

Normální hodnoty tlaků v plicním oběhu u zdravých osob v klidu a při cvičení

J. Widimský

Klinika kardiologie IKEM Praha, přednosta prof. MUDr. Jan Kautzner, CSc., FESC

Souhrn: Práce se opírá o výsledky dřívější, retrospektivní, mezinárodní WHO studie normálních hodnot tlaků v plicním oběhu a pravém srdci u 468 zdravých osob. Výsledky této práce ukazují, že plicní hypertenze by měla být definována středním tlakem v plicnici v klidu ≥ 20 mm Hg, a nikoli tlakem ≥ 25 mm Hg. Tlak v zaklínění by měl být < 12 mm Hg. Tyto výsledky byly nedávno potvrzeny dosud největší retrospektivní mezinárodní studií normálních hodnot uveřejněnou Kovacsem et al zahrnující 1 187 zdravých osob. Studie Kovace et al však neobsahuje hodnoty tlaku v zaklínění. Normální hodnoty středního tlaku v plicnici při zátěži závisí na věku. Střední tlak v plicnici při zátěži stoupá paralelně se zvyšováním minutového výdeje srdečního u zdravých osob do 50 let. U 50letých a starších zdravých osob je však nárůst středního tlaku v plicnici při zátěži strmější, což je vyvoláno strmějším nárůstem tlaku v zaklínění vyvolaným patrně diastolickou dysfunkcí levé komory u starších osob.

Klíčová slova: tlaky v plicním oběhu – střední tlak v plicnici – tlak v zaklínění – věk – cvičení

Normal pulmonary circulation pressure values in healthy subjects at rest and during exercise

Summary: The paper is based on the results of an earlier retrospective international WHO study of normal pressure values in the pulmonary circulation and the right heart in 468 healthy individuals. The results of this study suggest that the pulmonary hypertension should be defined by the mean pulmonary artery pressure at rest of ≥ 20 mmHg and not ≥ 25 mmHg. Pulmonary wedge pressure should be < 12 mmHg. These results have recently been confirmed by the so far largest retrospective international study of normal values published by Kovacs et al and involving 1187 healthy volunteers. However, this study does not include pulmonary wedge pressure values. Normal values of the mean pulmonary artery pressure during exercise are determined by age. In healthy individuals younger than 50 years of age, the mean pulmonary artery pressure during exercise increases in parallel with increasing cardiac output. However, the increase in the mean pulmonary artery pressure during exercise is steeper in healthy individuals aged 50 years and over. This results from a sharper increase in the pulmonary wedge pressure caused probably by diastolic dysfunction of the left ventricle in the older population.

Key words: pulmonary artery pressures – mean pulmonary artery pressure – wedge pressure – age – exercise

Úvod

Guidelines diagnostiky a léčby plicní hypertenze definovaly plicní hypertenzi jako střední tlak v plicnici 25 mm Hg a vyšší [1,2]. Patrně to bylo způsobeno tím, že se tato guidelines soustředila na diagnostiku a léčbu plicní arteriální hypertenze, která je charakterizována těžkou plicní hypertenzí.

Tato definice však odporuje jak nálezům retrospektivní mezinárodní studie WHO uveřejněné v roce 1981 [3], tak nedávno uveřejněné retrospektivní mezinárodní studii Kováce et al [4], která zahrnuje dokonce více než 1 000 zdravých osob.

Díky iniciativě Kardiovaskulárního oddělení Světové zdravotnické organizace v Ženevě byla provedena retrospektivní mezinárodní studie normálních hodnot centrální hemodynamiky.

Tato data byla uveřejněna v monografii symposia o normálních hodnotách ergometrie podle věku, pohlaví a stavu trénovanosti pořádaného Evropskou kardiologickou společností v Římě v roce 1980 [3].

Data nebyla bohužel uveřejněna časopiseckou formou. To bylo patrně příčinou zapomenutí těchto nálezů mezinárodní literaturou.

Cílem této práce je připomenutí jak našich dat [3], tak dat Kováce et al [4] a upozornit, že v současnosti používaná definice plicní hypertenze je chybná.

Metody

Byla kontaktována centra, která uveřejnila data o normálních hodnotách plicní cirkulace a požádána o spolupráci. Zmíněným centrům byly roze-

slány formuláře, jejichž data tvoří základ této práce. Byla získána data z 16 center. Celkem se jednalo o data 753 osob odeslaných do ústředí WHO v Ženevě.

Během analýzy jsme zjistili, že některá centra poslala data údajně normálních pacientů, kteří však měli méně významné kardiovaskulární nebo plicní onemocnění (např. pacienti před plicní resekci). Všichni tito pacienti byli z analýzy vyloučeni. Tak bylo vyřazeno 162 osob, v několika málo centrech tvořili vyloučení většinu dodaných osob.

Analýzu tvoří data ze 14 center z Evropy, USA, Jižní Ameriky a Japonska. Data z centra ve vysoké nadmořské výšce v centru La Paz zahrnující 61 osob nebyla pro tuto analýzu použita.

Všechny statistické a matematické analýzy provedl pan Dixon z WHO, Že-

Tab. 1. Počet zdravých osob z jednotlivých center.

Centrum	V klidu	Při cvičení
Basel	105	101
Bern	44	44
Birmingham	39	28
Boston	45	–
Denver	46	22
Düsseldorf	49	48
Kobe	5	–
Lyon	30	30
Praha – IKEM	48	41
Sendai	9	–
Stockholm	16	15
Yamaguchi	2	–
Wisconsin	30	–
La Paz	61	23
celkem	529	362

Z analýzy bylo vyřazeno centrum v La Paz pro vysokou nadmořskou výšku způsobující u zdravých obyvatel plicní hypertenzi.

neva, ze statistického oddělení. Studie se účastnila následující centra:

- evropská centra: Basel (CH), Bern (CH), Birmingham (GB), Düsseldorf (D), Lyon (F), Praha IKEM (CZ) a Stockholm (S);
- centra z USA: Boston, Denver a Wisconsin;
- japonská centra: Kobe, Sendai a Yamaguchi.

Tab. 1 ukazuje počet zdravých osob z jednotlivých center.

Výsledky

Tab. 2 ukazuje počet osob podle věku. Většina osob se nalézala ve věkové skupině 15–49 let, jen 10,8 % osob bylo ve věku 50 let a starších.

Vliv různých flebostatických rovin

Vliv různých flebostatických rovin byl studován ve věkové skupině 20–49 let, v poloze vleže, v klidu. Zdálo se, že flebostatická rovina 2/3 výšky hrudníku dává nejnižší hodnoty tlaků v malém oběhu a pravém srdci, obdobně jako rovina 5 cm pod sternoklavikulárním skloubením dávaly vyšší, ale porovnatelné hodnoty. Jak střední axilární ro-

Tab. 2. Počet osob podle věku.

Věková skupina	%	Věková skupina	%
< 15	4,5	40–49	13,0
15–18	14,9	50–59	4,2
20–29	39,5	60–69	4,7
30–39	17,4	> 70	1,9

vina, tak rovina 10 cm nad úrovní katetrizačního stolu dávaly vyšší a porovnatelné hodnoty. Nejvyšší hodnoty se jevíly při použití flebostatické roviny 1/2 výšky hrudníku. Později jsme však zjistili, že tyto rozdíly jsou způsobeny z větší míry rozdíly v hemodynamických hodnotách mezi jednotlivými centry.

Hemodynamika plicního oběhu a pravého srdce u zdravých osob v klidu

Hodnoty středního tlaku v plicnici a tlaku v zaklínění u zdravých osob v jednotlivých dekádách ukazuje tab. 3.

Z tab. 3 je vidět, že střední tlak v plicnici se pohybuje mezi 13,7 a 16,2 mm Hg, přidáme-li jednu standardní deviaci,

pak mezi 16,7 a 19,9 mm Hg. Normální hodnoty tlaku v zaklínění se pohybují mezi 7,8 a 9,1 mm Hg, po přidání jedné standardní deviace pak mezi 10,6 a 11,9 mm Hg. **Hodnoty 20 mm Hg a výše by proto měly být hranicí plicní hypertenze. Tlak v zaklínění nepřevyšuje u zdravých osob 12 mm Hg.**

Tab. 4 demonstruje průměrné hodnoty plicní vaskulární rezistence (PAR) a konečného diastolického tlaku v pravé komoře (PKd) u zdravých osob v klidu.

Hodnoty PAR se pohybují mezi $0,8 \pm 0,3$ a $1,3 \pm 0,5$ mm Hg/l nebo Woodových jednotek. Hodnoty konečného diastolického tlaku pak mezi $3,0 \pm 2,1$ a $8,3 \pm 2,4$ mm Hg/l.

Normální hodnoty PAR (průměr $\pm$ SD) nepřesahují 1,8 jednotek. Hodnoty konečného diastolického tlaku v pravé komoře nepřesahují (průměr $\pm$ SD) hodnoty 10,7 mm Hg. Abnormální hodnoty konečného diastolického tlaku v pravé komoře by tedy měly být ≥ 10 mm Hg s výjimkou osob ve věku 70 let a starších.

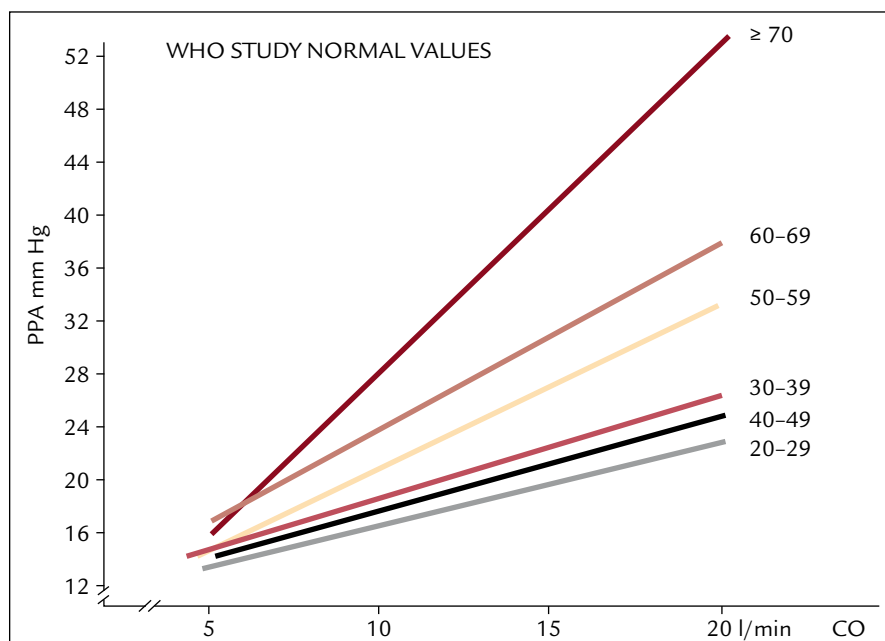
Tab. 3. Střední tlak v plicnici (PAPm) a tlak v zaklínění (PW) u zdravých osob. V jednotlivých dekádách [3].

Věková skupina	PAPm (mm Hg)	SD	PW (mm Hg)	SD
20–29	13,7	3,0	7,8	2,8
30–39	14,5	3,2	8,3	2,5
40–49	15,0	4,3	7,8	3,2
50–59	16,2	3,7	8,3	2,9
60–69	15,9	2,7	9,1	2,8
≥ 70	15,3	2,5	9,1	1,6

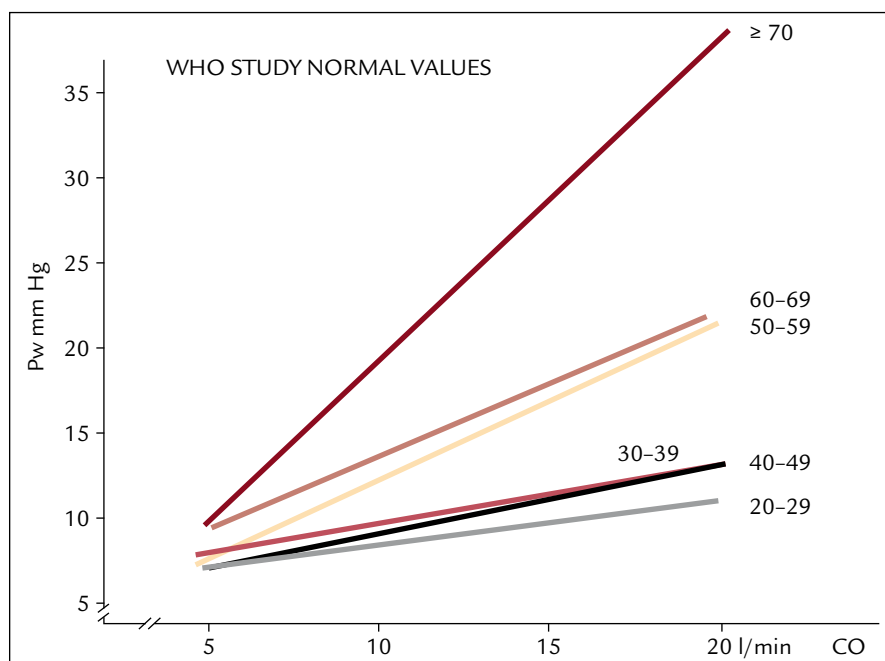
SD – standardní deviace

Tab. 4. Průměrné hodnoty plicní arteriální rezistence (PAR) a konečného diastolického tlaku v pravé komoře (PKd) u zdravých osob.

Věková skupina	PAR (mm Hg/l)	SD	PKd (mm Hg)	SD
20–29	0,8	0,3	5,1	2,9
30–39	0,9	0,5	4,8	2,4
40–49	1,0	0,5	4,0	2,1
50–59	1,3	0,5	3,0	2,1
60–69	1,1	0,4	6,1	2,8
70 a více	1,1	0,5	8,3	2,4



Obr. 1. Střední tlak v plicnici při zátěži u zdravých osob v korelaci se zvýšením minutového výdeje srdečního v jednotlivých věkových dekádách – WHO studie [3].



Obr. 2. Tlak v zaklínění při zátěži u zdravých osob v korelaci se zvýšením minutového výdeje srdečního v jednotlivých věkových dekádách – WHO studie [3].

Korelace některých veličin s věkem

Střední tlak v plicnici a tlak v zaklínění vykazují mírnou závislost s věkem, kterou lze početně vyjádřit takto:

$\text{střední tlak v plicnici} = 12,748 + 0,048 \text{ mm Hg} \times \text{věk}$ (propočít se opírá o 448 osob)

Souvislost je malá, protože pro rozdíl 40 let (30 let vs 70 let) vychází rozdíl jen 2,42 mm Hg pro střední tlak v plicnici.

$\text{tlak v zaklínění} = 7,233 + 0,022 \text{ mm Hg} \times \text{věk}$

Souvislost je malá, protože pro rozdíl 40 let (30 let vs 70 let) vychází rozdíl jen 0,88 mm Hg pro tlak v zaklínění.

Největší retrospektivní analýzu hodnot tlaku v plicnici (bohužel ne tlaku v zaklínění) podává práce Kovacse et al [4], zahrnující 1 187 zdravých

osob ze 47 studií. Výsledky studie Kovacse et al ukazují, že **průměrný střední tlak v plicnici v klidu v jejich analýze činí $14,0 \pm 3,3 \text{ mm Hg}$** . Hodnoty jsou nezávislé na pohlaví, etnickém původu a vykazují minimální závislost na věku. **Z těchto dat jednoznačně vyplývá, že hranici plicní hypertenze má být 20 mm Hg, a nikoli 25 mm Hg.**

Normální hodnoty tlaků v malém oběhu při cvičení

Plicní hypertenze je při svém vývoji nejdříve přítomná jen při zátěži, později i v klidu. Navíc se plicní hypertenze manifestní v klidu při zátěži dále zhoršuje. Opětovné vzestupy tlaku v plicnici při zátěži přispívají ke vzniku srdečního selhání.

Obr. 1 a 2 ukazují hodnoty středního tlaku v plicnici a tlaku v zaklínění v jednotlivých věkových dekádách v souvislosti s hodnotami minutového výdeje při cvičení.

Z obr. 1 vyplývá, že střední tlak v plicnici i tlak v zaklínění stoupají při zátěži paralelně se zvyšováním minutového výdeje. Stanovit hranice normy je zde však obtížnější, protože z obrázků je zřejmé, že sklon vzestupu středního tlaku v plicnici je zřetelně strmější u zdravých osob ve věkové skupině 50 let, a více dokonce i ve skupině 70 let a více. V této skupině se však výsledky opírají o malý počet vyšetřených zdravých osob.

Příčinou strmějšího vzestupu středního tlaku v plicnici ve starších dekádách je strmější vzestup tlaku v zaklínění při zátěži.

Diskuze

Z našich nálezů, jakož i z nálezů největší dosud uveřejněné retrospektivní studie Kovacse et al, zřetelně vyplývá, že plicní hypertenze by měla být definována středním tlakem v plicnici 20 mm Hg a vyšším. Tato změna má význam především u osob s plicními chorobami, kde již hodnoty středního tlaku v plicnici nad 20 mm Hg vykazují negativní prognostický dopad [5-8].

Normální hodnoty tlaků v malém oběhu při zátěži nejsou dosud známy.

Hranice hodnot tlaku v plicnici při zátěži je obtížnější stanovit, protože u osob ve věku 50 let a starších stoupá střední tlak v plicnici při zátěži strměji, což je způsobeno strmějším zvýšením tlaku v zaklínění. Tyto nálezy jsou shodné i s nálezy Kovacse et al [4]. Tito autoři bohužel nepopsali hodnoty tlaku v zaklínění u zdravých osob při zátěži.

Normální hodnoty pro střední tlak v plicnici by se musely vytvořit zvláště pro osoby mladší 50 let, dále pro osoby starší 50 let a patrně i pro osoby nad 70 let. Ty by se musely také stanovit pro tlak v zaklínění z dříve uvedených důvodů.

Naše nálezy přesvědčivě ukazují, že větší vzestup středního tlaku v plicnici při zátěži u osob starších 50 let je způsoben především větším zvýšením tlaku v zaklínění u starších osob vyvolaným patrně diastolickou dysfunkcí levé komory srdeční.

Literatura

1. Barst RJ, Gibbs JS, Ghofrani HA et al. Update evidence-based treatment algorithm in pulmonary arterial hypertension. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54 (1 Suppl): S78–S84.
2. Galiè N, Hoeper MM, Humbert M et al. ESC Committee for Practice Guidelines (CPG). Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: the Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS), endorsed by the International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J* 2009; 30: 2493–2537.
3. Widimský J, Dixon H. Normal values of central haemodynamics at rest and during exercise. A preliminary report of a retrospective WHO study. In: Rulli V, Messin R, Denolin H (eds). Normal values in adults ergometry according to age, sex and training. Symposium of the Working Group on Physiology and Electrocardiography of Exercise. Roma 1980: Proceedings Eur Soc Cardiol 1981; 177–195.
4. Kovacs G, Berghold A, Scheidl S et al. Pulmonary arterial pressure during rest and during exercise in healthy subjects: a systematic review. *Eur Respiration J* 2009; 34: 888–894.

5. Ouředník A, Susa Z. How long does the pulmonary hypertension last in chronic obstructive bronchopulmonary disease? In: Widimský J (ed.). Progress in respiratory research. Vol. 9: Pulmonary Hypertension. Basel: S. Karger 1975; 9: 24–28.
6. Weitzenblum E, Hirth C, Ducolone A et al. Prognostic value of pulmonary artery pressure in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1981; 36: 752–758.
7. Jandová R, Widimský J, Nikodýmová. Long-term prognosis of pulmonary hypertension in chronic lung diseases. In: Widimský J, Herget J, Mlczoch J (eds). Pulmonary circulation in chronic pulmonary diseases. Selected papers of the International Symposium on Pulmonary Circulation IV. Prague. Basel: S. Karger. Progr Respir Res 1985; 20: 157–169.
8. Widimský J. Plicní hypertenze u chronických plicních onemocnění. *Cor Vasa* 2007; 49: 25–34.

prof. MUDr. Jiří Widimský, DrSc., FESC, FAHA
www.ikem.cz
e-mail: widimsky@seznam.cz

Doručeno do redakce: 3. 4. 2011
Přijato po recenzi: 17. 5. 2011

www.vnitrnilekarstvi.cz