

Analýza výsledků kostního hojení prodlužovaných femurů metodou postupné distrakce u dětí a dospívajících

Analysis of the Results of Bone Healing in Femurs Lengthened by the Gradual Distraction Method in Children and Adolescents

J. JOCHYMEK, J. ŠKVAŘIL, Š. ONDRUŠ

Klinika dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie FN a LF MU, Brno

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

Treatment of leg length inequality via lengthening of the shorter extremity is an infrequent orthopedic procedure due to the requirement of special distraction devices and possible serious complications. Essential qualitative changes in operative technique development are associated with the name of G. A. Ilizarov, who paved the way for the autoregenerate gradual distraction method in the 1950s.

MATERIAL AND METHODS

In the years 1990 through 2007 a total of 67 patients underwent femur lengthening via gradual distraction using various types of external fixators at the Department of Pediatric Surgery, Orthopedics, and Traumatology, Faculty Hospital in Brno. The quality of bone healing was monitored and a number of parameters followed and statistically evaluated using regularly scheduled X-ray examinations.

RESULTS

In 13 cases we had to remove the external fixator following the distraction phase, perform an osteosynthesis via a splint and fill the distraction gap via spongioplasty. The bone healing was satisfactory in the remaining 54 patients and the lengthened bone required no other fixation method. The analysis showed statistically significant deceleration in bone healing following distraction in female patients over 12 years of age, and in boys over 14 years of age. Lack of periosteal callus five weeks after surgery always signified serious problems in further healing. Severe complications were recorded in 11 cases during the distraction phase, and in 12 cases after the removal of the distraction apparatus.

DISCUSSION

Our results fully correspond with the data and experience of others cited authors. In addition our study showed deceleration in bone healing in girls over 12 years and in boys over 14 years of age and serious problem in healing when is lack of periosteal callus five weeks after surgery.

CONCLUSIONS

The aim of this report was to present the results of our study of distraction gap bone healing using the gradual lengthening approach.

Key words: leg lengthening, gradual distraction, external fixation, leg discrepancy, complication.

ÚVOD

Vyrovnění nestejných délek dolních končetin metodou prodloužení kratší končetiny bývá pacienty a jejich rodiči většinou upřednostňováno. Ne vždy je však možno tuto metodu použít. Prodloužení stehenní kosti pozvolnou distrakcí patří k výkonům, které pro svou náročnost a vysoké procento komplikací patří stále k poměrně méně častým ortopedickým výkonům. I proto by měly být tyto výkony ponechány specializovaným centrům, zabývajícími se touto složitou problematikou. Klinika dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie FN v Brně

se metodami prodlužování kostí zabývá již od roku 1965 (9) a v současné době běžně koriguje délku dlouhých kostí jak dolních, tak i horních končetin.

Zásadní kvalitativní změna při řešení této otázky je spojena se jménem G. A. Ilizarova, který v roce 1952 přichází s originální metodou subperiostální kortikotomie v úrovni diafýzy či metadiafyzárního přechodu a pozvolnou distrakcí autoregenerátu. Kortikotomie s maximálním šetřením periostu i endostu a kostní dřeviny, ač je dnes prováděna častěji otevřenou metodou, podporuje tvorbu regenerátu, což je patrné během celé distrakční fáze. Během distrakce se tvoří dostatečné



Obr. 1. Zevní fixátor Mefisto

množství kostní tkáně, sejmutí přístroje je prováděno po klinickém a rtg zesílení kostního regenerátu. To obvykle trvá průměrně přibližně dvojnásobně dlouho než doba vlastní prolongace (6, 7).

Právě z těchto zásad a principů vycházíme při postupném prodlužování končetin i my, všichni pacienti tohoto souboru byli prodlouženi metodou postupné distrakce.

Cílem našeho sdělení je referovat o výsledcích prolongace stehenní kosti na velkém souboru pacientů, provést základní rozbor průběhu hojení kosti v distrakční mezeře a popsat některé faktory ovlivňující kvalitu tvorby autoregenerátu.

MATERIÁL A METODA

Hodnocenou sestavu tvoří soubor 67 pacientů, kteří se v období let 1990–2007 podrobili na Klinice dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie FN Brno a LF MU v Brně (dříve Klinika dětské ortopedie FDN Brno) postupné prolongaci stehenní kosti. V 36 případech se jednalo o chlapce, ve zbývajících 31 případech o dívky, věk našich pacientů v době operace byl v rozmezí 6 let a 2 měsíců až 16 let a 8 měsíců (průměrný věk 12 let a 4 měsíce). V 18 případech (25,7 %) byla příčina zkrácení končetiny sekundární (nejčastěji pouřazový zkrátek a DDH), ve 49 případech (74,3 %) se jednalo o primární, idiopatické zkrácení dolní končetiny.

Průměrné zkrácení činilo v celém souboru 57 mm, maximální zkrácení bylo v našem hodnoceném souboru 90 mm (30–90 mm).

V 1 případě byl použit zevní fixátor podle Ilizarova, v 1 případě přístroj umožňující současnou prolongaci ve dvou etážích, 10krát byl použit Orthofix, 25krát zevní fixátor Mefisto (obr. 1), u zbylých 30 pacientů jsme použili Wagnerův aparát.

Po standardním nasazení zevního fixátoru na stehno jsme provedli příčnou nebo šikmou diafyzární osteotomii stehenní kosti, osteotomii jsme v 5 případech provedli Gigliho pilou, ve zbývajících případech pilou oscilační.

Interval od operace do začátku prodlužování činil v průměru 8 dnů (3–12 dnů).

Průměrná rychlost prodlužování se pohybovala kolem 1 mm/den, u velké většiny našich pacientů probíhalo prodlužování 1krát denně 1 otočka, u 7 pacientů 2krát denně 1/2 otočky. Obvyklé schéma prodlužování zahrnovalo 5 dnů prodlužování, následované 2 dny klidu.

Kvalitu kostního hojení jsme sledovali na rtg snímcích hodnocením periostálního svalu, endostálního svalu, vyplnění distrakční mezery homogenní kostní hmotou, dále hodnocením spongializace, remodelace, objevením kortikalis a dřevového kanálu. Všechny tyto údaje byly statisticky zpracovány. Dalšími sledovanými parametry byly velikost původního zkrátku, pohlaví, věk v době operace. Při hodnocení závislosti věku na hojení byli pacienti rozděleni do skupin po 1 roce věku. Některé z parametrů byly statisticky zhodnoceny k Healing indexu (2, 3, 5, 10, 19), obecně přijímanému a hodnocenému ukazateli hojení, který vyjadřuje dobu, za kterou je novotvořená kost regenerátu natolik pevná, že je možná demontáž zevní fixace.

Kvalitu kostního hojení vyjadřujeme na naší klinice již řadu let i tzv. zátěžovým indexem, který vyjadřuje dobu od operace do chůze pacienta bez berlí, přepočítanou na 1 cm získaného prodloužení.

Pro statistické hodnocení některých faktorů byly použity parametrické testy a v případech, že u veličin neplatí normalita, i testy neparametrické (t-test rozdílu průměrů, Mannův-Whitneyův test rozdílu mediánů, Chí kvadrát test aj.). Část dat byla vyhodnocena pomocí počítačového softwaru Microsoft Excel, rozhodující statistické výpočty byly provedeny dle statistického systému NCSS 2000 (Jerry L. Hintze, Kaysville, Utah, USA).

VÝSLEDKY

Konečné prodloužení stehenní kosti dosáhlo v průměru u pacientů našeho souboru 45 mm, minimální prodloužení bylo 20, maximální 85 mm. Relativní prodloužení kosti se pohybovalo v rozmezí 5,1 až 40,2 %.

Ve 13 případech jsme byli nuceni po ukončení distrakční fáze sejmut zevní fixátor a provést osteosyntézu dlahou a doplnit kostní distrační mezeru auto- či alospongioplastikou. Bylo to především u relativně starších pacientů (všichni byli starší než 12 let). Zásadním důvodem k tomuto postupu byla nedostatečná tvorba kostního regenerátu.

U zbývajících 54 pacientů probíhalo kostní hojení dobře a nebylo třeba prodlouženou kost fixovat jiným způsobem.

Kvalitu kostního hojení jsme sledovali na rtg snímcích v pravidelných intervalech.

Při subperiostálním provedení osteotomie stehenní kosti byl periostální sval první známkou kostního hojení. Objevil se v průměru ve 2,5 týdnech od operace (1,5 až 7 týdnů) a jeho chybění do 5 týdnů od operace bylo známkou chabého hojení. U všech pacientů, u kterých byla nutná následná osteosyntéza, byly zazname-



Obr. 2. Levý femur v době operace



Obr. 3. Levý femur 6 týdnů po operaci



Obr. 4. Levý femur 5 měsíců po operaci

nány první známky periostálního svalku po 5 a více týdnech.

Tvorbu endostálního svalku jsme průměrně zaznamenali v 6. týdnu od operace (4 až 13 týdnů), homogenní výplň kostní mezery nastala ve 4. měsíci (3 až 6 měsíců) po operaci.

Spongializaci kostních fragmentů jsme zaznamenali v průměru za 5,5 měsíce od operace (4,2 až 8,1 měsíce).

Tab. 1. Průměr, standardní odchylka, minimální a maximální hodnoty sledovaných parametrů hojení (n= 67)

Periostální svalek (týdny)	2,5 + 0,7	(1,5–7)
Endostální svalek (týdny)	5,8 + 1,5	(4–13)
Homogenní výplň mezery (měsíce)	3,9 + 0,8	(3–6)
Spongializace (měsíce)	5,5 + 1,1	(4,2–8,1)
Dřeňový kanál (měsíce)	15,2 + 2,1	(12,8–17,5)
Normální tvar kosti (měsíce) – bez spongioplastiky (n = 54)	23,1 + 1,2	(21,7–26,2)
Normální tvar kosti (měsíce) – se spongioplastikou (n = 13)	30,3 + 1,4	(28,1–33,9)
Plná zátěž (měsíce od ukončení prodlužování)	10,1 + 0,9	(8,9–12,4)

Tab. 2. Vliv věku na Healing (HI) a Zátěžový index (ZI)

Dívky (n=31) Věk (roky)	HI	ZI	Chlapci (n=36) Věk (roky)	HI	ZI
6–7	–	+	6–7	–	+
8–9	–	+	8–9	–	+
10–11	–	+	10–11	–	+
12–13	+	+	12–13	–	+
14–15	+	+	14–15	+	+
16–17	+	+	16–17	+	+

Vysvětlivky:

– nebyl nalezen statisticky významný rozdíl oproti předcházející věkové skupině

+ byl nalezen statisticky významný rozdíl oproti předcházející věkové skupině

ce), dřeňový kanál za 15,2 měsíce (12,8 až 17,5 měsíců).

Normální tvar a strukturu prodloužené kosti jsme zaznamenali průměrně po 23,1 měsíce od operace (21,7 až 26,2 měsíce), u 13 případů řešených dlahou a spongioplastikou ještě za dalších 7, 2 měsíce (5,9 až 9,1 měsíce).

Plná zátěž byla na základě odpovídajícího rtg nálezu povolena průměrně za 10, 1 měsíce (8,9 až 12,4 měsíců) od ukončení vlastní distrakce (tab. 1).

Při statistickém zpracování vlivu některých faktorů na jednotlivé fáze kostního hojení i celého procesu hojení jako celku jsme zaznamenali některé zajímavé výsledky.

Při hodnocení vlivu pohlaví na kostní hojení nebyl statisticky významný rozdíl zaznamenán, Healing index nebyl tímto faktorem ovlivněn. Při sledování vlivu věku v době operace nacházíme přímou závislost mezi věkem a kostním hojením, i když statisticky významným se tento rozdíl stává u dívek až po 12. roce, u chlapců až po 14. roce, a to ve smyslu zpomalení hojení. Healing index je statisticky významně větší (horší) u skupiny dívek starších 12 let, u chlapců ve skupině 14letých a starších.

Při statistickém zpracování vztahu věku pacienta a zátěžového indexu vychází statisticky významný rozdíl v každé věkové skupině – soubor pacientů byl rozdělen do skupin po 1 roce věku. Tedy zátěžový index byl tím lepší (menší), čím byl pacient mladší (tab. 2).

Při sledování vlivu typu zevního fixátoru na hojení nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v kostním hojení.

Ostatní možné faktory ovlivňující kvalitu hojení (interval operace – začátek prodlužování, rychlost prodlužování, výsledné prodloužení aj.) jsme nemohli statisticky zpracovat, protože se u našich pacientů významně nelišily. V těchto parametrech byla skupina statisticky homogenní.

V našem souboru jsme zaznamenali celkem 23 komplikací, tj. 29,8 %. Z toho 11 během distrakční fáze, 12 po sejmutí přístroje.

Během distrakce jsme zaznamenali 4krát angulaci fragmentů (5,97 %), 2krát hluboký zánět (2,98 %), 2krát subluxaci kloubů (2,98 %), 2krát závažné omezení hybnosti kolena (2,98 %), 1krát neurologickou poruchu s následnou revizí nervu (1,49 %).

Po sejmutí zevního fixátoru došlo 7krát k fraktuře v místě prolongace (10,43 %), 2krát k únavové fraktuře v místě prodloužení (2,98 %), 3krát došlo k angulaci prodlouženého femuru (4,47 %), (obr. 2, 3, 4).

DISKUSE

Chirurgické řešení nestejné délky dolních končetin lze v principu dělit na metody zasahující na končetině delší, tedy na metody zkrácení delší dolní končetiny a na chirurgické výkony prováděné na kratší dolní končetině, tedy prodloužení kratší dolní končetiny.

V současné době jsou jednorázová zkrácení delší končetiny využívána pouze v oblasti proximálního femuru; tyto výkony na bérce nejsou z důvodů estetických a z důvodů výskytu velkého počtu komplikací prováděny. Další možností vyrovnání délky dolních končetin je metoda dočasné či trvalé zástavy růstu fýzy distálního femuru, proximální tibie či zástava růstu v obou lokalitách současně.

Jednorázové prolongace dnes nejsou z řady důvodů také využívány, snad s výjimkou výkonů na pánvi. Postupná prolongace zahrnuje metody kontrolované distrakční epifyzeolýzy a dnes nejčastěji používanou metodou je postupná distrakce nově se formujícího regenerátu (kalus – distrakce), která byla také použita u pacientů naší studie.

Při řešení problému korekce nestejné délky dolních končetin je metoda postupné prolongace kratší končetiny metodou nejelegantnější, metodou, kterou ve většině případů preferuje dítě i jeho rodiče. Ačkoliv je metoda známa již od 30. let 20. století a je spojována se jménem L. C. Abbotta, zásadní kvalitativní zlom při prosazování této metody je navždy spojen s ruským ortopedem, G. A. Ilizarovem. Jeho základní myšlenky dále rozpracovali De Bastiani, Monticelli a Spinelli a řada dalších autorů, kteří tuto metodu v posledních 20 letech přivedli na vysokou úroveň úspěšnosti i bezpečnosti (2, 3, 5, 11).

Přes velký pokrok v této oblasti je to stále operace poměrně málo častá a spojená s velkým množstvím komplikací.

V literatuře se můžeme setkat s velmi rozdílnými údaji o incidenci komplikací. Z pohledu výskytu komplikací této metody publikované De Bastianim, tj. 0–40 % (2, 5, 19), je incidence výskytu komplikací v našem souboru plně srovnatelná s jinými autory (1, 3, 4, 9, 20).

Zatímco někteří autoři dělí komplikace při metodě postupné prolongace na malé a velké (4,19), nám se osvědčilo dělení na komplikace fáze prodloužování a komplikace období po sejmutí přístroje (9, 10).

Co se týče vlastního sledování kvality hojení v našem souboru, neliší se naše výsledky od výsledků jiných autorů. Souhlasíme s názorem, že málo pozornosti je věnováno sledování periostálního svalku (10,14). Dle našich zkušeností je objevení se periostálního svalku po 3. týdnu od operace první známkou chabého hojení a jeho výskyt po 5. týdnu od operace nás musí připravit na pozdější nutnost osteosyntézy a spongioplastiky (15). U všech našich 13 pacientů, u kterých vyplynula nutnost tohoto postupu, jsme zaznamenali první známky periostálního svalku po 5 týdnech od operace. Další možnosti v řešení tohoto problému v budoucnosti jistě přinesou metody transplantace kmenových buněk do defektu (8), o čemž svědčí již publikované nadějně výsledky experimentálních studií využití kmenových buněk v ortopedii (13, 16, 17).

Sledování tvorby periostálního a endostálního kostního svalku nás včas informuje o kapacitě kostního hojení pacienta, takže můžeme včas zpomalit tempo prodloužování, prověřit kvalitu stability zevní fixace, event. se připravit na další operační zákroky.

Velikost konečného prodloužení kosti jistě velmi zásadně a přímo ovlivňuje kostní hojení (9,10,19). Sami jsme však tuto všeobecně přijímanou premisu nemohli dostatečně ověřit.

Naše výsledky však plně korespondují s výsledky a zkušenostmi jiných autorů, kteří nedovolují svým pacientům zatěžovat prodlouženou dolní končetinu plnou hmotností před 1 rokem od ukončení prolongace (5, 10, 14, 18).

Velkou pozornost věnují další autoři otázce nejvhodnějšího věku, kdy prodloužovat. Kromě řady jiných faktorů důležitých pro prodloužování, většina autorů dokazuje přímou závislost hojení kosti na věku pacienta. Někteří autoři referují o prokazatelně horším hojení v distrakční mezeře po 10 roce věku, ale své názory opírají spíše o svoje zkušenosti, než o exaktní statistickou analýzu (9, 10, 14).

Naše výsledky tomuto všeobecně přijímanému názoru celkem odpovídají s tou poznámkou, že prodloužení doby hojení bylo u našeho souboru statisticky významně zpomaleno u dívek až po 12 roku věku, u chlapců dokonce až po 14 roku věku. K těmto výsledkům jsme dospěli při hodnocení tzv. Healing indexu, mezinárodně uznávaného indexu hojení (2, 3, 5, 11, 19). Podle našich zkušeností, ale doba sejmutí přístroje, se kterým Healing index pracuje, velmi závisí na subjektivním hodnocení svalku ošetřujícím lékařem. Proto naši učitelé, kteří se otázkou prodloužování končetin intenzivně na naší klinice v minulosti zabývali, doporučili počítat tzv. zátěžový index (9), který věrněji vypovídá o kvalitě hojení v prodloužované kosti, protože tento index zahrnuje celé období kritické pro pacienta (9).

Při statistickém hodnocení vztahu věku k tomuto indexu nacházíme statisticky významný rozdíl v každé následující věkové skupině. Tato část naší práce tak zcela jednoznačně dokazuje vliv věku na hojení kosti.

Při řešení vztahu pohlaví ke kostnímu hojení jsme došli ke stejnému závěru, jako jiní autoři. Pokud jsme

nebrali v úvahu věkový faktor, vlastní pohlaví nehrálo při kostním hojení zásadní roli.

Ostatní faktory, které budou mít jistě významný vliv na kostní hojení v distrakční mezeře, jako např. interval operace – začátek prodlužování, rychlost prodlužování aj., jsme nemohli na našem souboru prověřit. Rychlost prodlužování se u našeho souboru nevymykala normě, tj. byla kolem 1 mm za den, také v intervalu od operace do začátku prolongace nebyly významné rozdíly. I my jsme zastánci názoru Ilizarova, že by tento interval neměl být kratší než 5 až 7 dnů (3, 5, 6, 7, 9, 12, 18, 19).

ZÁVĚR

Cílem sdělení bylo seznámit odbornou veřejnost s našimi výsledky studia kostního hojení v distrakční mezeře při použití metody prostupné prolongace femuru. Na relativně rozsáhlém souboru 67 pacientů jsme na rtg snímcích sledovali jednotlivé fáze hojení kosti při prodloužení a sledovali některé faktory toto hojení ovlivňující. Z našich výsledků vyplývá statisticky významné zhoršení kostního hojení u dívek starších 12 let, u chlapců 14letých a starších. Dalším ze závěrů důležitých pro klinickou praxi je fakt, že absence výskytu periostálního svalku do 5 týdnů od operace znamená závažnou poruchu hojení kosti, poruchu vyžadující si v dalším průběhu osteosyntézu a spongioplastiku.

Tyto, avšak i jiné poznatky naší studie mohou pomoci při plánování taktiky léčby nestejné délky dolních končetin, pokud se rozhodneme pro metodu postupné distrakce femuru.

Literatura

1. CANADEL, J., DEPABLOS, J.: Methods of bone lengthening and their application. Editicia de Bibliotecas. Universidad de Navara, Pamplona 1989.
2. De BASTIANI, G., ALDEGHERI, R., RENZI-BREV, L. et al.: Limb lengthenings by callus distraction. J. pediat. Orthop., 7: 129–134, 1987.
3. DUNGL, P. et al. Ortopedie. Grada Publishing a.s. 2005.
4. ELDRIDGE, J. C., BELL, D. F.: Problems with substantial limb lengthening. orthop Clin N. Amer., 32: 625–631, 2001.
5. HERZENBERG, J. E., WAANDERS, N. A.: Calculating rate and duration of distraction with the Ilizarov technique. Orthop., Clin. N. Amer., 33: 601, 2002.
6. ILIZAROV, G. A., DEVIATOV, M.: Operative elongation of the leg. Ortop., Travm. Protez., 32: 20–25, 1971.
7. ILIZAROV, G. A.: The principles of the Ilizarov method. Bull. Hosp. Jt Dis. Orthop., Inst. 48: 1, 1988.
8. JANCAR, J., SLOVÍKOVÁ, A., AMLER, E., KRUPA, P., KECOVA, H., PLANKA, L., GAL, P., NECAS, A.: Mechanical response of porous scaffolds for cartilage engineering. Physiol. Res., 56 (Suppl. 1): 17–25, 2007.
9. JANOVEC, M.: Prodlužování dolních končetin. Praha, Avicenum 1984.
10. JANOVEC, M., POLÁCH, J.: Rozbor výsledku prodlužování femuru u 34 dětí a dospívajících. Acta Chir. orthop. Traum. čech., 57: 405–416, 1990.
11. MONTICELLI, G., SPINELLI, R.: Leg lengthening by closed metaphyseal corticotomy. Ital. J. Orthop., Traum. 4: 139, 1983.
12. MONTICELLI, G., SPINELLI, R.: Distraction epiphyseolysis as a method of limb lengthening. III. Clinical Application. Clin. orthop., 154: 274–285, 1991.
13. NEČAS, A., PLÁNKA, L., SRNEC, R., RAUŠER, P., URBANOVÁ, L., LORENZOVÁ, J., CRHA, M., JANCÁŘ, J., GÁL, P.: Biomaterials and Stem Cells in the Treatment of Articular Cartilage, Meniscal, Physeal, Bone, Ligamentous and Tendineous Defects. Acta vet. Brno, 77: 277–284, 2008.
14. PALEY, D.: Current techniques of limb lengthening. J. pediat. orthop., 8: 73–92, 1988.
15. PLÁNKA L., POUL J., GÁL P.: Masivní spongioplastika a zevní fixace při řešení postraumatické pseudoartrózy. Rozhl. Chir., 84: 505–510, 2005.
16. PLANKA, L., GAL, P., KECOVA, H., KLIMA, J., HLUCILOVA, J., FILOVA, E., AMLER, E., KRUPA, P., KREN, L., SRNEC, R., URBANOVA, L., LORENZOVA, J., NECAS, A.: Allogeneic and autogenous transplantations of MSCs in treatment of the physeal bone bridge in rabbits. BMC Biotechnol., 8:70, 2008.
17. PLÁNKA, L., NEČAS, A., GÁL, P., KECOVÁ, H., KŘEN, L., KRUPA, P.: Prevention of bone bridge formation using transplantation of the autogenous mesenchymal stem cells to physeal defects: an experimental study in rabbits. Acta vet. Brno, 76: 253–263, 2007.
18. POULIQUEN, J. C. et al.: Allongement de fémur chez l'enfant et l'adolescent. Rev. Chir. Orthop., 85: 239–251, 1999.
19. TACHDJIAN, M. O.: Pediatric Orthopedics. Vol. I-IV. 2nd ed. Philadelphia, W. B. Saunders 1990.
20. VIŠŇA, P., BEITL, E., ŠMÍDL Z., KALVACH, J., JAGANJAC, E.: Prolongace bérce pomocí kalus-distrakce s využitím kinetického intramedulárního hřebu (kazuistika). Acta Chir. orthop. Traum. čech., 74, 287–291, 2007.

MUDr. Jiří Jochymek, Ph.D.,
Klinika dětské chirurgie,
ortopedie a traumatologie FN Brno a LF MU,
Černopolní 9,
602 00 Brno
E-mail: jochymek@fnbrno.cz