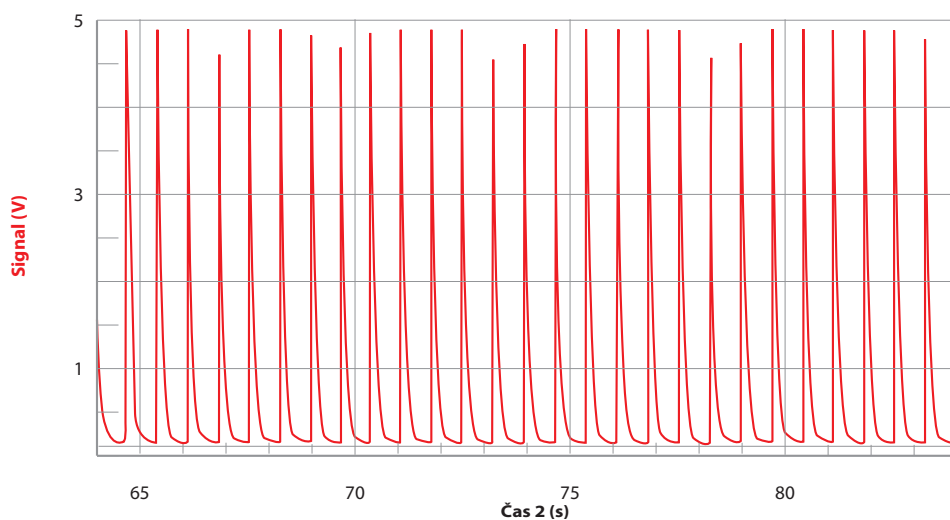
Tepová frekvence v klidu

Tepová
frekvence na
čase



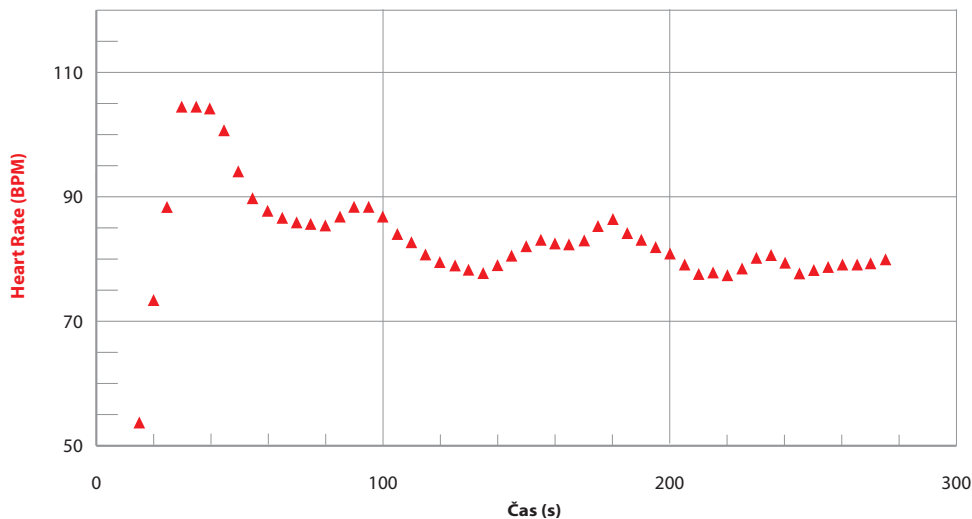
Je-li člověk v klidu, je jeho tepová frekvence konstantní.

Elektrické
signály
(strahy
srdeční
svaloviny)



Tepová frekvence po námaze

Tepová
frekvence
v závislosti
na čase



V prvních sekundách po zahájení měření se čidlo teprve uvádí do chodu, proto jsou naměřené hodnoty nesprávné (menší než klidová frekvence). V úvahu bereme tedy až hodnoty počínající nejvyšší tepovou frekvencí.

Horní cesty dýchací jako výměník tepla

Renáta Řezníčková

Výstup RVP: žák využívá znalostí o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími ve vlastním těle, usiluje o pozitivní změny ve svém životě související s vlastním zdravím a zdravím druhých

Klíčová slova: horní cesty dýchací, výměník tepla

Příprava na hodinu
(nebo část **Lab. práce**)

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

10 min

Obtížnost:

nízká

- Úkol**
- 1) Sledujte teplotu nadechovaného a vydechovaného vzduchu při pravidelném klidném dýchání nosem.
 - 2) Provádějte totéž sledování, ale dýchejte pouze otevřenými ústy.
 - 3) Porovnejte obě křivky a zdůvodněte jejich průběh. Zdůvodněte naměřenou teplotu v obou případech.

Pomůcky Bodové teplotní čidlo Vernier, LabQuest, počítač s programem Logger Pro

Teoretický úvod Vzduch je možno dodávat do dýchacích cest dvojím způsobem, a to nosní dutinou nebo ústy. Lidské tělo je přizpůsobeno na přívod vzduchu dutinou nosní, která vykonává i další přídatné činnosti. Dýchání ústy je pro organismus nevhodné a mělo by probíhat pouze v krajních situacích, jako je onemocnění sliznice, a tím znemožnění správného dýchání.

Nosní cesty (nosní skořepky) disponují rozsáhlým povrchem, a tak zajišťují mimo jiné ohřev nadechovaného vzduchu. Chrání tak dolní cesty dýchací před kontaktem se studeným vzduchem a dalšími možnými následky. Kromě této obecně známé funkce mají však nosní cesty ještě další úkol. Pokud by ohřátý vzduch opouštěl tělo bez dalších úprav, docházelo by k velkým tepelným ztrátám. Proto nosní cesty fungují jako tzv. výměník tepla. Při nádechu vzduch ohřívají a při výdechu zase část tepla navracejí zpět organismu.

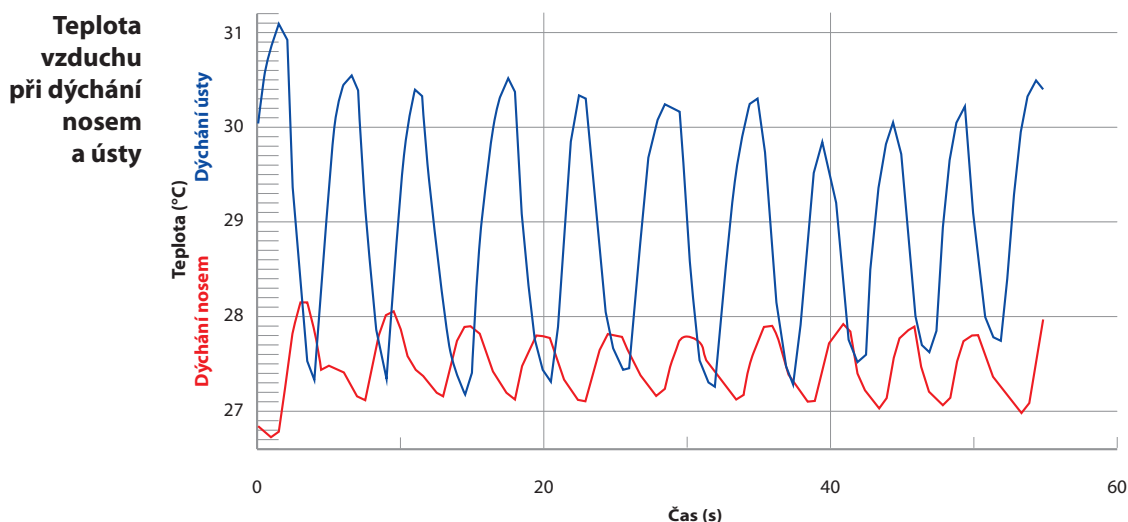
Pokud dýcháme ústy, neprobíhá ani ohřev vzduchu do plic, ani zpětné odstranění tepla z vydechovaného vzduchu.

Provedení Bodový senzor držíme těsně při ústí dutiny nosní a pravidelně a klidně dýcháme po dobu 30 sekund. Hloubka nádechu je stejná jako při běžném dýchání. Teplotu nadechovaného a vydechovaného vzduchu monitorujeme a uložíme do grafu.

Další část pokusu provedeme stejně pouze s tím rozdílem, že bodový senzor teploty držíme při ústí dutiny ústní. Zjištěné hodnoty ukládáme do stejného grafu (menu **Experiment** → **Uchovat poslední měření**) a porovnáme jednak teplotu nadechovaného a vydechovaného vzduchu, jednak úsporu tepla při vydechování nosem.

Po ukončení druhého měření pomocí ikony **Automatické měřítko** upravíme vzhled grafu. Pokud se ve skupině studentů nachází někdo s onemocněním horních cest dýchacích, srovnáme jeho výsledky s hodnotami zdravých studentů. Z hygienických důvodů je třeba čidlo dezinfikovat lihovým přípravkem.

Ukázka výsledků Měření je třeba provádět ve dvojicích nebo trojicích. Testovaná osoba pouze vsedě přidržuje teplotní senzor, spolupracovník kontroluje polohu senzoru a provádí obsluhu měřícího zařízení.



Prokrvení kůže

Vojtěch Beneš

Výstup RVP: žák využívá znalosti o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími ve vlastním těle; usiluje o pozitivní změny ve svém životě související s vlastním zdravím a zdravím druhých

Klíčová slova: hustota vlásečnic, prokrvení

Laboratorní práce

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

60 min

Obtížnost:

střední

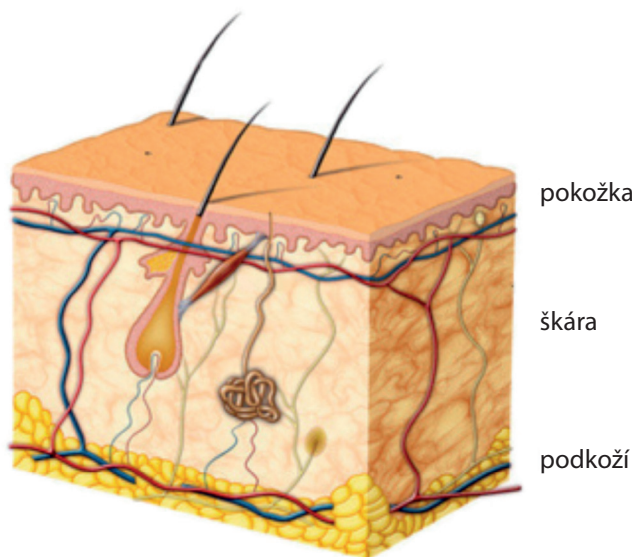
Proč se člověk červená na tvářích, a ne na bradě ?

Proč je člověku zima do prstů, a ne na zádech ?

Úkol Prozkoumejte prokrvení kůže v různých částech těla.

Pomůcky Počítač s programem Logger Pro, LabQuest, bodové teplotní čidlo Vernier, náplast, kostky ledu, utěrka nebo ubrousek, mýdlo

Teoretický úvod Ve škáře a v podkožním vazivu se nacházejí ty nejtenčí vlásečnice, které zajišťují zásobení kůže výživou a kyslíkem. Intenzita tohoto děje je závislá na „pracovním vytížení“ dané části těla. Obecně je známo, že nejbohatší síť vlásečnic je ve vnitřních orgánech. I kosterní svaly jsou poměrně hustě protkány vlásečnicemi, ale jejich krevní průtok závisí na momentální svalové aktivitě. Pokud sval nepracuje, uzavírají se některé kapiláry a krev jimi neproudí. Vyvíjí-li sval činnost, otevře se odpovídající množství kapilár tak, aby sval mohl vykonávat svou funkci.



(Převzato z <http://www.hojeni-ran.cz/dbpic/kuze-330>)

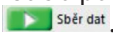
Kromě výše uvedených funkcí jsou krevní vlásečnice také odpovědné za termoregulaci těla. Mají totiž schopnost se zúžit nebo rozšířit. V případě zúžení omezí průtok krve a šetří teplo vnitřním orgánům (člověk se nachází v chladném prostředí), při rozšíření ochlazuje větší objem krve kontaktem s chladnějším tělním povrchem. Zvýšeným průtokem krve dojde k vyrovnání tělesné teploty u chladných částí těla.

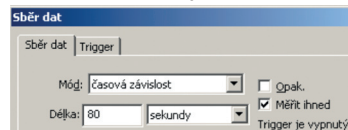
Všichni si jistě dovedeme představit, že hustota krevních kapilár v kůži není na všech místech stejná. Zvolíme tedy tři místa na tělním povrchu, o kterých se domníváme, že se liší hustotou kapilár.

Prokrvení kůže je určeno hustotou vlásečnic ve škáře. Povrchová teplota kůže závisí na hustotě vlásečnic v daném místě, na rychlosti přenosu tepla do okolí pokožkou a také na množství tukové tkáně v podkoží.

Prokrvení kůže

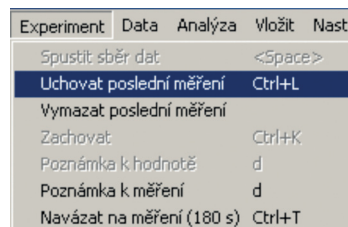
Postup Chceme zjistit teplotu pokožky v různých částech lidského těla a porovnat hustotu vlásen-
nic v těchto místech.

- Do analogového kanálu CH1 LabQuestu zasuněte konektor bodového teplotního čidla. USB kabelem propojte LabQuest s počítačem.
- Na počítači v programu Logger Pro nastavte v menu **Experiment** → **Sběr dat** délku měření na 80 s a potvrďte. Měření je možno zahájit kliknutím na .
- Z povrchu kůže, jehož teplotu budete měřit, nejdříve odstraňte mastnotu pomocí mýdla s vodou nebo liho-
vého přípravku. Na čistý povrch pak náplastí pevně při-
lepte bodové teplotní čidlo.



(Obrázek převzat z http://www.vernier.com/files/sample_labs/HP-A-02-COMP-skin_temperature.pdf)

- Spustíte měření a po přibližně 50 sekundách je zastavte tlačítkem .
- Náplast odlepte a 30 s dané místo intenzivně ochlazujte pomocí ledových kostek. Mezitím váš spolupracovník uloží první měření, opatrně odstraní použitou náplast a připraví si ubrousek.
- Po uplynutí 30 s místo rychle usušte a náplastí znovu přilepte bodové teplotní čidlo. Osušení musíte provést jen zlehka, *rozhodně ne třít*, aby nedošlo k prokrvení. Ihned spustíte měření a vyčkejte 80 s do jeho skončení. Pak soubor uložte na disk.



Zpracování Z grafu prvního měření zjistěte povrchovou teplotu t_0 kůže za normálních podmínek. Z grafu druhého měření určete nejnížší teplotu kůže t_1 , které bylo chlazením dosaženo. Lineární část křivky ve druhém měření proložte přímkou a určete její rovnici. Spočítejte, za jak dlouho by při nárůstu tímto tempem bylo dosaženo normální teploty t_0 .

místo na těle	klidová teplota t_0 (°C)	nejnížší teplota t_1 (°C)	rovnice nárůstu teploty	doba nutná k dosažení normální teploty (min)
biceps pravé ruky				
tvář 3 cm od úst				

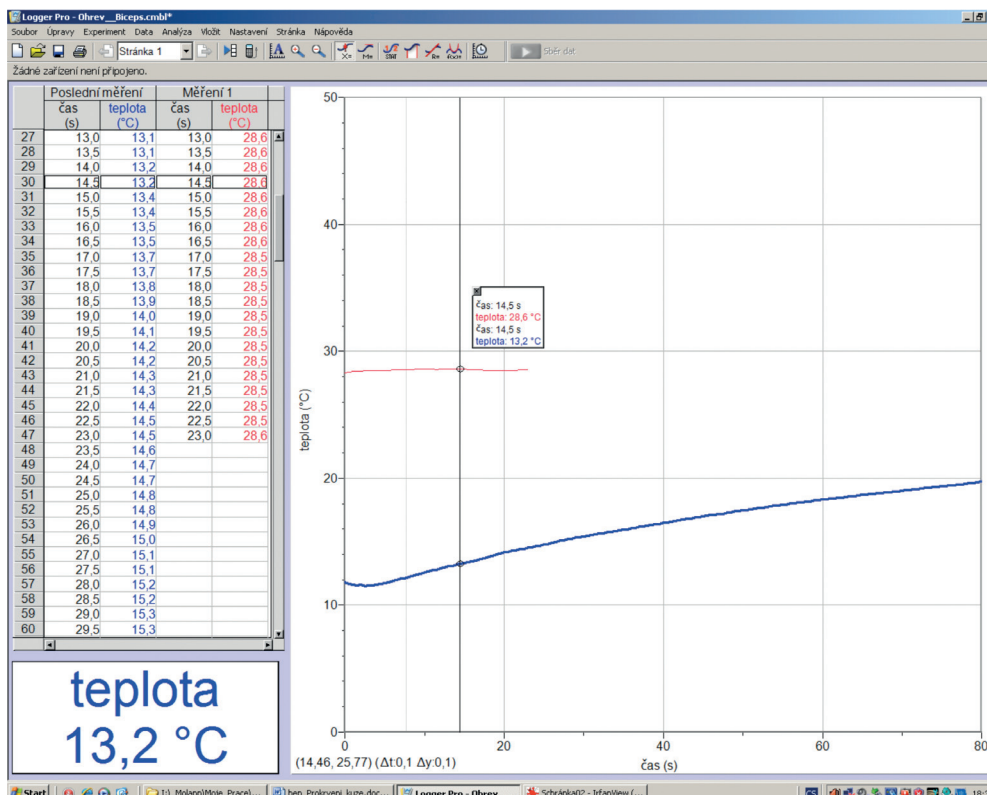
- Otázky**
- 1) Seřadte místa na těle podle klidové teploty. Co můžeme říci o hustotě vlásen-
nic v těchto místech?
 - 2) Seřadte místa na těle podle nejnížší dosažené teploty. Pokuste se o vysvětlení.
 - 3) Seřadte místa na těle podle doby, za kterou je dosaženo normální teploty. Co můžeme
říci o prokrvení v těchto místech. Existuje souvislost s výsledky předchozích úkolů?
 - 4) Proč se člověk červená na tvářích, a ne na bradě?
 - 5) Proč je člověku zima do prstů, a ne na zádech?
 - 6) Jak známo, alkohol rozšiřuje vlásenice. Doporučili byste v třesutých mrazech člověku
lok slivovice na zahřátí? Proč umrznou častěji opilci než lidé střízliví?

Prokrvení kůže

Vojtěch Beneš

Poznámky Detailní popis zpracování

pro učitele Měřením získáme tabulku s hodnotami a graf se dvěma křivkami. Červená křivka odpovídá prvnímu měření (normální teplota).

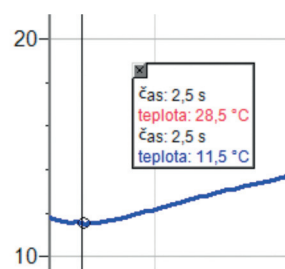


Zjištění povrchové teploty t_0 kůže za normálních podmínek:

- kliknout na ikonu odečet hodnot , pohybem kurzoru po křivce najít nejvyšší hodnotu; v našem případě $t_0 = 28,6^\circ\text{C}$,
- nebo vyhledat nejvyšší hodnotu ve 4. sloupci tabulky.

Zjištění nejnižší teploty při ochlazování

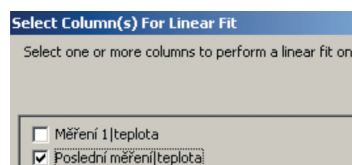
- Postupujeme stejně, čteme údaje na modré křivce nebo ve druhém sloupci. V našem případě $t_1 = 11,5^\circ\text{C}$.



Proložení a zjištění restituční doby:

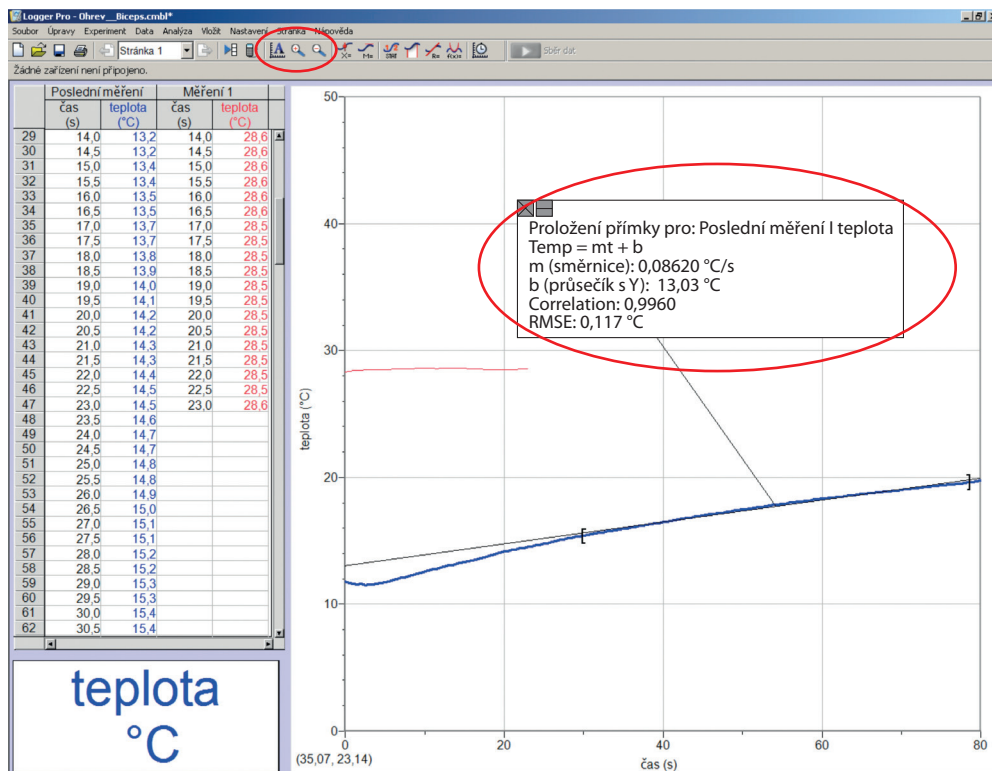
- Myši označíme v grafu tu část modré křivky, kde narůstá lineárně. Klikneme na ikonu

Proložení přímkou , zvolíme **Poslední měření** (viz obrázek) a počítač do rámečku vypíše rovnici přímkou.



úloha 8

Prokrvení kůže



V našem případě má rovnice tvar

$$\text{teplota} = 0,0862 \cdot \text{čas} + 13,03$$

Dobu, za kterou se kůže po ochlazení vrátí do normální teploty, získáme tak, že dosadíme t_0 za teplotu a vyřešíme rovnici.

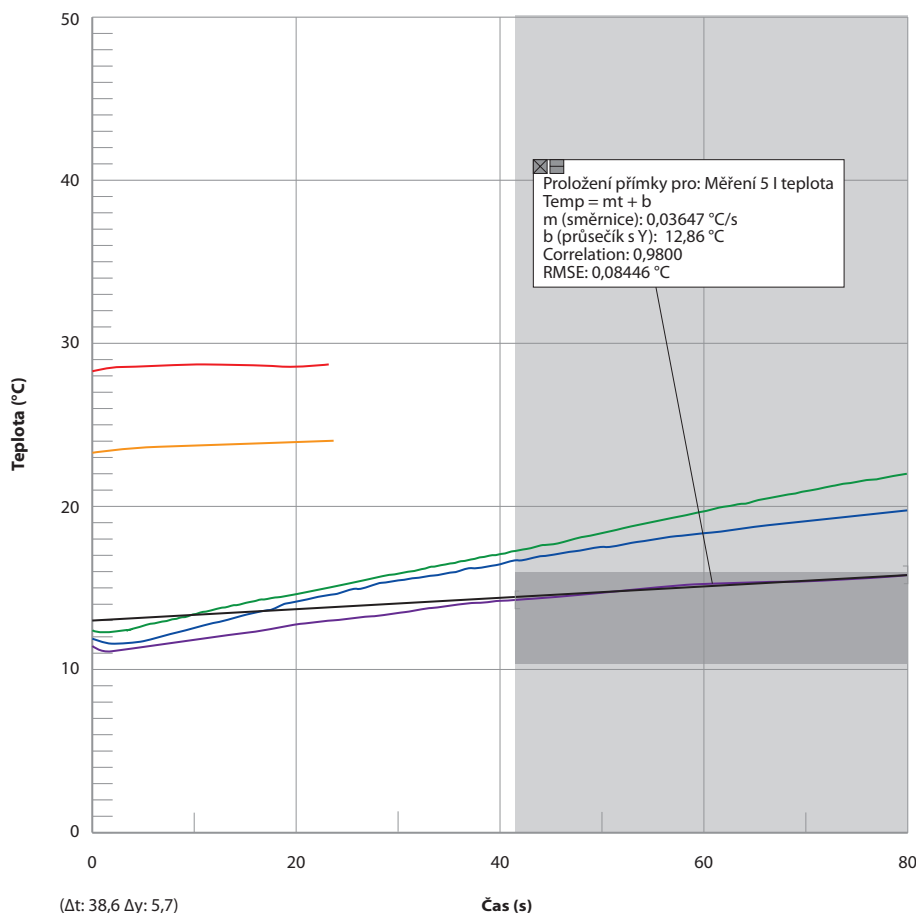
$$28,6 = 0,0862 \cdot \text{čas} + 13,03$$

$$\text{čas} = 180,6 \text{ s} = 3 \text{ minuty}$$

Výsledky

místo na těle	klidová teplota t_0 (°C)	nejnižší teplota t_1 (°C)	rovnice nárůstu teploty	doba nutná k dosažení normální teploty (min)
biceps pravé ruky	28,6	11,5	Temp = 0,0862 · t + 13,03	3,0
tvář 3 cm od úst	29,7	12,2	Temp = 0,1245 · t + 12,12	2,4
koleno (češka)	23,9	11,1	Temp = 0,03647 · t + 12,86	5,0

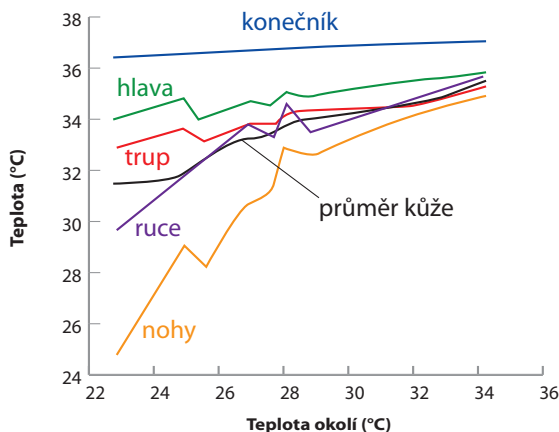
**Ukázka
naměřených
dat**



**Odpovědi
na otázky**

- 1) Teplota nejvyšší na tváři, pak na paži, pak na koleně. Čím větší hustota vlasečnic, tím vyšší klidová teplota.
- 2) Teplota nejvyšší na tváři, pak na paži, pak na koleně. Vzhledem k tomu, že v kůži nad číškou není žádný tuk a na tváři ho může být více než nad svařem dvojhlavým, mohli bychom vysvětlovat maximální ochlazení buď nepřítomností tuku v podkoží, nebo nižší cévnatostí kůže v tomto místě.
- 3) Doba restituce nejmenší na tváři, pak na paži, pak na koleně. Doba restituce se snižuje s rostoucí hustotou vlasečnic.
- 4) Na tváři je větší hustota vlasečnic.
- 5) Na zádech má větší množství tuku a menší hustotu vlasečnic. Navíc prsty mají poměrně velký povrch kůže s ohledem na velikost tkáně pod kůží.
- 6) Rozhodně ano :-), protože jsme přející lidé. Etanol způsobuje rozšíření vlasečnic ve škáře, proto se kůže více zahřeje, na což zareagují termoreceptory, a člověk bude mít pocit tepla. Dlouhodobě je to ovšem neudržitelný stav, při větším výdeji tepla pokožkou se tělo může podchladiť.

**Teplota
kůže
v závislosti
na teplotě
okolí**



Vitální kapacita plic

Vojtěch Beneš

Výstup RVP: žák využívá znalosti o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími ve vlastním těle, usiluje o pozitivní změny ve svém životě související s vlastním zdravím a zdravím druhých

Klíčová slova: klidový nádech, minutová ventilace, vitální kapacita

Laboratorní práce

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

15 min

Obtížnost:

střední

Kolik vzduchu člověk nadechne do plic?

Jak zabíjejí škrtiči?

Úkol Prozkoumejte dechové objemy plic.

(aktivitě by mělo předcházet vysvětlení mechanismu dýchání, role bránice a mezižebních svalů)

Pomůcky Počítač s programem Logger Pro napojený na dataprojektor, LabQuest, spirometr Vernier s bakteriálním filtrem a náustky, kolíček na nos

Teoretický úvod Při studiu funkce plic a jejich poruch se vychází z několika základních ukazatelů. Patří mezi ně *plicní objemy a kapacity*.

V_T (Tidal Volume) – objem jednoho klidného vdechu (0,5 l)

IRV (Inspiratory Reserve Volume) – inspirační rezervní objem (3,3 l) = objem vzduchu, který je ještě po běžném nádechu možné vdechnout při maximálním úsilí

ERV (Expiratory Reserve Volume) – expirační rezervní objem (1,2 l) = objem vzduchu, který je ještě po běžném výdechu možné vydechnout při maximálním úsilí

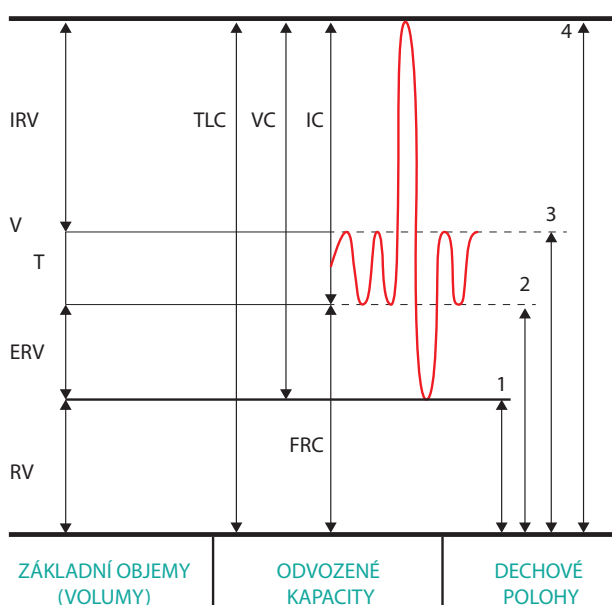
RV (Residual Volume) – reziduální objem (1,7 l) = objem vzduchu, který není možné vydechnout

VC (Vital Capacity) – vitální kapacita plic (5,0 l)

TLC totální kapacita plic (VC+RV)

FRC funkční reziduální kapacita (ERV+RV)

IC inspirační kapacita (IRV+VT)



http://is.muni.cz/elportal/estud/fsps/js07/fyzio/texty/resources/dechove_objemy.jpg

Vitální kapacita plic

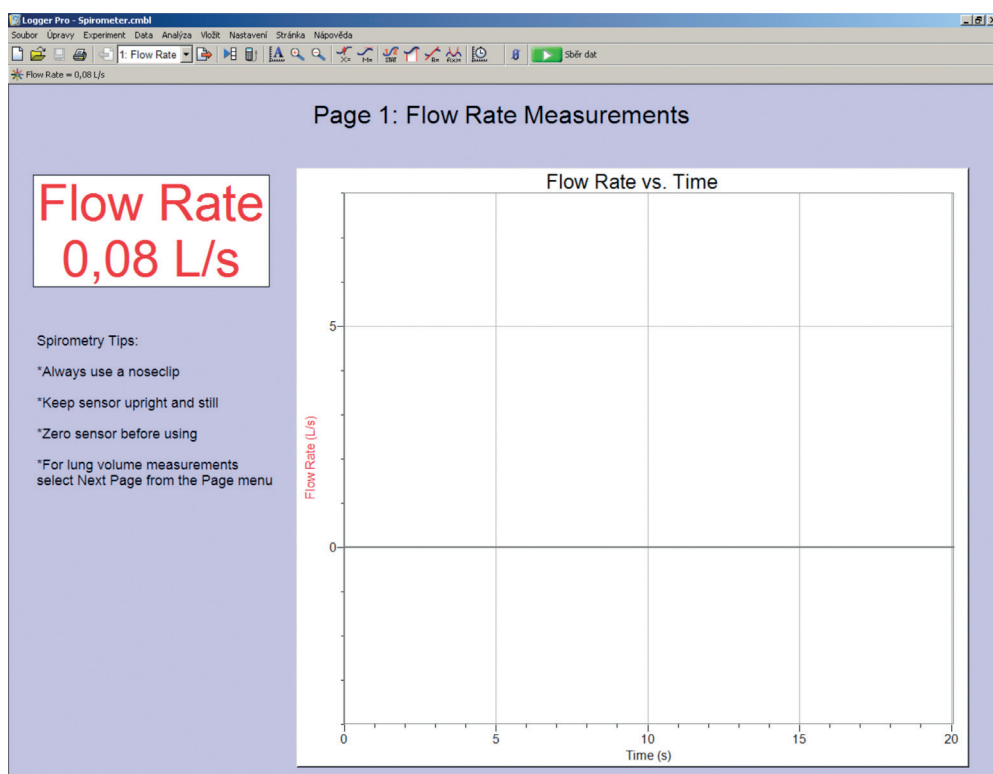
Postup Chceme změřit vitální kapacitu plic u jednoho vybraného studenta. Výsledky se promítnou na plátno a můžeme je ihned komentovat.



Zapneme LabQuest a USB kabelem jej propojíme s počítačem.

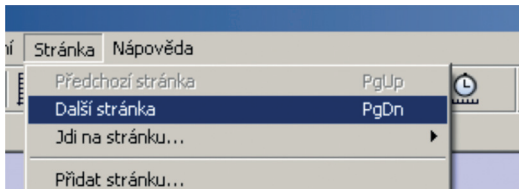
Na přední stranu spirometru (nápis INLET) nasadíme bakteriální filtr (opět nápisem k sobě) a na něj náustek. Spirometr zapojíme do kanálu CH1 LabQuestu.

Po spuštění programu Logger Pro se objeví toto okno:



(Pokud se okno nezobrazuje, provedli jste zapojení v jiném pořadí. V tomto případě nechte vše zapnuté, jen zavřete a znovu otevřete program Logger Pro.)

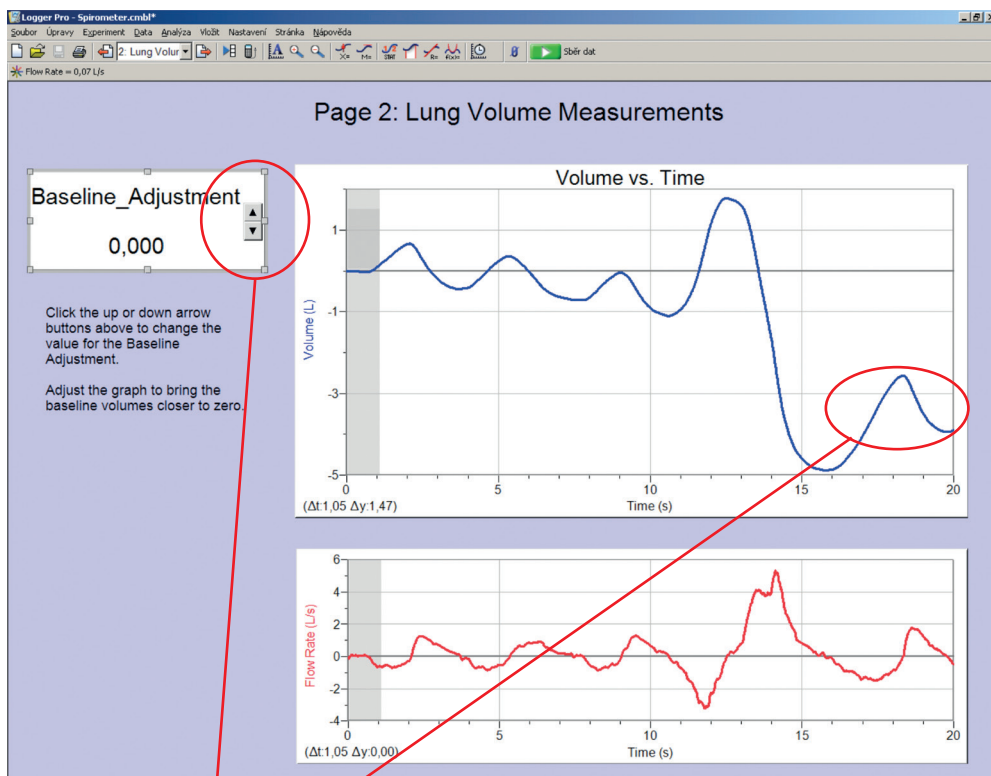
Spirometr může měřit průtok vzduchu (Flow Rate), nebo objem vzduchu v plicích (Lung Volume). My chceme měřit objemy, proto v menu **Stránka** klikneme na **Další stránka**.



Před začátkem měření spirometr vynulujeme (klik na ikonu , nebo menu **Experiment** → **Nulovat...**)

Měření zahájíme kliknutím na ikonu  **Sběr dat**. Během měření je třeba spirometr držet ve svislé poloze, používat kolíček na nos.

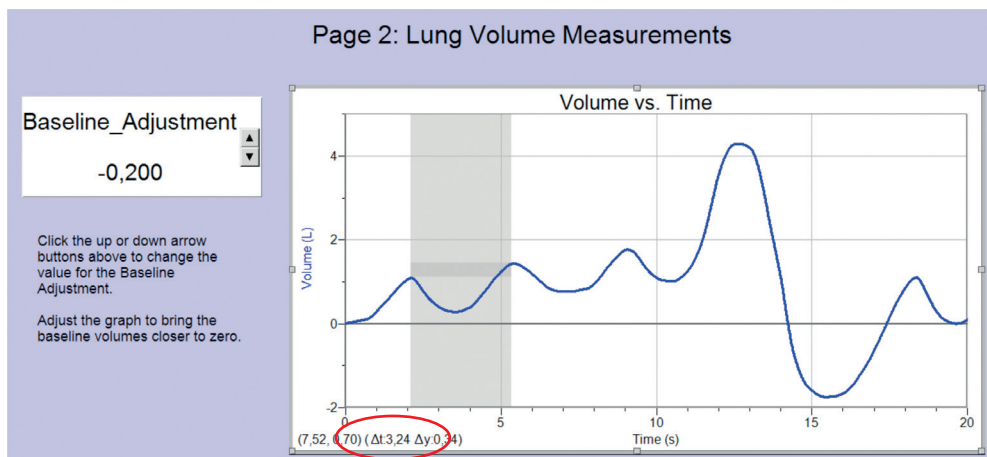
Průběh měření: student dýchá běžným tempem – měření začne třemi běžnými nádechy a výdechy, po kterých následuje ihned maximální nádech s maximálním výdechem, po kterých pokračuje v dýchání běžným tempem do skončení měření (případně je možno nastavit i delší čas než 20 s).



Pokud se křivka nezobrazí celá, klikněte na Automatické měřítko (ikona ).

Pokud se druhá část křivky nevrátí k nule (stejný objem jako na začátku), doladíte to klikáním na **Baseline Adjustment**. (Důvodem tohoto posunu je vlhkost, kterou student během experimentu do spirometru nadýchá; spirometr potom neměří správně a je třeba to klikáním na **Baseline Adjustment** opravit.) Správný graf by měl vypadat takto:

Vitální kapacita plic

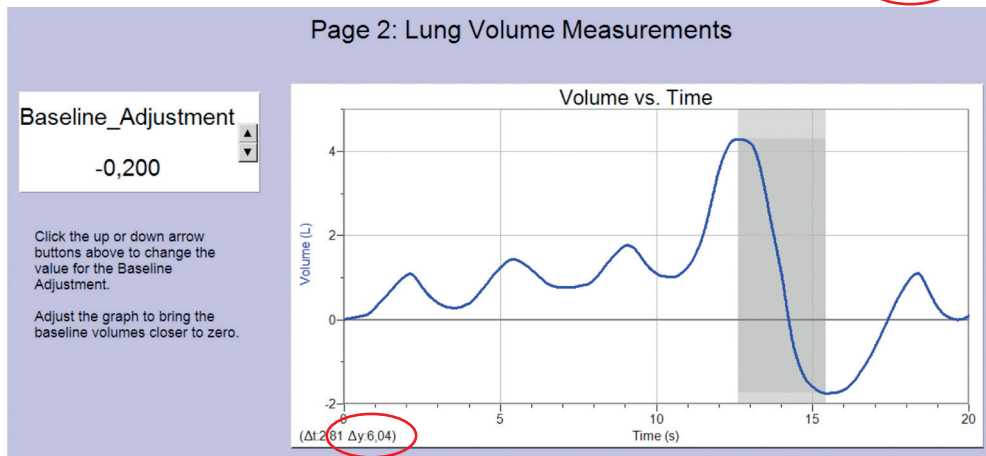
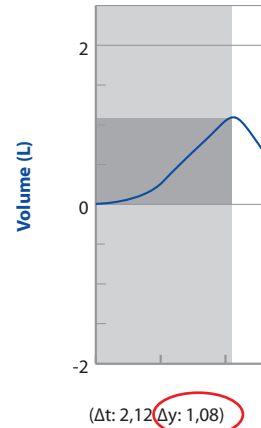


Vitální kapacita plic

Vojtěch Beneš

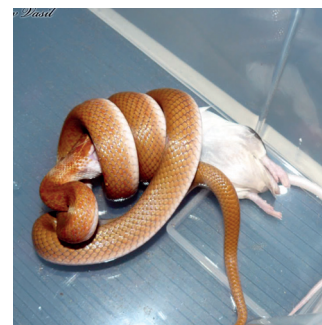
Výsledky Z grafu je možné zjistit mnoho informací:

- 1) **Dobu mezi dvěma nádechy** (tažením myši od jednoho maxima k sousednímu v klidovém režimu, tj. se stisknutým levým tlačítkem „kopírujeme“ tvar křivky), $\Delta t = 3,24$ s
- 2) **Dechovou frekvenci** $f = 60 / \Delta t = 18,5/\text{min}$
- 3) **Objem jednoho klidného vdechu** VT (tažením myši od minima po maximum v klidovém režimu) $\Delta y = 1,08$ l (viz obrázek vpravo)
- 4) **Minutovou ventilaci** (objem vzduchu, který projde plicemi za minutu) $= f \cdot \Delta y = 20$ l/min (asi jsem nebyl úplně v klidu, klidová hodnota je 6 až 8 l/min)
- 5) **Vitální kapacitu plic** (tažením myši od absolutního minima k absolutnímu maximum křivky – viz obrázek) **VC = $\Delta y = 6,04$ l**



- Rozšiřující otázky**
- Mají muži větší vitální kapacitu plic než ženy?
 - Závisí vitální kapacita plic na hmotnosti, výšce, obvodu hrudníku nebo na něčem jiném?
 - Co se děje s reziduálním objemem, když se potápeč ponoří do velké hloubky?
 - Proč člověk zemře v sevření hada škrtiče?
 - V různých zdrojích se uváděné hodnoty vitální kapacity liší. U mužů je optimální vitální kapacita cca 4,5 litrů, u žen kolem 3,5 litrů. Hodnoty trénovaných sportovců dosahují až 6 litrů.

- Odpovědi na otázky**
- Vitální kapacita závisí především na věku, trénovanosti, pohlaví a zdravotním stavu (k ověření na dalších studentech ve třídě ☺). Hráči na dechové hudební nástroje a skláři mají zpravidla velkou vitální kapacitu plic.
 - Při potápění bez přístroje jsou v hloubce 30 metrů plíce průměrného člověka stlačeny na **reziduální objem** (cca 1,5 l).
 - Při každém výdechu člověka a zmenšení obvodu jeho hrudníku se had škrtič přivine těsněji k tělu, takže člověk se již nemůže nadechnout tolik co dříve. Postupně se tedy vitální kapacita redukuje na nulu, zůstává jen reziduální objem a člověk zemře udušením.



<http://i299.photobucket.com/albums/mm296/lacike00/3-1.jpg>

Funkční vyšetření plic

Vojtěch Beneš

Výstup RVP: žák využívá znalosti o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími ve vlastním těle, projevuje odolnost vůči výzvám k sebepoškozujícímu chování a rizikovému životnímu stylu; usiluje o pozitivní změny ve svém životě související s vlastním zdravím

Klíčová slova: spirometrie, restriční a obstrukční poruchy, vitální kapacita

Příprava na hodinu

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

25 min

Obtížnost:

vysoká

Jak lékař pozná, že vaše plice nejsou v pořádku?

Úkol Proveďte spirometrické vyšetření u jednoho ze studentů.

Aktivita by mělo předcházet vysvětlení mechanismu dýchání, role bránice a mezižeberních svalů. Vhodné by také bylo zařadit aktivitu *Vitální kapacita plic* se spirometrem Vernier.

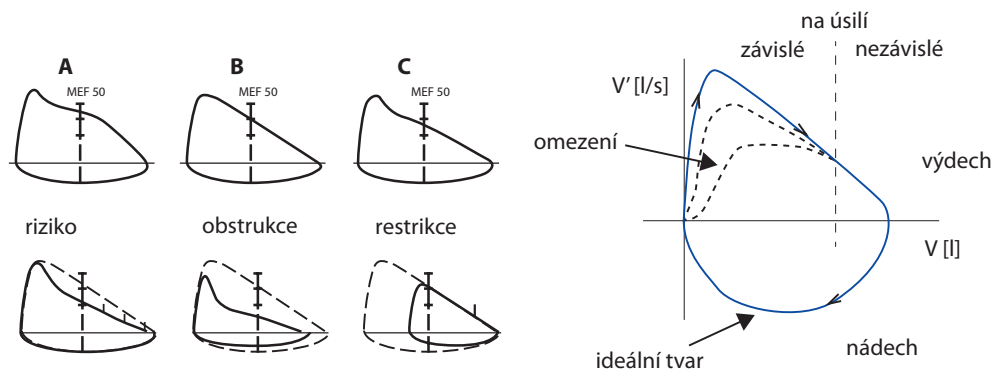
Pomůcky Počítač s programem Logger Pro napojený na dataprojektor, LabQuest, spirometr Vernier s bakteriálním filtrem a náustky, kolíček na nos

Teoretický úvod Spirometrie slouží ke zjišťování funkčnosti plic. Obvykle se měří **průtok** proudícího **vzduchu** (kolik litrů vzduchu člověk vydechne za 1 sekundu) **v závislosti na objemu** vzduchu v plicích.

Díky spirometrickému vyšetření lékař rozhodne, zda jsou plice zdravé, nebo zda trpí **restriční, či obstrukční chorobou**.

- Při restričních poruchách (např. plicní fibróza, rozedma plic) jsou všechny plicní objemy menší, ale rychlost výdechu zůstává normální. Jedná se o omezení dýchací plochy.
- Při poruchách obstrukčních (např. astma) je celkový objem plic normální, ale maximální výdechová rychlost je nízká. Snížení rychlosti je způsobeno zúžením dýchacích cest.

Existují také poruchy kombinující oba příznaky.



Postup Charakteristické veličiny:

- **Usilovná vitální kapacita** (Forced Vital Capacity FVC) = množství vzduchu, které může vyšetřovaný po maximálním vdechu co nejprudčeji vydechnout.

Norma: ženy: $[21,7 - (0,101 \times \text{věk})] \times \text{výška (cm)} = \dots \text{ml}$

muži: $[27,63 - (0,112 \times \text{věk})] \times \text{výška (cm)} = \dots \text{ml}$

- **Jednosekundová vitální kapacita** (FEV_1) udává, kolik litrů vzduchu je vydechnuto během jedné sekundy při usilovném výdechu. Měla by být větší než 75 % normy pro vyšetřovanou osobu.

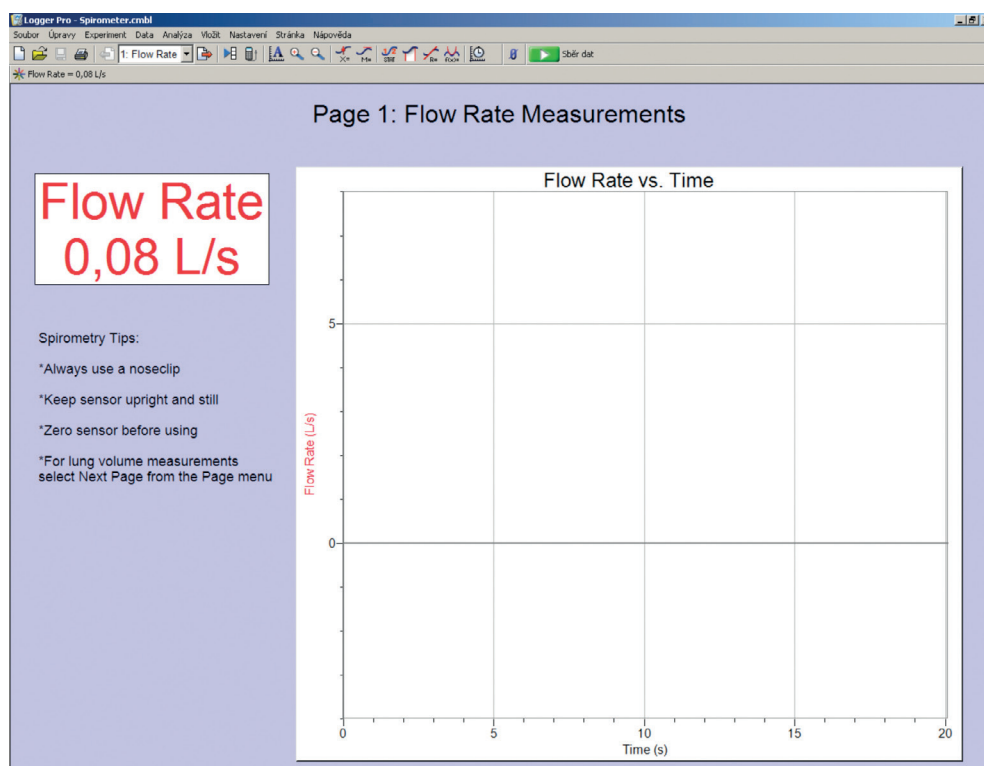
Funkční vyšetření plic

- **Vrcholová výdechová rychlost** (Peak expiratory flow rate PEFR)
- **Střední výdechová rychlost (MEF 25, 50, 75)** je průměrná rychlost měřená při usilovném rozepsaném výdechu vitální kapacity mezi jeho 25-75 % od počátku výdechu.

Chceme změřit průtok vzduchu v závislosti na objemu vzduchu v plicích u jednoho vybraného studenta. Výsledky se promítnou na plátno a můžeme je ihned komentovat.

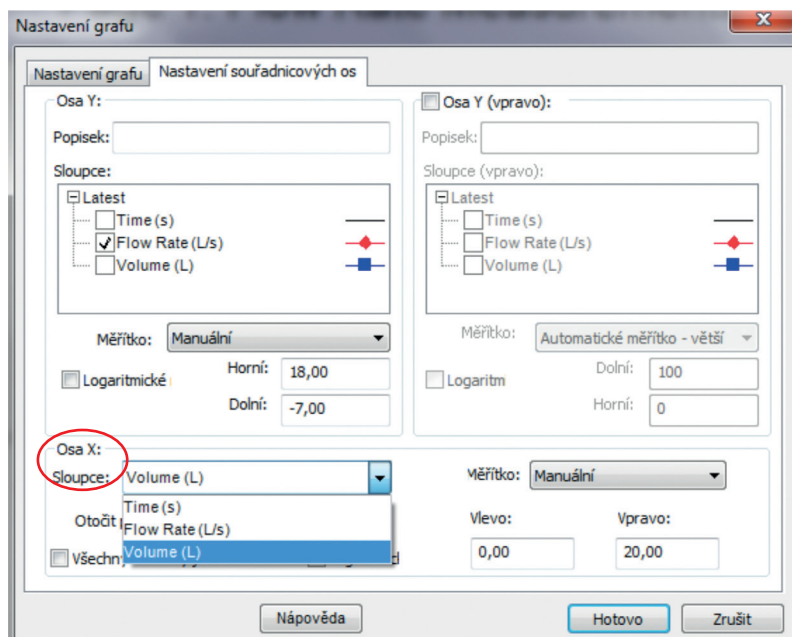
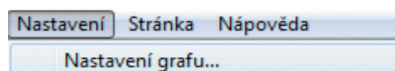


- Zapneme LabQuest a USB kabelem jej propojíme s počítačem.
- Na přední stranu spirometru (nápis INLET) nasadíme bakteriální filtr (opět nápisem k sobě) a na něj náustek. Spirometr zapojíme do kanálu CH1 LabQuestu.
- Po spuštění programu Logger Pro se objeví toto okno:



(Pokud se okno nezobrazuje, provedli jste zapojení v jiném pořadí. V tomto případě nechte vše zapnuté, jen zavřete a znovu otevřete program Logger Pro.)

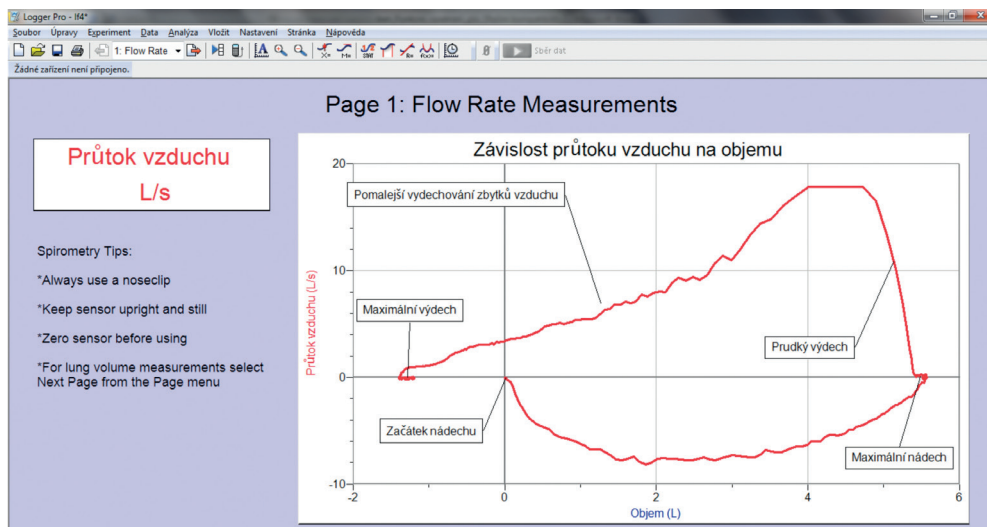
V menu **Nastavení** → **Nastavení grafu** změníme veličinu na x-ové ose: v záložce **Nastavení souřadnicových os** nahradíme čas (Time) objemem (Volume) – viz obrázky – a potvrdíme.



- Před začátkem měření spirometr vynulujeme (klik na ikonu , nebo menu **Experiment** → **Nulovat...**)
- Měření zahájíme kliknutím na ikonu  **Sběr dat**. Během měření je třeba
 - 1) spirometr držet ve svislé poloze,
 - 2) používat kolíček na nos.
- Průběh měření
 - 1) Student se nadechne (mimo spirometr), spustíme sběr dat, student vydechuje do spirometru normálním tempem, snaží se o **maximální výdech**. (Program zatím nic neukazuje, vlastní měření začne až s nádechem – měření spouští trigger automaticky).
 - 2) Student se co nejvíce nadechne (přes spirometr) – nejde o rychlost, cílem je **maximální nádech**, po čemž ihned následuje
 - 3) co nejprudší výdech (do spirometru) – je třeba se snažit **vydechnout co nejrychleji** všechnen vzduch.
 - 4) Měření můžeme zastavit kliknutím na  **Zastavit**, nebo ho nechat automaticky doběhnout (20 s).

Funkční vyšetření plic

Výsledky Dostaneme zhruba tento graf:

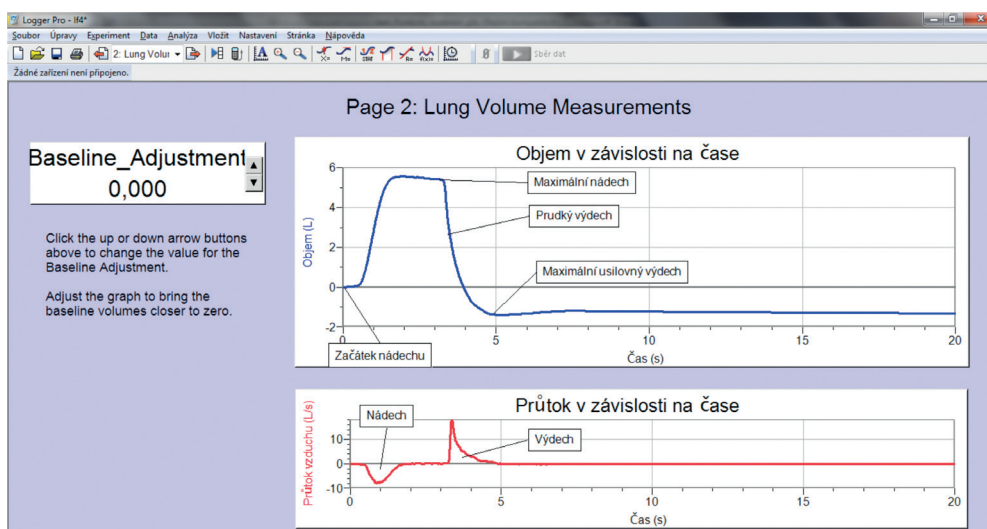
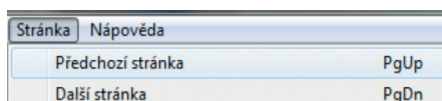


- Pokud se křivka nezobrazí celá, klikněte na **Automatické měřítko** (ikona )

V grafu je vidět, že po normálním výdechu člověk do plic nadechl asi 5,5 litrů vzduchu. Při usilovném výdechu vzduch nejrychleji proudí ven, dokud jsou plíce plné vzduchu; po krátký čas až rychlostí asi 18 l/s. Dokončení výdechu se děje mnohem pomaleji a dostaneme se na objem menší než na počátku. To znamená, že při normálním výdechu jsme zdaleka nevydechli všechnu vzduch. Usilovná vitální kapacita je v tomto případě asi 6,5 l.

Pozn.: Spirometr Vernier ukazuje kladné hodnoty objemu, pokud vzduch vdechujeme; některé jiné spirometry jako kladný berou objem vydechnutý. Proto je tato fyziologická křivka dýchání symetricky převrácená oproti křivkám uvedeným v teoretickém úvodu.

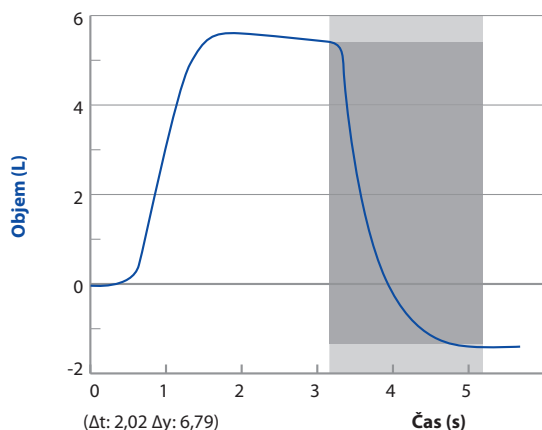
Pro přesnější určení parametrů je vhodné přejít na 2. stránku (menu **Stránka**, kliknout na **Další stránka**).



Určení usilovné vitální kapacity (FVC):

klik myši na nejvyšší bod prvního grafu a tažení do nejnižšího bodu tohoto grafu.

$$FVC = \Delta y = 6,79 \text{ litrů}$$



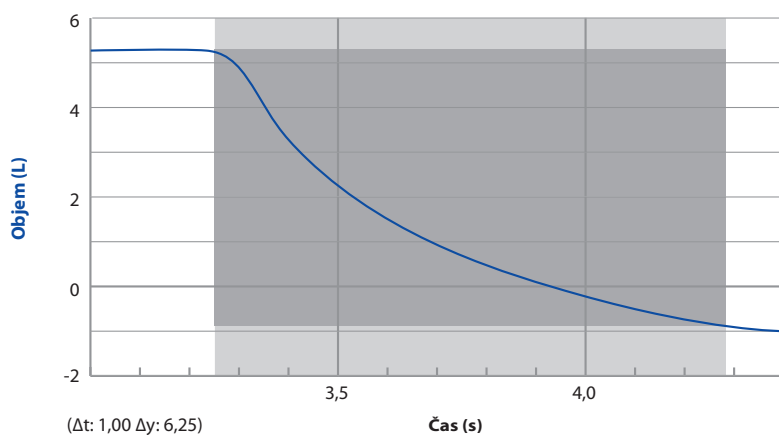
Jednosekundová vitální kapacita:

Oblast prudkého výdechu si můžete zvětšit pomocí lupy (ikona ). Klikněte na začátek výdechu a táhněte myší po křivce doprava. Přitom sledujte hodnotu Δt . Jakmile dosáhnete hodnoty $\Delta t = 1$ s, pusťte tlačítko myši (na křivce) a přečtěte hodnotu Δy .

$FEV_1 = \Delta y = 6,25$ litrů

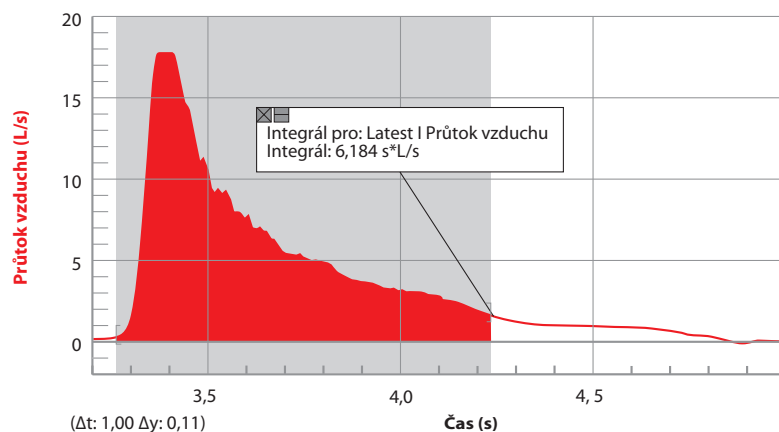
Jiný postup:

Zvětšit pomocí lupy  oblast výdechu ve druhém grafu (průtok na čas), označit myší oblast od začátku výdechu trvající 1 s (při tažení myši sledovat údaj Δt) a pak kliknout na ikonu integrál .



Vychází $FEV_1 = \text{Integrál} = 6,18$ litrů.

Rozdíl mezi prvním a druhým způsobem určení je způsoben nepřesným označováním myší v grafu.



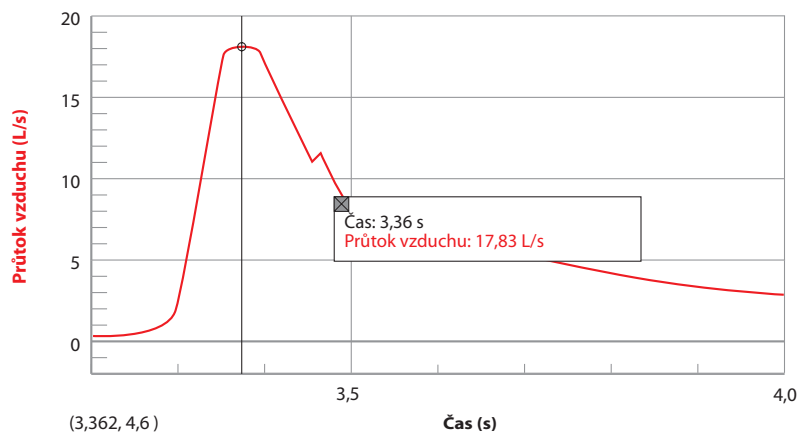
Funkční vyšetření plic

Můžeme uzavřít, že jednosekundová vitální kapacita tvoří 91 % usilovné vitální kapacity, což s přehledem odpovídá normě.

$$(FEV_1/FVC = 6,2/6,8 = 0,91 = 91 \%)$$

Určení vrcholové výdechové rychlosti (PEFR):

Klikněte na ikonu **Odečet hodnot**  a ve druhém grafu (Průtok v závislosti na čase) ukažte myší do nejvyššího bodu grafu.



Vrcholová výdechová rychlost činí 17,8 litrů za sekundu.

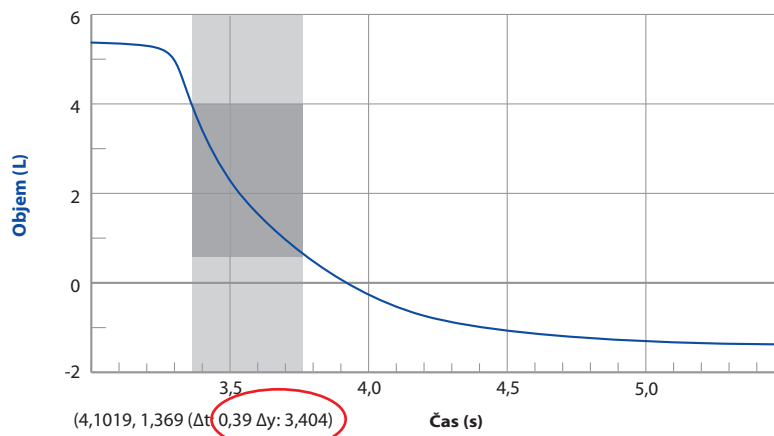
Určení střední výdechové rychlosti (MEF 25, 50, 75)

Změřená usilovná vitální kapacita je FVC = 6,8 l,

75 % z FVC je $V_{75} = 5,1$ l,

25 % z FVC je $V_{25} = 1,7$ l.

Hledáme tedy čas, za který člověk vydechne 3,4 litrů ($5,1 - 1,7 = 3,4$). Protože máme v grafu posunutý počátek (křivka nekončí v bodě 0 litrů, ale -1,4 litrů, začneme tento čas měřit od okamžiku, kdy byl objem $5,4 - 1,4 = 4,0$ litrů.



Střední výdechová rychlost tedy činí $MEF = 3,4 \text{ l} / 0,39 \text{ s} = 8,7$ litrů za sekundu.



Experimenty s Vernierem **Biologie**

Redakce: Mgr. Vojtěch Beneš, Mgr. Renata Řezníčková, Mgr. Jakub Jermář,
RNDr. Eva Brunnová, Mgr. Edita Vilímová

Jazyková korektura: PhDr. Stanislav Zajíček

Fotografie: autoři úloh

Fotografie na obálce: Michal Šindelář

Grafická úprava: Mgr. Pavel Brabec

Sazba: RNDr. Ivo Pecl

Tisk: Zephiros, a.s.

Vydalo: Gymnázium Matyáše Lercha Brno, červen 2012

Náklad: 150 ks tiskem, digitálně zdarma na www.gml.cz/projekty/molapp
vydání první



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato publikace vznikla díky operačnímu programu **Vzdělávání pro konkurenceschopnost** v projektu **Mobilní laboratoř přírodovědných předmětů**, který byl v letech 2011–2012 realizován na Gymnáziu Matyáše Lercha v Brně.