

METEOROLOŠKI PARAMETRI KAO FAKTOR RIZIKA CEREBROVASKULARNOG INZULTA

Meteorological Parameters as a Risk Factor of Cerebral Vascular Insults

NADA PLEŠKO, KSENIJA ZANINOVIĆ

Republički hidrometeorološki zavod SRH, Zagreb

Primljeno 30. svibnja 1986, u konačnom obliku 6. listopada 1986.

Sažetak: U radu je studirana korelacija između pojave cerebrovaskularnog inzulata (CVI) i raznih meteoroloških elemenata za unutrašnjost Hrvatske (reprezentant Zagreb). Najprije su proučavane meteorološke karakteristike sedmodnevnih razdoblja signifikantno korelirane sa sedmodnevnom frekvencijom CVI. Zatim je proučavana korelacija samo za uzorak onih dana (n) u kojima je učestalost akutnih cerebrovaskularnih bolesti bila iznad normale ($> \bar{x} + \sigma$) i srednjih dnevnih vrijednosti meteoroloških elemenata u periodu $n \pm 3$ dana i to pomoću totalne, parcijalne i multiple linearne korelacije. Rezultati pokazuju da su naročito opasna višednevna hladna razdoblja u kojima se dešavaju velike interdiurne promjene tlaka zraka i u kojima je poremećena stabilnost uskog prizemnog sloja atmosfere uz tlo i to osobito u dnevnom dijelu dana. Smanjena podnevna stabilnost povezana je s porastom broja CVI. Osobito nepovoljne prilike s učestalošću CVI iznad normale ($> \bar{x} + \sigma$) nastaju dan-dva nakon što je u višednevnom hladnom razdoblju započeo porast temperature zraka.

Ključne riječi: Cerebrovaskularni inzult, faktor rizika, meteorološki elementi, totalna, parcijalna i mnogostruka linearna regresija

Abstract: A correlation between various meteorological elements and the frequency of cerebral vascular insults (CVI) have been studied for inland Croatia with Zagreb as representative. First, meteorological characteristics in seven-day consecutive periods were correlated with a simultaneous seven-day CVI frequency. Upon that a correlation between CVI frequency ("n" day) and mean daily values of meteorological parameters over periods of $n \pm 3$ days was studied for the sample of days with CVI frequency above normal ($> \bar{x} + \sigma$) only. Both results indicate that several day cold periods with large interdiurnal air pressure fluctuation and disturbed stability of narrow atmospheric layer close to ground (100 m height), especially in the daytime, are the most dangerous meteorological parameters for vascular patients. Particularly unfavourable meteorological conditions with CVI frequency above normal ($> \bar{x} + \sigma$) prevail a day or two after the temperature increase started following several cold days.

Key words: Cerebrovascular insult, risk factor, meteorological elements, total, partial and multiple linear regression

1. UVOD

„Cerebrovaskularne bolesti ubrajamo među oboljenja koja na ljestvici pobola i pomora zauzimaju jedno od vodećih mjesta, odmah iza zloćudnih tumora i bolesti srca, a s obzirom na posljedice udara i nastali invaliditet, i među bolesti s nemalim prizvukom socijalno-ekonomskog značenja“ tvrdi u svom članku Poljaković (1979), iznoseći rezultate istraživanja za grad Zagreb. Prema tim rezultatima godišnje u Zagrebu cerebrovaskularni inzult doživi 1590 osoba (na 780.000 stanovnika), a samo oko 53% oboljelih ostaje na životu dulje od godine dana nakon inzulata. Mnoge od tih osoba teški su invalidi kojima je potrebna dugotrajna rehabilitacija, a neki ostaju i trajno nepokretni, usmjereni na tuđu njegu. Slično je stanje i u drugim evropskim pa i vanevropskim zemljama. Ponukani težinom cerebrovaskularnih bolesti mnogi istraživači u svijetu i u nas ulažu napore

da se rasvijetli njena epidemiologija. Zna se da je epidemiologija osnovna znanost i kliničke medicine s „osnovnom zadaćom da prati sve okolnosti pod kojima se bolesti javljaju, ali i da nastoji utvrditi koje se bolesti šire a kod kojih to nije slučaj“ Poljaković, (1979). Okolnosti pod kojima se bolesti javljaju, u ovom slučaju cerebrovaskularni inzult, koji se nažalost širi i na sve mladu populaciju, obuhvaćaju uz ostalo i proučavanje atmosferskih prilika. Naime, proučavanja brojnih istraživača pokazala su prisutnost faktora rizika u bolesnika koji su doživjeli cerebrovaskularni inzult. Kao faktori rizika najčešće se spominju hipertenzija, šećerna bolest, hiperlipoproteinemija, poremećaji u procesu koagulacije, pušenje, a često i hereditet. No kao faktor rizika u novije se vrijeme nerijetko spominju i vremenske prilike. Dapače, smatra se da su vaskularni bolesnici općenito, a posebno cerebrovaskularni bolesnici osobito osjetljivi na vremenske podražaje. Mnogi cerebrovaskularni bole-

snici zapažaju subjektivne smetnje u vezi s vremenom i tvrde da vrijeme djeluje na njihovo zdravstveno stanje.

Cilj je ovog rada da se objektivno istraži postoji li veza između učestalosti moždanih udara u Zagrebu i različitih meteoroloških elemenata. Poznavanje karakteristika vremenskih prilika u kojima se dešava povećan broj moždanih udara neophodno je za poduzimanje preventivnih mjera, kao što je i poznavanje ostalih faktora rizika.

Razni su pristupi ovoj problematici u svjetskoj literaturi. Jedan dio autora proučava različito definirane tipove vremena ili vremenske faze (Kügler, 1972; Tromp, 1963, 1980) i njihovu povezanost s učestalošću cerebrovaskularnih inzulata (u daljnjem tekstu CVI). Drugi povezuju frontalne poremećaje (Driscoll i Landsberg, 1967) s učestalijom pojavom inzulata, dok treći pokušavaju otkriti o kojim pojedinačnim meteorološkim elementima treba voditi najviše računa.

Proučavajući odnos moždanog udara i vremenskih prilika za područje Zagreba, kao reprezentantu odnosa u našim kontinentalnim klimatskim prilikama, mi smo pokušali obuhvatiti sve te aspekte. Neki od njih već su načeti na malim uzorcima podataka u ranijim godinama (Pleško i dr. 1974, Pleško i dr. 1979, Pleško i Poljaković, 1983), a detaljnije statističke analize bazirane na dvogodišnjim podacima svih cerebrovaskularnih inzulata u Zagrebu sadržane su u članku Zaninović i Pleško (1987) i u ovom radu. Dok se članku Zaninović i Pleško (1987) proučava odnos tipova vremena i fronti u Zagrebu prema CVI, ovaj rad bi trebao ukazati na pojedinačne meteorološke elemente kojima u sklopu ostalih pripada značajnija uloga u razvoju CVI.

Iz literature se lako uočava da se rezultati raznih istraživača ne slažu. Tako su Cech i sur. (1979) proučavajući korelacijskom analizom vremenske nizove srednjih dnevnih vrijednosti meteoroloških elemenata s jedne strane i dnevnu učestalost CVI s druge strane za SAD i Japan dobili da su za cerebrovaskularne bolesnike opasne situacije s niskim temperaturama zraka, niskom relativnom vlagom, velikim brzinama vjetra i visokim tlakom zraka. Najbolje korelacije između meteoroloških nizova i nizova s učestalošću CVI dobili su uz zaostajanje do oko 3 dana i ponovno 5–7 dana. S ovim rezultatima dosta se slaže i istraživanje Statesa (1977), a Tromp [1963, 1980] naglašava ulogu niskih temperatura, pa u godinama koje su hladnije ima u Holandiji općenito više vaskularnih incidenata. Međutim, Driscoll (1971) pronalazi da su za vaskularne bolesti najvažnije povišene temperature zraka iznad 32°C i povišena vlaga, promjene vremena i dani s malim brzinama vjetra. Njemački istraživači (Kügler, 1972), posredno preko vremenskih faza, naglašavaju kao izrazito opasno stanje za cerebrovaskularne bolesnike vremenske prilike ispred tople fronte, kada temperatura i vlaga zraka rastu.

Ovako različiti rezultati ponukali su nas da ispita-
mo kakve su karakteristike značajnih meteoroloških elemenata na području Zagreba. Osim toga, interesiralo nas je reagira li organizam samo na vremenske događa-

je koji su već nastupili ili je možda u stanju reagirati i unaprijed, što nerijetko tvrde bolesnici na osnovi svojih zdravstvenih smetnji, a također i neki istraživači.

2. PODACI

Statističkom analizom obuhvaćeni su medicinski i meteorološki podaci. Medicinski podaci sadrže dnevnu učestalost svih CVI koji su se dogodili u Zagrebu tijekom 1976. i 1977. i bili registrirani u zagrebačkim bolnicama (KBC „Rebro“, KB „Dr. M. Stojanović“, KB „Dr. J. Kajfeš“), uključujući i smrtno slučajevu u Zavodu za sudsku medicinu i Zavodu za opću patologiju i patološku anatomiju Medicinskog fakulteta u Zagrebu te odjelima patologije u bolnicama „Dr. J. Kajfeš“ i „Dr. O. Novosel“.

Meteorološki podaci, prizemni i visinski, mjereni su na Meteorološko-aerološkom opservatoriju Zagreb-Mak-simir.

3. METODA

Povezanost između meteoroloških parametara i učestalosti CVI ispitivana je korelacijskom analizom i to na dva načina:

1) izračunavani su koeficijenti linearne korelacije između niza sa sedmodnevnim učestalostima CVI i niza sa sedmodnevnom sumom dnevnih vrijednosti svakog od 11 meteoroloških elemenata navedenih u tab. 1.

Ova je korelacija rađena za godinu u cjelini i odvojeno za hladni i topli dio godine, a sedmodnevna su razdoblja uzimana tako da se jedno nadovezuje na drugo bez preklapanja tokom dvije godine.

2) formiran je uzorak od onih dana („n“) u kojima je dnevna učestalost CVI veća od $\bar{x} + \sigma$ i onda je izračunavan:

a) koeficijent linearne korelacije između učestalosti u danu „n“ i dnevnih vrijednosti meteoroloških elemenata u svakom danu perioda od $n \pm 3$ dana (tab. 2). Dalje su izračunavani:

b) koeficijenti parcijalne korelacije (tab. 3)

c) koeficijenti multiple korelacije (tab. 4).

Na dvojaki pristup u traženju povezanosti vremena i učestalosti inzulata ponukala nas je činjenica da nije poznato reagira li organizam inzultom na vremenski podražaj odmah, to jest u danu zbivanja nekog intenzivnijeg vremenskog podražaja, unaprijed ili s nekim zakašnjenjem. Zato i nisu koeficijenti korelacije (točka 4.1) računati iz dnevnih vrijednosti meteoroloških elemenata, nego je razdoblje za traženje povezanosti produljeno na sedam dana. U analizu sedmodnevnih razdoblja uključeni su svi slučajevi CVI registrirani u spomenutim zagrebačkim bolnicama.

Kako osim meteoroloških faktora na razvoj CVI utječu i brojni drugi faktori, a njihove efekte je nemoguće odvajati na osnovi raspoloživih podataka, pretpostavljeno je da je utjecaj meteoroloških faktora bio dominantan barem onih dana, odnosno oko onih dana, u kojima je registrirana dnevna učestalost CVI iznad normale

($> \bar{x} + \sigma$). Upravo taj uzorak poslužio je (točka 4.2) za istraživanje da li veća uloga pripada meteorološkim događajima koji su već prošli, onima koji su u toku, ili onima koji tek nailaze.

4. ANALIZA KOEFICIJENATA KORELACIJE

4.1. Koeficijenti linearne korelacije za sedmodnevna razdoblja

U izbor meteoroloških elemenata s kojima je tražena korelacija ušli su oni koji se, gledajući sumarno radove u literaturi, najčešće spominju kao značajni za razvoj CVI. To su svi navedeni elementi (redni broj 1–8), osim vertikalnih temperaturnih gradijenata u sloju atmosfere od tla do 100 m visine i Richardsonova broja.

Već unaprijed je jasno da svaki od proučavanih meteoroloških elemenata, bez obzira na vrijednost koeficijenta korelacije, ne može imati direktan utjecaj na zdravstveno stanje cerebrovaskularnog bolesnika. To se prije svega odnosi na količinu oborine, pa čak i na tlak zraka, koji se među bolesnicima, a i liječnicima nerijetko smatra meteorološkim elementom najodgovornijim za nepovoljne zdravstvene efekte, a za koji je eksperimentalno dokazano (Burch i Giles, 1977) da u okviru promjena

koje se zbivaju u atmosferi nema patološka djelovanje na organizam. Ti su elementi ipak proučavani u ovom radu, jer unatoč činjenici da ne djeluju direktno na organizam, mogu doprinijeti osvjetljavanju karakteristične slike atmosfere značajne za razvoj CVI.

Budući da se u radovima iz humane biometeorologije najčešće spominje da odgovornost za razvoj CVI ne pripada samo jednom meteorološkom elementu nego je to kompleksni utjecaj zbivanja u atmosferi, to smo smatrali da stabilnost atmosfere praćena preko noćnog i podnevnog vertikalnog gradijenta temperature zraka može biti pogodan parametar za reprezentaciju kompleksnog stanja atmosfere. Uzeli smo vertikalni gradijent temperature samo u uskom prizemnom sloju atmosfere debljine 100 m, znajući da je on izrazito pod djelovanjem tla, ali to je sloj u kome čovjek živi i sve ono što se dešava u tom sloju mora djelovati i na zdravstveno stanje čovjeka.

Postavimo li hipotezu $H_0: \rho = 0$, odnosno hipotezu da korelacija ne postoji između učestalosti CVI i meteorološkog elementa (Brooks i Carruthers, 1953), tada samo za one koeficijente korelacije koji su manji od 0.197 u godišnjem uzorku sa 104 člana možemo na nivou od $P=0.05$ prihvatiti H_0 . Za sve ostale koeficijente korelacije odbacujemo H_0 i možemo reći da postoji signifikant-

Tabela 1. Koeficijenti linearne korelacije između sedmodnevne učestalosti CVI i sedmodnevne sume meteoroloških parametara, Zagreb 1976. i 1977. (Koeficijenti signifikantni na razini $P = 0.05$ označeni su zvjezdicom)

Table 1. The linear correlation coefficients between seven-day CVI frequency and seven-day sum of meteorological parameters, Zagreb 1976 and 1977. (Coefficients significant at $P=0.05$ level are marked off by an asterisk)

	god. (104 per.)	X–III (52 per.)	IV–IX (52 per.)
1. Temperatura zraka	–0.38*	–0.45*	–0.18
2. Tlak zraka	–0.06	–0.14	–0.08
3. Interdiurne promjene (apsolutne) temperature zraka	0.13	0.08	0.07
4. Interdiurne promjene (apsolutne) tlaka zraka	0.23*	0.33*	–0.15
5. Interdiurne promjene (apsolutne) relativne vlage zraka	0.18	0.16	0.21
6. Amplituda temperature	–0.19	–0.07	–0.12
7. Broj frontalnih poremećaja	0.04	0.15	–0.12
8. Količina oborine	0.10	–0.01	0.24
9. Vertikalni temp. gradijent u sloju 0–100 m, u 01 h	–0.19	–0.10	–0.10
10. Vertikalni temp. gradijent u sloju 0–100 m, u 13 h	0.26*	0.23	0.09
11. Ri-broj < 0.25 u sloju 0–100 m, u 13 h	–0.22*	–0.06	–0.20

na veza između meteorološkog elementa i učestalosti CVI. Za hladni ili topli dio godine, koji broje upola manje člaŃova, koeficijenti korelacije moraju biti veći od 0.279 da bi označavali signifikantni odnos uz $P = 0.05$.

Iz tabele 1. gdje su signifikantne vrijednosti koeficijenta korelacije označene zvjezdicom, uočava se da je moždani udar veoma ovisan o temperaturnim prilikama sedmodnevnih razdoblja. Što su sedmodnevna razdoblja tokom godine hladnija može se očekivati to više inzulta ($r = -0.38$). To je osobito izraženo u hladnom dijelu godine od listopada do ožujka ($r = -0.45$). Vrijednost tlaka zraka nije signifikantna, ali su signifikantne interdiurne promjene tlaka. Velike interdiurne promjene tlaka zraka, koje u stvari govore o velikoj promjenljivosti vremena unutar sedmodnevnog perioda, značajno su povezane s učestalijom pojavom inzulta.

Stabilnost atmosfere pokazala se također kao značajan parametar u razvoju CVI i to osobito dnevna stabilnost ($r = 0.26$, godina). Najopasnija su ona sedmodnevna razdoblja u kojima atmosfera oko podnevnih sati nije nestabilna. Što je podnevna nestabilnost slabija, više je i moždanih udara. I signifikantna veza CVI s brojem dana u kojima je u 13 h $R_i < 0.25$, što označava turbulentnu atmosferu (Sedefian i Bennett, 1980), govori ($r = -0.22$, godina) da su sedmodnevne prilike to opasnije što je manje turbulentnih dana oko podneva.

Iako veza s noćnim vertikalnim gradijentom temperature nije signifikantna, negativna vrijednost koeficijenta korelacije daje naslutiti da bi za noć mogle biti opasne situacije u kojima atmosfera noću ima smanjenu stabilnost, a najgore onda kada $\Delta t/\Delta z$ postaje negativan ($\Delta t/\Delta z > 0$ označava temperaturnu inverziju). Razlog što za noć nisu dobiveni signifikantni odnosi između CVI i $\Delta t/\Delta z$ leži najvjerojatnije u činjenici da je čovjek noću boravkom u zatvorenom prostoru u postelji izložen ipak smanjenom djelovanju atmosfere nego danju, barem onom koje je termičkog karaktera. Kako je ovakva poremećena stabilnost vezana uz frontalne prodore, pokušali smo ispitati i korelaciju s brojem frontalnih poremećenja u sedmodnevnim periodima. Koeficijenti nisu signifikantni. To u prvi mah začuđuje. No ako se podsjetimo da prolaz fronte može poremetiti stabilnost atmosfere kroz više dana i da o intenzitetu tog poremećaja izraženom preko $\Delta t/\Delta z$ ovisi i učestalost CVI kao što se vidi iz ranije opisane korelacije da učestalost inzulta nije povećana samo u danu prolaza fronte nego da je u okolnim danima povećana u slučaju prolaza hladne fronte (Zaninović i Pleško, 1986), a smanjena u danu prolaza tople, onda nije čudno da je korelacijski koeficijent između CVI i broja frontalnih poremećaja (ukupno hladnih i toplih) nesignifikantan.

Ostali korelacijski koeficijenti za sedmodnevna razdoblja nisu signifikantni, pa se njima nismo mogli poslužiti za osvjetljavanje atmosferskih prilika opasnih za razvoj moždanog udara.

4.2. Linearni koeficijenti bivarijatne, parcijalne i multiple korelacije između CVI ($> \bar{x} + \sigma$) u danu „n” i meteoroloških parametara u periodu $n \pm 3$ dana

Uzorci dana s brojem moždanih udara iznad normale, odnosno CVI veći od $\bar{x} + \sigma$, gdje je \bar{x} mjesečni srednjak ukupnog broja CVI za svaki mjesec tokom dvije godine (1976 i 1977), znatno su reducirani u odnosu na dnevne podatke o CVI. Ipak, u toku zime bilo je ukupno 29 takovih dana u dvije godine, proljeća također 29, ljeta 31 i jeseni 24. Izgleda da su u 13–16% dana u pojedinoj sezoni prevladavale nepovoljne atmosferske prilike, zbog čega je i učestalost inzulta iznad normale. Zato je ispitana linearna korelacija između:

1. učestalosti CVI u danu „n” i meteoroloških elemenata u periodu od $n \pm 3$ dana i to:
2. interdiurne promjene temperature zraka,
3. interdiurne promjene tlaka zraka,
4. dnevne amplitude temperature zraka, te
5. srednje dnevne temperature zraka.

Redni brojevi ovih elemenata ujedno su i indeksi u bivarijatnim, parcijalnim i mnogostrukim koeficijentima korelacije koji označavaju međusobno korelirane elemente (tabele 2–4).

Ovi su elementi odabrani zato što su za njih dobiveni relativno visoki koeficijenti korelacije u sedmodnevnim razdobljima (za godinu).

Interesiralo nas je kada se dešavaju signifikantne interdiurne promjene tlaka i temperature zraka oko dana „n”, da li su i kada dnevne amplitude temperature signifikantno smanjene po sezonama u razdoblju $n \pm 3$ dana, a isto tako da saznamo nešto više o temperaturnim karakteristikama tih hladnih nepovoljnih razdoblja.

Signifikantnost koeficijenta korelacije određivana je također na pretpostavci da ne postoji veza između učestalosti CVI veće od $\bar{x} + \sigma$ u danu „n” i meteoroloških parametara u periodu $n \pm 3$ dana. Ako prihvatimo kao signifikantan nivo $P = 0.05$, onda se H_0 mora odbaciti (Brooks i Carruthers, 1953) za sve koeficijente korelacije označene u tab. 2–4 zvjezdicom. Ti se koeficijenti korelacije mogu smatrati signifikantnima i ukazuju na meteorološke elemente u periodu $n \pm 3$ dana za koje se može pretpostaviti da su utjecali na razvoj CVI u danu „n”.

Analiza korelacijskih koeficijenata (tab. 2) pokazuje da zimi značajna uloga za razvoj učestalosti inzulta iznad normale ($> \bar{x} + \sigma$) pripada interdiurnom porastu temperature dan prije „n” dana ($r_{12} = 0.41$). Povežemo li to s rezultatima dobivenim za sedmodnevna razdoblja (tab. 1), može se reći da su naročito opasne one vremenske situacije u kojima nakon višednevnog hladnog razdoblja nastupi naglo i jako zatopljenje. To je i dosta razumljivo, jer se cerebrovaskularni bolesnik, čije su krvne žile u mozgu oštećene aterosklerozom s naporom prilagođuje naglim temperaturnim promjenama, pa se može dogoditi i inzult. Nemoguće je međutim objasniti signifikantnost koeficijenta korelacije r_{13} za zimu i to nakon dana „n”. Naime, jasno je da organizam neće reagirati inzultom na interdiurnu promjenu tlaka zraka i to još na porast, odnosno proljepšanje vremena koje će se

Tabela 2. Korelacijska funkcija učestalosti CVI veće od $\bar{x} + \sigma$ u danu „n“ i dnevnih srednjaka meteoroloških elemenata za pomake -3 do +3 dana oko dana „n“, Zagreb, 1976 i 1977.

Table 2. The correlation function of CVI frequency greater than $\bar{x} + \sigma$ in "n" day and meteorological elements daily means for lags of -3 to +3 days about the "n" day, Zagreb 1976 and 1977.

	-3	-2	-1	n	+1	+2	+3
Zima (29 sluč.)							
r ₁₂	0.04	0.41*	0.03	-0.03	-0.18	-0.13	
r ₁₃	-0.25	-0.23	0.08	0.12	0.19	0.35*	
r ₁₄	0.11	0.09	-0.11	-0.20	-0.28	-0.16	-0.07
r ₁₅	-0.05	-0.03	0.22	0.21	0.14	0.10	-0.00
Proljeće (29 sluč.)							
r ₁₂	-0.04	-0.05	0.06	0.02	0.00	-0.07	
r ₁₃	-0.27	-0.05	0.11	-0.07	-0.32*	-0.00	
r ₁₄	0.03	0.03	-0.07	-0.24	-0.05	-0.16	-0.41*
r ₁₅	-0.21	-0.23	-0.24	-0.22	-0.22	-0.24	-0.27
Ljeto (31 sluč.)							
r ₁₂	-0.23	-0.25	0.32*	-0.11	0.18	0.14	
r ₁₃	0.07	-0.07	-0.21	0.07	0.10	-0.19	
r ₁₄	-0.45*	-0.16	-0.02	0.04	-0.05	0.08	0.12
r ₁₅	-0.11	-0.19	-0.38*	-0.16	-0.20	-0.04	0.04
Jesen (24 sluč.)							
r ₁₂	0.13	-0.05	0.06	0.11	0.16	-0.23	
r ₁₃	0.37*	0.01	0.00	-0.06	-0.03	-0.04	
r ₁₄	0.10	0.10	-0.01	0.12	-0.11	-0.26	-0.23
r ₁₅	-0.03	0.01	-0.03	0.01	0.04	0.10	0.01

dogoditi tek za 2–3 dana. Ovaj rezultat indirektno pokazuje da se dan „n“ s velikim brojem inzulta u stvari dešava u poremećenim prilikama, dakle u vremenskoj situaciji iza koje će tek nastupiti signifikantni interdiurni porast tlaka zraka. Tako da zimi ostaje kao najznačajniji element porast temperature nakon višednevnog hladnog razdoblja, a tada i interdiurne promjene tlaka ukazuju na pad tlaka, iako nisu signifikantne.

Za proljeće je najsignifikantnija veza dobivena sa smanjenom amplitudom temperature zraka ($r_{14} = -0.41$) i to tri dana nakon „n“ dana. Negativne vrijednosti korelacijskih koeficijenata s amplitudom temperature zraka, iako nesignifikantne, javljaju se već i u danu n-1 i traju do kraja proučavanog razdoblja (n+3). One pokazuju da su se dnevne amplitude smanjivale i da je povećana

nakon što je počeo neki prodor zbog kojeg su se dnevne amplitude smanjivale i dalje. To uostalom pokazuje i značajna korelacija s interdiurnom promjenom tlaka zraka između dana (n+1) i (n+2). Vrijedno je zapaziti da su za cijelo razdoblje $n \pm 3$ dana korelacijski koeficijenti r_{15} negativni, pa iako nisu signifikantni (na nivou $P=0.05$), daju naslutiti da se radi o hladnim periodima.

Za ljeto u kojem je registrirano najviše slučajeva s dnevnom učestalošću CVI iznad normale dobiveno je i najviše signifikantnih korelacijskih koeficijenata. Ovdje je ponovno naglašena povezanost s niskim temperaturama zraka u višednevnom razdoblju ($r_{15} = -0.38$) a pogotovo u danu (n-1), nakon čega je uslijedio veliki interdiurni porast temperature do dana n ($r_{12} = 0.32$). I signifikantna korelacija sa smanjenim amplitudama

Tabela 3. Koeficijenti parcijalne korelacije između frekvencije CVI veće od $\bar{x} + \sigma$ u danu „n” i meteoroloških elemenata u periodu $n \pm 3$ dana, Zagreb, 1976 i 1977.

Table 3. The partial correlation coefficients between CVI frequency greater than $\bar{x} + \sigma$ in "n" day and meteorological elements over the $n \pm 3$ day period, Zagreb 1976 and 1977.

	-3	-2	-1	n	+1	+2	+3
Zima							
r _{12.3}	0.04	0.35*	0.11	0.05	-0.12	0.12	
r _{13.2}	-0.25	-0.03	0.13	0.13	0.14	0.35*	
r _{12.4}	0.00	0.42*	0.05	-0.06	-0.18	-0.10	
r _{14.2}	0.10	0.12	-0.12	-0.21	-0.28	-0.14	
r _{13.4}	-0.25	-0.22	0.05	0.16	-0.25	0.36*	
r _{14.3}	0.10	0.07	-0.09	-0.22	0.10	-0.19	
r _{14.5}	0.11	0.11	-0.16	-0.20	-0.28	-0.18	-0.08
r _{15.4}	-0.05	-0.07	0.25	0.21	0.13	0.13	0.04
Proljeće							
r _{12.3}	-0.20	-0.06	0.07	-0.00	-0.02	-0.07	
r _{13.2}	-0.33*	-0.06	0.11	-0.07	-0.32	-0.03	
r _{12.4}	-0.04	-0.06	0.07	0.12	0.00	-0.06	
r _{14.2}	0.03	0.04	-0.08	-0.27	-0.05	-0.16	
r _{13.4}	-0.27	-0.04	0.09	-0.23	-0.34*	-0.04	
r _{14.3}	-0.02	0.01	-0.04	-0.32	-0.14	-0.16	
r _{14.5}	0.10	0.09	-0.00	-0.16	0.06	-0.13	-0.34*
r _{15.4}	-0.23	-0.25	-0.23	-0.13	-0.22	-0.22	-0.11
Ljeto							
r _{12.3}	-0.23	-0.24	0.27	-0.11	0.26	0.14	
r _{13.2}	-0.08	-0.03	-0.12	0.07	0.21	-0.19	
r _{12.4}	-0.12	-0.24	0.32*	-0.13	0.17	0.14	
r _{14.2}	-0.41*	-0.15	-0.06	0.08	0.01	0.08	
r _{13.4}	-0.03	-0.10	-0.22	0.08	0.10	-0.17	
r _{14.3}	-0.45*	-0.18	-0.06	0.06	-0.06	-0.01	
r _{14.5}	-0.45*	-0.12	0.07	0.09	0.09	0.11	0.11
r _{15.4}	0.11	-0.16	-0.38*	-0.18	-0.21	-0.08	0.02
Jesen							
r _{12.3}	0.17	-0.05	0.06	0.10	0.16	-0.25	
r _{13.2}	0.38*	0.01	0.02	-0.05	0.02	-0.10	
r _{12.4}	0.14	-0.04	0.06	0.12	0.16	-0.13	
r _{14.2}	0.11	0.10	-0.01	0.13	-0.11	-0.18	
r _{13.4}	0.55*	0.10	-0.00	-0.05	-0.04	-0.21	
r _{14.3}	0.45*	0.14	-0.01	0.12	-0.11	-0.33	
r _{14.5}	0.15	0.12	0.01	0.13	-0.13	-0.32	-0.26
r _{15.4}	-0.11	-0.06	-0.03	-0.06	0.09	0.21	0.13

učestalost CVI u proljeće nastupila često već prvi dan temperature u (n-3) danu ($r_{14} = -0.45$) skreću nam pažnju na to da se radilo o hladnom prodoru.

U jeseni, kada je registriran najmanji broj dana s CVI većim od $\bar{x} + \sigma$, signifikantna je samo veza s inter-

diurnom promjenom tlaka zraka $r_{13} = 0.37$ između dana (n-3) i (n-2), i to u smislu porasta. Jasno je da je to samo pokazatelj da je 2 do 3 dana prije „n” dana došlo do porasta tlaka, ali se ta karakteristika ne zadržava do dana „n”, kao što se vidi iz koeficijenata korelacije.

Tabela 4. Koeficijenti mnogostruke korelacije između učestalosti CVI veće od $\bar{x} + \sigma$ u danu „n“ i meteoroloških elemenata u periodu $n \pm 3$ dana, Zagreb, 1976 i 1977.

Table 4. The multiple correlation coefficients between CVI frequency greater than $\bar{x} + \sigma$ in "n" day and meteorological elements over the $n \pm 3$ day period, Zagreb 1976 and 1977.

	-3	-2	-1	n	+1	+2	+3
Zima							
R 1.23		0.25	0.41	0.14	0.13	0.22	0.37
R 1.24	0.11	0.42	0.12	0.21	0.33	0.19	
R 1.34	0.27	0.24	0.12	0.25	0.27	0.39	
R 1.45	0.12	0.11	0.27	0.29	0.31	0.21	0.08
Proljeće							
R 1.23		0.33	0.08	0.13	0.07	0.32	0.07
R 1.24	0.05	0.06	0.10	0.27	0.05	0.17	
R 1.34	0.27	0.05	0.12	0.33	0.35	0.16	
R 1.45	0.23	0.25	0.25	0.27	0.23	0.27	0.42
Ljeto							
R 1.23		0.24	0.25	0.34	0.13	0.28	0.24
R 1.24	0.46*	0.29	0.32	0.13	0.18	0.16	
R 1.34	0.45*	0.19	0.22	0.09	0.11	0.19	
R 1.45	0.46*	0.22	0.38	0.18	0.22	0.12	0.12
Jesen							
R 1.23		0.40	0.05	0.06	0.12	0.16	0.25
R 1.24	0.17	0.11	0.06	0.17	0.20	0.29	
R 1.34	0.56*	0.14	0.01	0.13	0.12	0.33	
R 1.45	0.15	0.12	0.03	0.13	0.14	0.33	0.26

Općenito se prema bivarijantnim koeficijentima korelacije može reći da opasnost za učestalost CVI iznad normale nastaje dan-dva nakon što je u hladnom periodu započelo intenzivno zatopljenje, uz to se smanjuje dnevna amplituda temperature, a signifikantni interdiurni porast tlaka zraka će nastupiti tek za 2–3 dana, ili je bio prije 2–3 dana.

Svi ovi koeficijenti bivarijantne linearne korelacije zapažaju se u periodu 1976 i 1977 god. u vrlo malo izmijenjenoj veličini i kod koeficijenata parcijalne korelacije, koji zapravo mjere stvarnu korelaciju između dviju varijabli nakon što je eliminiran utjecaj drugih varijabli (Panofsky 1958, str. 114), a također i kod koeficijenata mnogostruke korelacije, koji mjere procenat ukupne varijance od CVI koji nastaje na račun dviju (označenih indeksima) meteoroloških varijabli (Panofsky, 1958, str. 112). Jedino se parcijalna korelacija između CVI i interdiurnog porasta tlaka zraka u jesen 2–3 dana prije „n“ dana, popravlja ako se eliminira utjecaj amplitude temperature. No to nije bitno jer samo ukazuje na činjenicu da je par dana prije „n“ dana u jesen najčešće bio povišen tlak zraka.

Koeficijenti mnogostruke korelacije pokazuju da je utjecaj proučavanih meteoroloških parametara na CVI varirao tokom sezona i da je njihov udio u ukupnoj varijanci učestalosti infarkta (CVI veći od $\bar{x} + \sigma$) iznosio 18% u zimi i proljeću, 21% u ljetu i 41% u jeseni. U nekom drugom razdoblju učešće meteoroloških faktora bilo bi vjerojatno nekako drugačije raspoređeno u utjecaju na akutnu fazu cerebrovaskularne bolesti, ali sudeći po ovim rezultatima barem 20% varijance učestalosti CVI može se pridružiti vremenskim efektima. To je već dovoljan razlog, poznavajući težinu posljedica cerebrovaskularnih infarkta, da se i o meteorološkim faktorima počne najozbiljnije voditi računa pri organiziranju preventive CVI.

5. ZAKLJUČAK

Meteorološki parametri pridonose, uz ostale faktore rizika, razvoju CVI. Korelacijska analiza između učestalosti CVI i karakteristike pojedinačnih meteoroloških elemenata ukazuje da su naročito opasna višednevna hladna razdoblja u kojima se dešavaju velike interdiur-

ne promjene tlaka zraka i u kojima je poremećena stabilnost uskog prizemnog sloja uz tlo i to osobito u dnevnom dijelu dana. Što je podnevna nestabilnost, koja je normalna karakteristika podnevnih prilika u anticikloni, jače smanjena, to je i veća opasnost za učestaliju pojavu CVI. Osobito nepovoljne prilike s učestalošću CVI iznad normale ($> \bar{x} + \sigma$) prema našim statističkim rezultatima, nastaju dan-dva nakon što je u višednevnom hladnom razdoblju započeo porast temperature zraka.

Ovi se rezultati dobro nadovezuju na ranije istraživanja (Pleško, Poljaković, 1983) koje je pokazalo da se učestalost inzulata „jako iznad normale“ ($> \bar{x} + 2\sigma$) javlja u onim sedmodnevnim periodima kada je područje Zagreba bilo obuhvaćeno najčešće prednjom stranom ciklone ili doline, nešto rjeđe stražnjom stranom anticiklone ili grebenom, bezgradijentnim anticiklonalnim poljem i ogromnim baričkim tipovima s južnom komponentom strujanja (SE, S, SW). Kroz veći dio sedmodnevnih razdoblja prevladavalo je oblačno vrijeme, nerijetko s oborinom u kojima je danju atmosfera najčešće neutralna ili ponekad čak malo stabilna (Pasquill, 1974) s $\Delta t / \Delta z$ između -0.5 i $-1.5^\circ\text{C}/100$ m, a noću najčešće malo stabilna s $\Delta t / \Delta z$ između -0.5 i $1.5^\circ\text{C}/100$ m.

LITERATURA

- Brooks, C. E. P., N. Carruthers, 1953: Handbook of Statistical Methods in Meteorology, Her Majesty's Stationery Office, London, 221.
- Burch, G. E., T. D. Giles, 1977: Influence of Weather and Climate on Cardiovascular Diseases – in Tromp S. W. et al: Progress in Biometeorology, Div. A. Vol. 1., Part II. Period 1963–1975, Swets-Zeitlinger, Amsterdam, 52–60.
- Cech, I., K. Youngs, M. H. Smolensky i F. Sargent, 1979: Day-to-Day and Seasonal Fluctuations of Urban Mortality in Houston, Texas, Int. J. Biometeor., 23, 2, 77–87.
- Driscoll, D. M. i H. E. Landsberg, 1967: Synoptic Aspects of Mortality. A Case Study, Int. J. Biometeor., 11, 3, 323–328.
- Driscoll, D. M., 1971: The Relationship Between Weather and Mortality in Ten Major Metropolitan Areas in the United States, 1962–1965., Int. J. Biometeor., 15, 1, 23–39.
- Kügler, H., 1972: Medizin-Meteorologie nach den Wetterphasen, J. F. Lehmanns, Munchen, 122.
- Panofsky, H. A. i G. W. Brier, 1958: Some Applications of Statistics to Meteorology, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania
- Pasquill, F., 1974: Atmospheric Diffusion, London.
- Pleško, N., R. Petričević-Migić, Z. Poljaković, A. Šipek, 1974: Utjecaj meteoroloških faktora na incidenciju cerebrovaskularnih inzulata, II Simpozij o cerebrovaskularnim bolestima, Zagreb, svibanj 1974, 23–30.
- Pleško, N., Z. Poljaković, M. Ferković, J. Hančević, K. Zaninović, B. Ružak; 1979: Korelacija cerebrovaskularnog inzulata i vremenskih prilika, Treći simpozij o cerebrovaskularnim bolestima, Zagreb, 6, 7. i 8. prosinca 1979, 178–182.
- Pleško, N. i Z. Poljaković, 1983: Vremenske prilike u periodima s ekstremnim brojem cerebrovaskularnih inzulata, Savetovanje o atmosferskim i rečnim elementarnim nepogodama, Beograd, 28–30. 9. 1983., Zbornik radova, RHMZ SRS, 400–408.
- Poljaković, Z., 1979: Epidemiologija cerebrovaskularnih bolesti s posebnim osvrtom na incidenciju cerebrovaskularnog udara, Cerebrovaskularne bolesti, Treći simpozij o cerebrovaskularnim bolestima, Zagreb, 6, 7. i 8. prosinca 1979, 7–12.
- Sedefian L. i E. Bennett, 1980: A Comparison of Turbulence Classification Schemes, Atmospheric Environment, 14, 741–750.
- States, S. J., 1977: Weather and Death in Pittsburgh, Pennsylvania: A Comparison with Birmingham, Alabama, Int. J. Biometeor., 21, 1, 7–15.
- Tromp, S. W., 1963: Medical Biometeorology, Elsevier, Amsterdam, 991.
- Tromp, S. W., 1980: Biometeorology, Heyden, London, 346.
- Zaninović, K. i N. Pleško, 1987: Pojava cerebrovaskularnog inzulata u ovisnosti o tipovima vremena i frontama (predano za Rasprave 22)

SUMMARY

An influence of various meteorological elements on development of cerebrovascular insults (CVI) has been studied by means of a correlation analysis for the continental climate of Croatia (Zagreb).

First a significance of meteorological elements measured at 2 m height was studied as well as the meteorological parameters derived from them (interdiurnal change of air temperature, pressure, relative humidity and daily temperature amplitude). A correlation between the boundary layer stability (100 m height) and CVI frequency has been studied separately by means of vertical temperature gradients $\Delta t / \Delta z$ at 01h and 13 h MET.

A correlation analysis was performed on two ways. First, the correlation coefficients were calculated between time series with CVI frequency grouped in seven-day consecutive periods and simultaneously seven-day sums of various meteorological elements – for the cold (X–III) and warm (IV–IX) part of the year separately. This calculation included all cerebrovascular insults admitted into hospitals in Zagreb during two years (1976 and 1977). Secondly, the correlation coefficients were calculated for the sample of those „n“ days in which daily CVI frequencies were above normal ($> \bar{x} + \sigma$). For this sample bivariate, partial and multiple correlation coefficients between CVI frequency on „n“ day and meteorological elements over $n \pm 3$ day period were calculated.

The correlation coefficients at the $P = 0.05$ significance level (marked by an asterisk in the tables) showed an increase of CVI frequency with the increase of coldness over the seven-day period and with an increase of interdiurnal pressure fluctuation (absolute). Decreased midday instability in the atmospheric layer of 100 m height showed a significant relationship with the CVI as well. If the seven-day period has a decreased number of days with midday turbulence ($R_i < 0.25$) the CVI frequency becomes larger.

Results indicate that an above normal CVI frequency ($> \bar{x} + \sigma$) could be expected particularly a day or two after intensive warming following the several day cold period. Such periods usually have a reduced daily amplitude of air temperature as well.