

Pregledni prispevek/Review article

TELEKONZULTACIJE V TRANSFUZIJSKI SLUŽBI

TELECONSULTATION IN THE BLOOD TRANSFUSION SERVICE

Marko Breskvar¹, Irena Bricl¹, Jurij Tasič², Marko Meža², Primož Rožman¹

¹ Zavod Republike Slovenije za transfuzijsko medicino, Šlajmerjeva 6, 1000 Ljubljana

² Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana

Prispelo 2004-02-13, sprejeto 2004-03-10; ZDRAV VESTN 2004; 73: Suppl. I: 105-8

Ključne besede: telemedicina; telekonzultacija; transfuzijska medicina; imunohematologija; predtransfuzijsko testiranje

Izvleček – Izhodišča. *Transfuzijska služba izvaja preskrbo bolnišnic s krvjo in opravlja predtransfuzijske preiskave za bolnika. Ker gre za stalno službo, je potrebno v Sloveniji imeti na razpolago vsaj 10 stalno dežurnih zdravnikov s področja transfuzijske medicine oziroma zdravnikov drugih specialnosti s podiplomskim tečajem iz transfuzijske medicine. Z uporabo telekonzultacije v transfuzijski službi želimo povečati varnost in zagotoviti možnost 24-urne strokovne konzultacije z uporabo sodobne tehnologije, še posebno takrat, ko na transfuzijskih oddelkih ni navzoč zdravnik specialista transfuzijske medicine.*

Metode. *Transfuzijsko službo v Sloveniji opravlja 11 ustanov. Podprta je z ustrežno informacijsko tehnologijo, ki jo lahko nadgradimo s sistemom za telekonzultacijo, ki zagotavlja izmenjavo strokovnih podatkov. Obstoječi informacijski sistem za podporo transfuzijski službi smo dopolnili s sistemom za telekonzultacijo, ki smo ga preizkusili v pilotni študiji.*

Rezultati. *V pilotskem poskusu smo uspešno interpretirali rezultat določitve krvne skupine na osnovi prenosa slike gelske kartice iz laboratorija v improvizirani telekonzultacijski center. To je bila prva telemedicinska storitev s področja transfuzijske medicine v Sloveniji.*

Zaključki. *Z ustrežno organizacijo transfuzijske službe in uvedbo telemedicini je možno izvajati strokovne konzultacije na daljavo. S tem je telemedicina našla svoje mesto tudi v transfuzijski medicini.*

Uvod

Transfuzijska služba izvaja vrsto imunohematoloških in sorodnih preiskav, s katerimi želimo zagotavljati varno preskrbo s krvjo v slovenskih bolnišnicah. Celotno področje dejavnosti v transfuzijski službi je podprto z informacijskim sistemom DATEC, ki smo ga že leta 1990 razvili na Zavodu Republike Slovenije za transfuzijsko medicino (ZTM) in nato uvedli v desetih večjih oddelkih za transfuzijo krvi (OTK) v Sloveniji (1). Transfuzijska ustanova pripravi ustrezno komponento krvi za bolnika na podlagi transfuzijske anamneze bolnika in immuno-

Key words: telemedicine; teleconsultation; transfusion; immunohematology; pre-transfusion testing

Abstract – Background. *The transfusion services supply hospitals with blood and perform all the necessary pre-transfusion tests for the patient. Since it is a 24-hour service, Slovenia needs to have 10 on duty physicians, specialists in transfusion medicine, or physicians who specialised in other fields of medicine but have completed a post-graduate course in transfusion medicine. By using a teleconsultation in the transfusion services, it would be possible to increase a blood safety and assure the possibility of non-stop (24-hours) professional consultations with the aid of modern technology. This may be of particular importance when there is no specialist in transfusion medicine present in the department for transfusion medicine.*

Methods. *The transfusion services in Slovenia is performed at 11 institutions. Technically, it is supported by a suitable information technology, which can be upgraded to include the teleconsulting system, that enables exchange of professional information. The current information system supporting the transfusion services has been upgraded by the teleconsulting system which has already been tested in a pilot study.*

Results. *In the pilot study, blood grouping results were interpreted correctly when a picture of the coded gel card was transmitted to an improvised teleconsulting centre. That was the first telemedical service of its kind in Slovenia.*

Conclusions. *With appropriate organisation and by the virtue of teleconsulting system, it is possible to perform remote professional consultations. In this way telemedicine has found its place also in the field of transfusion medicine.*

hematoloških preiskav, opravljenih iz vzorca krvi bolnika. Predtransfuzijske preiskave vključujejo določitev krvne skupine AB0 in RhD, indirektni Coombsov test (ICT), direktni Coombsov test (DCT) ter navzkrižni preizkus (NP) (2-4). Omenjene preiskave izvajamo v zadnjih letih z gelsko metodo, katere rezultate lahko fotodokumentiramo, s čimer povečujemo varnost transfuzije (5-10).

Rezultate imunohematoloških preiskav lahko tudi shranimo v obliki digitalnih fotografij. Če pride do nejasnih rezultatov pri testiranju v času dežurstva na posameznih transfuzijskih oddelkih, obstaja možnost telefonske konzultacije s specialistom

transfuziologom v večji transfuzijski organizaciji. Vendar trenutno v slovenski transfuzijski službi ni sistema, ki bi omogočal posredovanje slike laboratorijskih preiskav specialistu ali konzultantu na daljavo. V Sloveniji v povprečju izdamo okoli 400 enot krvi dnevno, od tega polovico na OTK, polovico pa na ZTM. Ob tem napravimo vsa potrebna predtransfuzijska testiranja. Za to dejavnost potrebujemo vsaj 10 stalno dežurnih zdravnikov transfuziologov, ki lahko zagotovijo zahtevano kakovost transfuzijskih storitev. Shematsko prikazuje delovno okolje dežurnega transfuziologa slika 1.

Načrtovanje novosti

Z uvedbo telemedicine želimo povečati varnost transfuzije in zagotoviti možnost strokovne konzultacije takrat, ko na transfuzijskih oddelkih v času dežurne službe ni navzoč zdravnik transfuziolog. Zato potrebujemo telekonzultacijski sistem, ki bi povezoval dežurne zdravnike in specialiste transfuzijske medicine v vseh slovenskih transfuzijskih ustanovah.

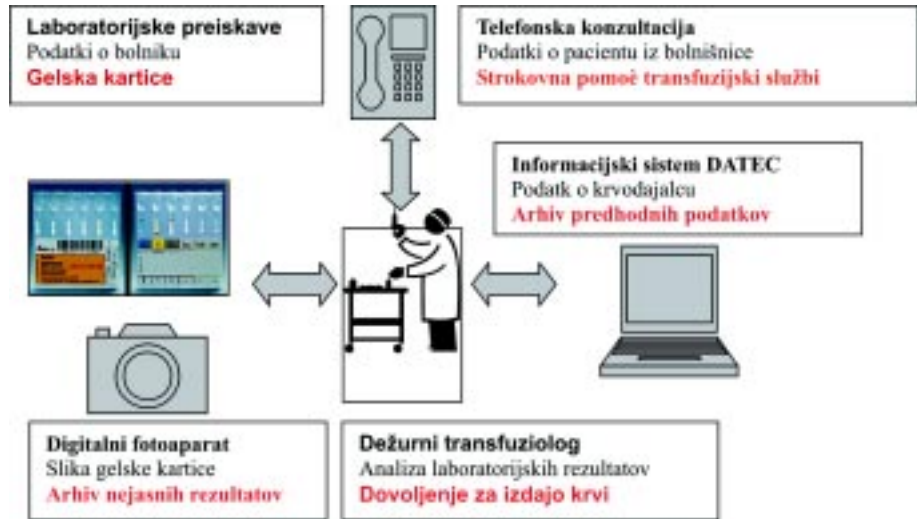
Prvi korak je vzpostavitev ustreznih organizirane transfuzijske službe (Sl. 2). Transfuzijske ustanove po novi organizacijski shemi v Sloveniji razdelimo na tri ravni: centralni, regionalni in na oddelke. ZTM predstavlja centralno transfuzijsko ustanovo, regijsko predstavlja Oddelek za transfuziologijo in imunohematologijo v Mariboru, 9 bolnišničnih oddelkov za transfuziologijo pa geografsko pripada mariborski ali ljubljanski regiji. Na centralni in regijski ravni se izvajajo vsi postopki preskrbe s krvjo – od zbiranja, predelave, testiranja do izdaje krvi. Transfuzijski oddelki zbirajo kri, jo pošiljajo v predelavo in testiranje, nato pa prejete komponente krvi izdajo skupaj z obveznimi predtransfuzijskimi preiskavami bolnikom v matični bolnišnici.

Drugi korak je vzpostavitev sistema, ki omogoča telekonzultacije med transfuzijskimi ustanovami. Pri uvedbi telemedicine smo izhajali iz lastnosti delovanja telemedicinskega terminala v transfuzijski službi (11). Konzultantu morajo biti na voljo vsi potrebni podatki za izvajanje storitev.

Načrtovanje telekonzultacijskega sistema

Telekonzultacijski sistem naj ima naslednje lastnosti: prenos podatkov na daljavo (računalniški, govor, digitalne slike), varno, zaupno in kakovostno povezavo, izvajanje storitev (vprašanje/poizvedba/odgovor) na daljavo, sledljivost za vse posege v sistem, varovanje medicinskih in osebnih podatkov ter možnost učenja in prilagajanja. Delovanje smo zasnovali na osnovi posnetka obstoječega stanja in novih strokovnih zahtev, podanih v literaturi (10).

Delovni postopki v celem procesu, ki ga podpira telekonzultacija, so naslednji: priprava ustreznih preiskav za bolnika, pošiljanje slike, vprašanje, opredelitev problema, preverjanje po-



Sl. 1. Delo dežurnega transfuziologa.

Figure 1. Transfusion medicine specialist on duty.



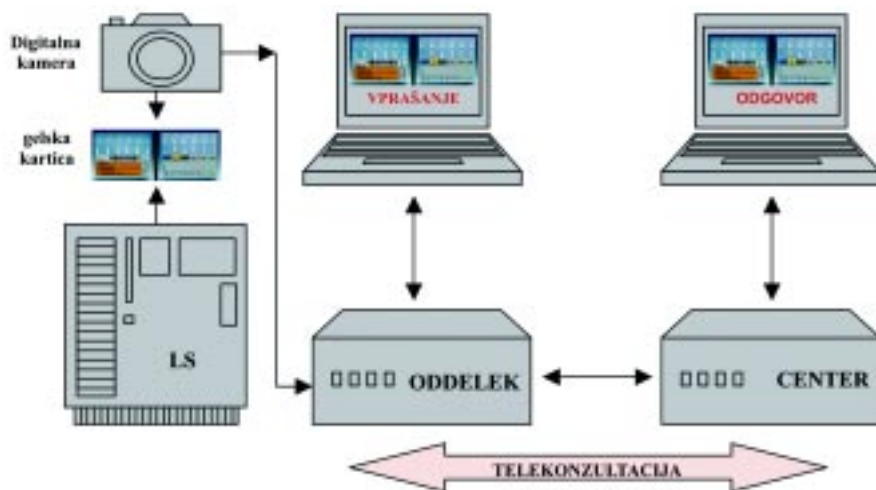
Sl. 2. Nova organiziranost transfuzijske službe v Sloveniji.

Figure 2. New organization of blood transfusion service in Slovenia.

datkov o bolniku in o obstoječi enoti krvi, primerjava z rezultatom trenutne preiskave, navdilo zdravniku (npr. sprosti kri in navodilo, opravi dodatne preiskave in sprosti kri, pošlje vzorec bolnikove krvi v referenčni laboratorij itd.).

Poleg ostalega sistem predvideva tudi naslednje funkcionalne izboljšave: označevanje vseh vzorcev bolnikove krvi, zajemanje digitalnih slik gelskih kartic z laboratorijskimi rezultati, telekonzultacijo ter popolno izsledljivost (tako o poizvedbi kot o posredovanju mnenj).

Izvajalci v sistemu so: lečeči zdravnik, dežurni zdravnik na transfuzijskem oddelku, laboratorijski tehnik, medicinska sestra in dežurni zdravnik – konzultant. Pri tem je npr. delo dežurnega zdravnika sestavljeno iz naslednjih korakov: zajemanje podatkov, povezava z informacijskim sistemom, laboratorijske storitve, oblikovanje vprašanja za konzultanta ter končna opredelitev – tj. dovoljenje za izdajo krvi. Delo telekonzultanta pa lahko razdelimo v naslednje korake: nadzor sistema vprašanj/odgovorov, sprejem vprašanj in podatkov, povezava z informacijskim sistemom, strokovna konzultacija in pošiljanje odgovora dežurnemu zdravniku.



Sl. 3. Idejna zasnova modela za telekonzultacije v transfuzijski službi.

Figure 3. Outline scheme for teleconsultation model in blood transfusion practice.

Sistem omogoča izmenjavo podatkov med dežurnim zdravnikom in konzultantom, torej omogoča posredovanje vprašanja, izmenjavo strokovnih podatkov, posredovanje mnenja in izvedbo strokovnih opravil pod nadzorom. Varnost podatkov in posegov v sistem zagotavljamo z avtentikacijo uporabnikov in definiranjem njihovih pravic. Vsakemu uporabniku sistema definiramo pravice, iz katerih je razvidno, kaj lahko dela. Aplikacija vsebuje tudi sledenje, ki omogoča vpogled v zgodovino, kaj se je z vzorcem in naročilom dogajalo, ter kakšne so bile posledice. Sledenje je uporabno tudi za pomoč pri kasnejših odločitvah (adoptivni sistem) in za ugotavljanje morebitnih napak. Zgodovina odločitev je shranjena in na voljo avtoriziranim osebam.

Medicinski in osebni podatki se prenašajo po računalniškem omrežju. Ker zakonodaja predpisuje varovanje podatkov tudi med prenosom po računalniških omrežjih, smo uporabili varno omrežje, elektronske certifikate in kodiranje podatkov. Kodiranje podatkov je standardni del tehnologije, ki je uporabljena za prenos podatkov. Izdelani so že načrti za kodiranje in zgoščevanje medicinskih slik, kjer se po prenosu ohrani medicinsko pomemben del slike. Ta opcija v aplikacijo ni vgrajena, saj velikost digitalne slike gelske kartice ne predstavlja težave pri prenosu slike v realnem času. Poseben problem je zahteva po neprekinjenem delovanju (24 ur), zato ima sistem dvonivojsko redundanco. Tehnično redundanco izvedemo s podvojitvijo vitalnih delov opreme: računalniški strežniki, podatkovne povezave in terminali. Z organizacijskega vidika lahko izpadli sistem nadomestimo tudi s prehodom na »ročno« delo, ki ga opisuje poseben SOP.

Načrtovanje tehnične rešitve

Idejna zasnova temelji na posnetku stanja in strokovnih zahtevah za telekonzultacije, ki smo ju opravili skupaj medicinski in računalniški strokovnjaki ZTM ter Laboratorija za digitalno obdelavo signalov (LDOS) s Fakultete za elektrotehniko (FE) v Ljubljani. Slika 3 prikazuje idejno zasnovo telekonzultacij, ki smo jo kot poenostavljen model uporabili v pilotni študiji. Rezultat je interaktivni multimedijski sistem, ki omogoča telekonzultacije v novi organizacijski shemi slovenske transfuzijske službe.

Idejna zasnova vsebuje delovno mesto dežurnega zdravnika in konzultanta ter povezave v računalniškem omrežju. Dežurni zdravnik ima v laboratoriju napravo za slikanje gelskih kartic, ki zagotavlja standardne pogoje (stojalo, lega, oddaljenost,

osvetlitev, digitalna kamera, resolucija, vsebina slike, povezava z PC, velikost datoteke in način označevanja). Dežurni zdravnik in konzultant uporabljata laboratorijski terminal. Preko omrežja je sistem povezan z računalniško aplikacijo DATEC in s podatkovno bazo. Iz podatkovne baze se preko posebnih vmesnikov zajame tipične nabore podatkov o bolniku in krvodajalcu.

Metode

Podatki

Potrebni podatki za delo v tem telekonzultacijskem sistemu so naslednji: vsebina naročilnice iz bolnišnice, identifikacijska koda vzorca krvi, matični podatki o bolniku, medicinski podatki, predhodni laboratorijski rezultati, diagnoza, naročena storitev, slika gelske kartice, vprašanje dežurnega zdravnika in odgovor iz konzultacijskega centra. Procesni in arhivski podatki se nahajajo v podatkovni bazi transfuzijskega informacijskega sistema DATEC.

Zajem slike

Za natančno delo transfuziologov specialistov je ključnega pomena kakovost zajetih slik gelskih kartic, zato je potrebno zajem digitalne slike izvesti na standardiziran način. Glavni parametri, ki vplivajo na zajem slike so osvetlitev gelske kartice, pozicija gelske kartice pred kamero, nastavev pravilnega fokusa kamere, ločljivost zajema slike, čas izpostavitve slikanega objekta in nastavev občutljivosti senzorja kamere. Za pilotno izvedbo smo izbrali standardno kamero. Na parametre snemanja (osvetlitev, pozicija, fokus) smo vplivali tako, da smo izdelali posebno za svetlobo nepropustno ohišje, ki ima režo za gelsko kartico. V to ohišje vgradimo digitalno kamero in svetlobna telesa, ki enakomerno osvetlijo gelsko kartico. Uporabljena digitalna kamera ima minimalno ločljivost 1024×768 in 16 mio barv. Slike predpisane ločljivosti in barvne globine so se izkazale kot dovolj kakovostne za prepoznavanje iskanih značil. Digitalne slike smo zajemali z goriščno razdaljo 10 cm. Standardna gelska kartica se osvetli in fotografira, digitalna slika pa se preko USB vmesnika posreduje v PC. Poseben programski vmesnik prenese sliko laboratorijskega rezultata v arhiv in doda enolično identifikacijo za povezavo s podatki o bolniku in naročeni preiskavi.

Terminali

Terminali za podporo procesa so primerno zmogljivi osebni računalniki z obogateno periferijo. Terminal sestavljajo osebni računalnik, monitor, zvočniki, mikrofoni, spletna kamera, tiskalnik, čitalec črtne kode, naprava za zajem slik gelskih kartic in priključek na podatkovno omrežje. Osebni računalniki poganjajo operacijski sistem, ki omogoča poganjanje spletnega brskalnika in JVM. Spletni brskalnik mora biti sposoben komunicirati z uporabo protokola SSH in poganjati javanske aplete. Na terminalu morajo biti pravilno nameščene ustrezna programska orodja in knjižnice (JMF, JVM, JRE in Java Plugin). Knjižnice omogočajo izvajanje javanskih aplikacij in izvedbo videokonference.

Kot opcija stacionarnemu terminalu je predviden prenosni terminal oziroma dlančnik (12), ki ga načrtujemo za podporo hemovigilance. Nabor storitev, ki jih omogoča sistem pri uporabi mobilnega terminala, je ustrezno prilagojen zmogljivostim prenosnega terminala.

Strežniki

Storitve sistema se izvajajo porazdeljeno na več strežnikih. Sistemski strežnik je prilagojen že obstoječemu informacijskemu sistemu. Podatkovni strežnik vsebuje bazo podatkov in gonilnike za dostop do podatkovne baze transfuzijskega informacijskega sistema DATEC. V sistem je na novo vključen strežnik Tomcat, ki podpira storitve sistema. Uporabljena je kombinacija tehnologije JSP z ustreznimi podpornimi moduli in servleti. Na strežniku je nameščena baza podatkov z ustreznimi gonilniki. Za komunikacijo z bazo podatkov je uporabljen jezik SQL. Na strežniku je nameščena še naslednja sistemska oprema: JVM z JRE, podpora za protokol SSH, oprema za avtentikacijo uporabnikov in programska oprema za izdajanje ter verificiranje certifikatov. Oprema naprav je izvedena z ustrežno redundanco. Predviden je sistem za izdelavo varnostnih kopij.

Omrežje

V pilotni študiji izvedeno omrežje omogoča prenos zahtev po telekonzultaciji in prenos telekonzultacijskih podatkov (slike kartic, podatke o pacientu, videokonferenca). Povezave med transfuzijskimi oddelki in konzultacijskimi centri so izvedene preko omrežja Internet. Redundanca povezav je zagotovljena z več vstopnimi točkami v omrežje Internet.

Ker povezave preko omrežja Internet ne zagotavljajo ustrezne varnosti prenosa podatkov, je za varnost poskrbljeno na višjih ravneh rešitve. Povezave med terminali in strežniki sistema so izvedene z uporabo tehnologije Virtual Private Network (VPN). Tehnologija VPN omogoča izvedbo navideznih omrežij. Za povezave v tem omrežju se v Internetu vzpostavijo kriptirani kanali. Za dodatno stopnjo varnosti pa je poskrbljeno tudi z uporabo protokola SSH za prenos vseh občutljivih podatkov, pri čemer se med sogovorniki vzpostavi seja v živo, v kateri se prenešeni podatki kriptirajo z uporabo zelo učinkovite simetrične kodirne tehnologije. Za vsako sejo se generira nov simetrični ključ, ki se izmenja z uporabo računsko zahtevnejšega asimetričnega kodirnega algoritma.

Zaključki

Slovenska transfuzijska služba se reorganizira. V njeni prvi fazi smo prenesli testiranje krvi iz 11 oddelkov v dva večja centra, v drugi fazi pa načrtujemo podobno spremembo pri predelavi krvi. Za potrebe telemedicine uvajamo enolično označevanje bolnikovih vzorcev krvi s črtno kodo, saj smo do sedaj uporabljali to tehnologijo le na področju označevanja enot in vzor-

cev krvi krvodajalcev. Informacijski sistem za podporo transfuzijske službe smo dopolnili s sistemom telekonzultacij, ki ga preizkušamo v pilotni študiji. Dne 18. 4. 2003 smo vodstvu ZTM in predstojnicam slovenskih transfuzijskih ustanov demonstrirali delovanje telekonzultacijskega sistema. V praksi smo uspešno interpretirali rezultat imunohematološke preiskave določitve krvne skupine (B RhD-pozitivna) na osnovi prenosa laboratorijske slike gelske kartice iz laboratorijskega stroja v improvizirani telekonzultacijski center. To je bila prva telemedicinska storitev v zgodovini slovenske transfuzijske medicine. Izsledki pilotne študije kažejo, da je z ustrežno organizacijo transfuzijske službe in uvedbo telemedicine možno varno izvajati strokovne konzultacije tudi takrat, ko na transfuzijskem oddelku ni navzoč zdravnik specialist transfuzijske medicine. Menimo, da bo telemedicina našla svoje mesto tudi v transfuzijski službi, saj nam sistem telekonzultacij omogoča izvajanje enako kakovostnih storitev v celi državi.

Literatura

1. Breskvar M, Lukić L. Deset let informacijskega sistema v slovenski transfuziologiji. BILTEN za ekonomiko, organizacijo, informatiko v zdravstvu 2000; 4: 100-3.
2. Vengelen-Tyler V et al. Technical manual. 13th ed. Bethesda: American Association of Blood Banks, 1999.
3. Anon. Guide to the preparation, use and quality assurance of blood components. 6th ed. Council of Europe publishing, 2000.
4. Potočnik M, Rožman P. Tveganje in varnost pri navzkrižnem preizkusu. In: 3. podiplomski seminar Zdravljenje s krvjo v kirurgiji. Zagotavljanje varnosti. Ljubljana: Klinični center Ljubljana - SPS kirurška služba, 2000: 70-4.
5. Chapman JF, Milkins C, Voak D. The computer crossmatch: a safe alternative to the serological crossmatch. *Transfus Med* 2000; 10: 251-6.
6. Cheng G, Chiu DS, Chung AS et al. A novel system for providing compatible blood to patients during surgery: »self-service« electronic blood banking by nursing staff. *Transfusion* 1996; 36: 347-530.
7. Galel SA, Richards CA. Practical approaches to improve laboratory performance and transfusion safety. *Am J Clin Pathol* 1997; 107: S43-S49.
8. Shulman IA, Lohr K, Derdiarian AK, Picurkaric JM. Monitoring transfusionist practices: a strategy for improving transfusion safety. *Transfusion* 1994; 34: 11-5.
9. Williamson LM. Systems contributing to the assurance of transfusion safety in the United Kingdom. *Vox Sang* 1999; 77: 82-7.
10. Rožman P. Preventivni ukrepi za izboljšanje varnosti transfuzije in virtualni transfuzijski laboratorij. *Zdrav Vestn* 2002; 71: 245-9.
11. Breskvar M, Tasić J, Rožman P. Remote telemedicine terminal in the blood transfusion service. 7th International Conference on the Medical Aspects of Telemedicine Integration of Health Telematics into Medical Practice, Regensburg. *Eu J Med Res* 2002; 7: 14-4.
12. Meža M, Tasić J, Jere A, Breskvar M, Rožman P. Mobile multimedia terminal in blood transfusion practice. In: Kovář B, Prikryl J, Vlček M eds. Proceedings of the COST. Prague: Czech Technical University, Faculty of Transportation Sciences, 2003; 65-70.