پژوهنده (مجله پژوهشي دانشگاه علوم پزشكي شهيد بهشتي)
سال سيزدهم, شماره ۶ , پي در پي ۶۶ ، صفحات ۵۳۷ تا ۵۴۲
بهمن و اسفند ۱۳۸۷

تاريخ دريافت مقاله ۸۶/۱۱/۲۰
تاريخ پذيرش مقاله ۸۷/۵/۲

بررسي نتايج درمان شكستگي‌هاي باز ساق با اكسترنال فيكساتور و عوامل مرتبط با آن

دكتر عادل ابراهيم پور [۱]*، مهندس ناصر ولايي[۲]، دكتر غلامحسين كاظميان[۳]، دكتر حسين خطيبي[۳]، دكتر منصور آذربال[۳]، دكتر حميد رضا ابوعلي گله‌داري[۴]

چكيده

سابقه و هدف: *با توجه به موارد زياد مراجعه افراد با شكستگي‌هاي باز ساق و عوارض شناخته شده درمان هاي متعارف و وجود بعضي گزارشات مبني بر موفقيت درمان با اكسترنال فيكساتور و عدم گزارش تجربه آن در كشور، به منظور تعيين نتايج درمان شكستگي‌هاي باز ساق و عوامل مرتبط با آن در روش اكسترنال فيكساتور، اين تحقيق بر روي مراجعه كنندگان به بيمارستان امام حسين (ع) در سال هاي ۸۲ الي ۸۵ انجام شد.*

مواد و روش ها: *تحقيق با طراحي experimental بر روي كليه افرادي كه با شكستگي‌هاي باز ساق مراجعه نمودند و عمل آنان با اكسترنال فيكساتور مونولترال AO انجام گرفته و تمامي آنان راه اندازي زودرس و ديناميزاسيون با تناسب به نوع شكستگي و ميزان خردشدگي داشتند، انجام گرفت. بيماران هر ۴ تا ۶ هفته پيگيري باليني و راديوگرافي مي‌شدند و حداقل ۸ ماه پيگيري و نتيجه درمان از نظر نياز به عمل جراحي مجدد و كيفيت جا اندازي مشخص و مورد قضاوت قرار گرفته و نقش عوامل سن، جنس، گريد، تيپ شكستگي، عامل آسيب با بروز دو مشكل فوق مورد قضاوت آماري با آزمون دقيق فيشر و مجذور كاي قرار گرفتند.*

يافته ها: *طي مدت مورد بررسي ۵۸ نفر بيمار واجد شرايط بوده كه تعداد ۸ نفر به علل مختلف از مطالعه حذف شدند و از ۵۰ مورد بررسي ۱۰% نياز به عمل جراحي ثانوي داشتند. جا اندازي دقيق در ۶۴% بيماران به دست آمد. شكستگي‌هايي كه با خردشدگي يا گريد III گاستيلو يا جا اندازي بالاتر از ۲mm جا به جايي داشتند احتمال عمل جراحي ثانوي بيش تر بود ($P<0/02$). متوسط زمان جوش خوردن در موارد با جا اندازي دقيق ۱۹ هفته و در آن هايي كه جا اندازي بيش تر از ۲mm جا به جايي داشت ۲۸ هفته بود. متوسط زمان جوش خوردگي در كل بيماران ۲۲ هفته بود.*

نتيجه گيري: *به نظر مي‌رسد كه نتايج درمان شكستگي‌هاي باز ساق با روش اكسترنال فيكساتور موفقيت آميز است و لذا انجام تحقيق باليني با گروه كنترل را توصيه مي‌كنيم.*

واژگان كليدي: *شكستگي باز ، ساق ، اكسترنال فيكساتور*

مقدمه

يكي از نگراني‌ها و دغدغه‌ها در بيماران داراي شكستگي باز ساق نتيجه درمان آن ها است. اين شكستگي نسبتاً شايع اما اغلب درمان هاي آن مشكل است. وضعيت زيرپوستي سطح آنترومديال باعث مي‌شود كه مستعد آسيب شديد بافت

۱ *. نويسنده مسؤول: استاديار، گروه ارتوپدي ، دانشگاه علوم پزشكي شهيد بهشتي . آدرس براي مكاتبه: تهران، ميدان امام حسين ، خيابان شهيد مدني ، بيمارستان امام حسين ، گروه ارتوپدي. پست الكترونيك : **adel. ebrahimpour@ yahoo.com***
۲ . عضو هيأت علمي دانشگاه علوم پزشكي شهيد بهشتي
۳ . استاديار، گروه ارتوپدي ، دانشگاه علوم پزشكي شهيد بهشتي
۴ . دستيار تخصصي ارتوپدي ، بيمارستان امام حسين ، دانشگاه علوم پزشكي شهيد بهشتي

[Downloaded from pajoohande.sbmu.ac.ir on 2026-01-31]

نرم و استخوان باشد و باعث شيوع بالاي شكستگي باز در اين استخوان مي‌شود.

يكي از روش‌هاي پيشنهادي براي درمان شكستگي هاى تيبيا استفاده از اكسترنال فيكساتور است كه اولين بار در سال ۱۸۴۳ آقاي Malgaigne آن را در شكستگي پاتلا توصيف كرد و اين در شرايطي بود كه ۱۲ سال بعد تكنيک‌هاي گچ گيري معرفي شدند (۱). آقاي Lambotte بلژيكي در سال ۱۹۰۲ اكسترنال فيكساتور را معرفي كرد (۲). در حال حاضر روش‌هاي درماني مختلفي از قبيل گچ‌گيري، پيچ و پلاک، نيل اينترامدولاري، اكسترنال فيكساتور وجود دارد، اما اگر درمان صحيح اين شكستگي‌ها انجام نشود، شكست درماني باعث عوارض متعددي خواهد شد و باعث فشارهاي مضاعفي به بيماران مي‌شود و بيماران را خانه نشين مي‌كند. اكسترنال فيكساتور سريع و آسان به كار مي‌رود و پايداري عالي و جا اندازي آناتوميک قطعات امكان پذير است و تروماي اضافي بافت نرم حداقل است و در بيش تر موارد اجازه حركت زود هنگام مفاصل مجاور را مي‌دهد. احتمال نان يونيون از ۶ تا ۴۱% در مطالعات مختلف ذكر شده است، علي هذا در اين تحقيق در نظر است در كليه بيماراني كه با تشخيص شكستگي باز ساق طي سال هاي ۸۲ الي ۸۵ به بيمارستان امام حسين(ع) مراجعه نموده‌اند و تحت درمان با اكسترنال فيكساتور قرار گرفته‌اند نتايج اين مداخله بررسي شود.

مواد و روش ها

تحقيق با طراحي experimental انجام گرفت. كليه بيماراني كه به علت شكستگي باز هردو استخوان ساق پا در ناحيه يک سوم مياني در فاصله سال هاي ۸۲ الي ۸۵ به بيمارستان امام حسين(ع) مراجعه كرده بودند و با اكسترنال فيكساتور مونولترال تحت درمان قرار گرفته بودند مورد مطالعه قرار گرفتند. افرادي كه دچار بيماري ديابت، مصرف كورتيكواستروئيد طولاني مدت و افراد زير ۱۶ سال و افراد با شكستگي هردوساق بودند، در مطالعه قرار نگرفتند. كليه بيماران در عرض چند ساعت اوليه به اتاق عمل رفته و تحت عمل جراحي دبريدمان نسوج نكروزه قرار گرفته و جا اندازي و فيكساسيون با اكسترنال فيكساتور مونولترال (AO) با ۲ عدد راد وبا دو تا سه شانز در طرفين شكستگي با كنترل فلوروسكوپي انجام مي‌شد. سفالوسپورين سيستميک تزريقي در همه موارد از زمان بستري تا بهبود زخم داده مي‌شد. جا اندازي‌هايي كه كم تر از ۲ mm جا به جايي داشتند *"جا اندازي دقيق (exact reduction)"* تعريف شد. پس از عمل جراحي، همه بيماران به وزن گذاري تشويق مي‌شدند. بيماراني كه شكستگي عرضي بدون خردشدگي داشتند اجازه وزن گذاري كامل به محض كاهش درد داده مي‌شد و وزن گذاري نسبي نيز حتي در موارد شكستگي‌هاي با خردشدگي شديد اجازه داده مي‌شد. در همه بيماران ديناميزاسيون صورت گرفت. در موارد شكستگي‌هاي عرضي و مايل كوتاه ديناميزاسيون زودرس (بين هفته دوم تا چهارم) و در شكستگي‌هاي با خط مايل بلند و شكستگي‌هاي با خردشدگي پس از مشاهده كالوس كه معمولاً پس از ۸ هفته بود انجام مي‌شد. خصوصيات سن، جنس، گريد زخم، كيفيت جا اندازي، تيپ شكستگي، عامل آسيب و نياز به عمل جراحي ثانوي در فرم اطلاعاتي ثبت مي‌شد. آدرس و تلفن بيماران ثبت مي‌شد و هر ۴ تا ۶ هفته پيگيري كلينيكي و راديوگرافيک انجام مي‌شد. ميزان موفقيت در داخل آن ها تعيين و ميزان واقعي در جامعه برآورد و نقش سن، جنس، گريد و تيپ شكستگي، عامل آسيب با نياز به عمل مجدد و نوع جا اندازي با آماره مجذور كاي و يا دقيق فيشر محاسبه گرديد و در صورت تأييد نقش، Odd's Ratio آن حساب مي‌شد.

يافته ها

طي مدت مورد بررسي ۵۸ بيمار واجد شرايط وجود داشت كه تعداد ۸ نفر به علت ابتلا به ديابت، مصرف كورتيكواستروئيد طولاني مدت، سن زير ۱۶ سال و شكستگي

[Downloaded from pajoohande.sbmu.ac.ir on 2026-01-31]

هر دو ساق از مطالعه حذف شدند. از ۵۰ نفر مورد بررسي تعداد ۴۳ نفر (۸۶%) مرد و تعداد ۷ نفر (۱۴%) زن بودند. متوسط سن آن ها ۱۲/۲ ± ۳۰/۹ و حداقل سن آ نها ۱۷ و حداکثر سن آن ها ۶۷ سال بود. مهم ترين عامل شکستگي حوادث ترافيک ۶۲%، سقوط از بلندي ۱۰%، ورزش ۸% و بقيه ساير موارد بودند. گريد زخم شکستگي در تقسيم بندي گاستيلو در ۲۲% موارد گريد I، ۲۶% گريد II، ۲۴% گريد III A و بالاخره ۲۸% III B بودند. ۳۶% بيماران داراي تيپ شکستگي با خط شکستگي کم تر از ۴۵ درجه و ۲۶% بيماران داراي خط شکستگي بيش از ۴۵ درجه بودند. ۲۸% بيماران خردشدگي کم تر از ۵۰% کل قطر ديافيز و ۲۰% بيماران بيش تر از ۵۰% کل قطر ديافيز خردشدگي داشتند. نتيجه عمل در ۴۵ بيمار با موفقيت انجام گرفت و نياز به عمل جراحي دوم نبود که موفقيت ۹۰% وجود داشت و عدم موفقيت ۱۰% بود. با توجه به شيوع عدم موفقيت درمان شکستگي‌ها در نمونه‌ها ميزان واقعي عدم موفقيت با احتمال ۹۵% حداقل ۲ تا ۱۸% برآورد مي‌گردد. از ۵ بيماري که نياز به عمل جراحي مجدد داشتند در مجموع ۸ عمل ثانويه انجام گرفت که درمان هايي مثل پيوند استخوان، نيل اينترامدولاري با ريم و فيبولوتومي انجام گرفت. جا اندازي دقيق در ۳۲ بيمار (۶۴%) حاصل شد و ۲۸ بيمار (۳۶%) با جابه جايي بيش از ۲ mm وجود داشت، بيماران حداقل ۸ ماه و به طور متوسط ۱۸ ماه پيگيري شدند. متوسط زمان جوش خوردن در موارد با جا اندازي دقيق ۱۹ هفته و در آن هايي که جا اندازي بيش از ۲ mm جابه جايي داشت، اين مدت، ۲۸ هفته بود. متوسط زمان جوش خوردگي ۲۲ هفته (در محدوده ۱۰ هفته الي ۶۴ هفته) بود.

جدول ۱- توزيع مبتلايان به شکستگي باز ساق بر حسب نتيجه جا اندازي با اکسترنال فيکساتور به تفکيک عوامل مرتبط.

کيفيت جا اندازي عوامل مرتبط	دقيق (n=۳۲) تعداد (%)	جابجايي بيش تر از ۲mm (n=۲۸) تعداد (%)	نتيجه آزمون	O.R
گريد				
I	۶ (۱۸/۸)	۵ (۲۷/۸)		
II	۹ (۲۸/۱)	۴ (۲۲/۲)	P<۰/۲	-
IIIA	۸ (۲۵)	۴ (۱۱/۲)		
IIIB	۹ (۲۸/۱)	۵ (۲۷/۸)		
تيپ شکستگي				
خط شکستگي کم تر از ۴۵ درجه	۱۶ (۵۰)	۲ (۱۱/۱)	P<۰/۰۱	۸
خط شکستگي بالاتر از ۴۵ درجه و خردشدگي	۱۶ (۵۰)	۱۶ (۸۹/۹)		
عامل آسيب				
ترافيک	۲۰ (۶۲/۵)	۱۱ (۶۱/۱)		
سقوط	۳	۲	P<۰/۷	-
ورزش	۲	۲		
ساير	۷	۳		
جنس				
زن	۵ (۱۵/۶)	۲ (۱۱/۲)	P<۰/۹	-
مرد	۲۷ (۸۴/۴)	۱۶ (۸۸/۹)		
سن				
کم تر از ۳۰	۲۱ (۶۵/۶)	۱۲ (۶۶/۷)		
۳۰ تا ۴۰	۶ (۱۸/۷)	۲	P<۰/۸	-
۴۰ تا ۵۰	۲ (۶/۲۵)	۱		
۵۰ تا ۶۰	۲ (۶/۲۵)	۲		
۶۰ تا ۷۰	۱	۱		

[Downloaded from pajoohande.sbmu.ac.ir on 2026-01-31]

متوسط زمان وزن گذاري كامل با فيكساتور ۸ هفته (محدوده ۲ هفته الي ۲۲ هفته) و متوسط زمان خارج كردن فيكساتور ۲۰ هفته (محدوده ۸ هفته الي ۴۰ هفته) بود. يک بيمار عفونت محل شكستگي داشت كه با آنتي بيوتيک سيستميک و يک بار كورتاژ و يكبار سكسترکتومي بر طرف شد. ۱۲ مورد عفونت مسير پين (Pin tract infection) وجود داشت كه آنتي بيوتيک خوراكي دريافت كردند و يک مورد نيز منجر به بستري و كورتاژ محل و تعويض محل پين شد. دو مورد شكستگي مجدد به علت تروماي جديد رخ داد كه هر دو پس از جوش خوردگي كامل بودند و نان يونيون محسوب نمي‌شد. سه مورد آسيب عصب پرونئال در زمان حادثه رخ داده بود. اين ۳ بيمار كه آسيب عصبي داشتند و ۲ بيمار ديگر كه شكستگي در ناحيه كف پا داشتند دچار محدوديت شديد حركتي در ناحيه مچ پا شدند و ۱۰ بيمار ديگر نيز كاهش خفيف محدوده حركات مچ پا داشتند. توزيع بيماران بر حسب نتيجه جا اندازي (دقيق و بيش از ۲ mm جا به جايي) در جدول ۱ ارايه شده است و نشان مي‌دهد كه نتيجه جا اندازي با گريد بيماران رابطه‌اي نداشته و بيماراني كه جا اندازي بيش از ۲ mm در ۱۶ مورد (۸۸%) در مواجهه با زاويه خط شكستگي بيش از ۴۵ درجه و خردشدگي بودند و آن هايي كه جا اندازي دقيق داشتند در ۵۰% مواجهه با خط شكستگي كم تر از ۴۵ درجه بودند و آزمون نشان داد كه اين اختلاف به لحاظ آماري معني دار است (P<۰/۰۱) و آن هايي كه جا به جايي بيش از ۲ mm داشتند ۸ برابر بيش تر از آن هايي كه جا اندازي دقيق پيدا كردند در مواجهه با خط شكستگي بيش از ۴۵ درجه و يا خردشدگي بودند (Odd's Ratio= ۸) و ساير عوامل از قبيل عامل آسيب، جنس و سن با جا اندازي نقشي نداشتند. توزيع افراد مورد بررسي بر حسب نياز به عمل ثانوي و به تفكيک عوامل مرتبط در جدول ۲ ارايه شده است كه نشان مي دهد بيماراني كه نياز به عمل ثانوي داشته همه آن ها گريد III (A و B) بودند و آن هايي كه نياز به اعمال ثانوي نداشتند در ۴۶/۷% در مواجهه با اين گريد بودند. آزمون دقيق فيشر نشان داد كه اختلاف از لحاظ آماري معنادار است (P<۰/۰۴) و افراد نيازمند اعمال ثانوي چندين برابر بيش تر از افراد فاقد اعمال ثانوي در مواجهه با گريد III بودند.

تيپ شكستگي با خرد شدگي نيز با اعمال ثانوي نقش داشته (P<۰/۰۲) است. بيماراني كه نياز به اعمال ثانوي داشتند چندين برابر بيش تر از آن هايي كه اعمال ثانوي نداشتند مواجهه با تيپ شكستگي با خردشدگي بودند. كيفيت جااندازي نيز با اعمال ثانوي (P<۰/۰۱) نقش داشت. اما جنس و سن و عامل آسيب نقشي در پيش آگهي بيماران نداشت. (جدول ۲).

جدول ۲ - توزيع مبتلايان به شكستگي باز ساق بر حسب نياز به عمل ثانوي به تفكيک عوامل مرتبط.

نياز به عمل ثانوي / عوامل مرتبط	نداشته (n=۴۵)		داشته (n=۵)	نتيجه آزمون
گريد:				
I و II	(۵۳/۴)	۲۴	۰	P< ۰/۰۴
IIIA و IIIB	(۴۶/۷)	۲۱	۵	
تيپ شكستگي				
بدون خردشدگي	(۵۷/۸)	۲۶	۰	P< ۰/۰۲
با خردشدگي	(۴۲/۲)	۱۹	۵	
عامل آسيب				
ورزش و ساير موارد		۱۴	۰	-
ترافيک و سقوط		۳۱	۵	
جنس				
زن		۶	۱	-
مرد		۳۹	۴	
جا اندازي				
دقيق		۳۲	۰	P< ۰/۰۱
>۲ mm		۱۳	۵	
سن				
كم تر از ۳۰سال		۳۱	۲	-
۳۰ تا ۴۰ سال		۷	۱	
۴۰ تا ۵۰ سال		۲	۱	
۵۰ تا ۶۰ سال		۳	۱	
۶۰ تا ۷۰ سال		۲	-	

بحث

اين تحقيق نشان داد در صورتي كه جا اندازي دقيق

[Downloaded from pajoohande.sbmu.ac.ir on 2026-01-31]

به دست آيد متوسط زمان جوش خوردگي کاهش مـي يابـد. بسياري از مؤلفين بـر اهميـت جـا انـدازي دقيـق در درمـان اکسترنال فيکساتور تاکيد مي کنند. (۳و۴) آقايان Lawyer و Lubbers نشان دادند که در جا اندازي آناتوميک متوسط جوش خوردگي از ۶ ماه به ۴/۴ ماه کاهش مي يابد و جـوش خوردگي اوليـه اسـتخوان (Primary bone healing) در خيلي از موارد جا اندازي آناتوميـک مـشاهده مـي شـود. (۵) آقايSchmidt وRorabeck هم جا انـدازي آناتوميـک را يکي از مهم ترين عوامل موفقيت ذکـر کردنـد.(۶) Egger و همکاران در يک مدل حيواني نـشان دادنـد کـه اسـتحکام و سفتي و قدرت کالوس يک اسـتئوتومي بـا فاصـله کـم تـر از ۲ mm در مقايـسه بـا يـک اسـتئوتومي بـا فاصـله بـيش از ۲ mm بيش تر است. (۷) آقاي Helland و همکاران نشان دادند که بيش تر از ۲ mm جا به جايي جـوش خـوردگي را به شدت تأخير مي دهد (۸).

اين تحقيق نشان داد که اگر خردشدگي وجود داشته باشد يا گريد III گاستيلو باشد يا جا اندازي با جا به جايي بيش از ۲ mm داشته باشد نياز به عمـل جراحـي ثـانوي بـيش تـر است. در ضمن در شکستگي هايي که خط شکستگي کم تـر از ۴۵ درجه و بدون خردشـدگي بودنـد احتمـال جـا انـدازي دقيق بيش تر بود (P<۰/۰۱). ولي سن، جنس، عامل آسـيب و گريـد زخـم تـأثيري در کيفيـت جـا انـدازي نداشـتند. در مطالعه آقاي Helland جـا انـدازي آناتوميـک در مـوارد بدون خردشدگي و در گريد I و II بيش تر از موارد گريد III و خردشدگي زياد به دسـت آمـده بـود (۸). در سـال ۱۹۹۸ Henley با مقايسه اکسترنال فيکساتور و نيل اينترامدولاري بدون ريـم در شکـستگي هـاي بـاز تيـپ II ، IIIA و IIIB نشان داد که زمان ترميم هر دو گروه يکسان است و بـه ايـن نتيجه رسيد که شدت آسيب بافت نرم است که باعث تـأخير در ترميم شکستگي و افـزايش عفونـت مـي شـود و نـه نـوع ايمپلنت. (۹) آقاي Kenwright تـأثير ديناميزاسـيون را بـا بررسي تأثير حرکات سيکليک در شکستگي هاي ديافيز تيبيا که با اکسترنال فيکساتور فيکس شده بودند را بررسي کرده و به اين نتيجه رسيد که تحريک مکانيکي باعث تـسريع رونـد جوش خـوردگي مـي شـود (۱۰). در ايـن مطالعـه در تمـام بيماران ديناميزاسيون انجام شده و همان طور که مـي دانـيم اکسترنال فيکساتور تنها وسيله اي است که مي تواند حرکات سيکليک را کنترل کند. از نقاط قوت اين مطالعـه مـي تـوان تعداد مناسب بيماران، توزيع مساوي بيماران در آسيب هـاي گريد I و II (۲۴ بيمـار) و گريـد III (۲۶ بيمـار) ، پيگيـري طولاني مدت و يکـسان بـودن محـل شکـستگي (يـک سـوم مياني تيبيا) و همراهي با شکستگي فيبولا در همه بيمـاران را نام برد. شايع ترين عارضه آن عفونت مسير پين اسـت کـه در ۲۴% موارد رخ مي‌دهد ولي شانس عفونت محل شکستگي پايين (۲%) است. در نهايت مي توان گفت اگر اين وسـيله بـا تکنيـک مناسـب، جـا انـدازي دقيـق، راه انـدازي زودرس و ديناميزاسيون به موقع بـه کـار رود، نتايـج موفقيـت آميـز خواهد داشت.

REFERENCES

1. Green SA. Complications of External Skeletal Fixation Causes Prevention, and Treatment. USA: Charles C Thomas Pub. 1981.
2. Lambotte A. The operative treatment of fractures: report of fractures committee. Br Med J 1912; 2: 1530.
3. Karlstrom G, Olerud S. External fixation of severe open tibial fractures with the Hoffmann frame. Clin Orthop 1983; 180: 68-77.

[Downloaded from pajoohande.sbmu.ac.ir on 2026-01-31]

4. Melendez EM, Colon C. Treatment of open tibial fractures with the Orthofix fixator. Clin Orthop 1989; 241: 224-30.
5. Lawyer RB, Lubbers LM. Use of the Hoffmann apparatus in the treatment of unstable tibial fractures. J Bone Joint Surg 1980; 62A: 1264-73.
6. Schmidt A, Rorabeck CH. Fractures of the tibia treated by flexible external fixation. Clin Orthop 1983; 178: 162-72.
7. Egger EL, Gottsauner –Wolf F, Palmar J, Aro HT, Chao EYS. Effects of axial dynamization on bone healing. J Orthop Trauma 1993; 34: 185-92.
8. Helland P, Boe A, Molster AO. Open tibial fractures treated with the Ex-fi-re external fixation system. Clin Orthop 1996; 326: 209-20.
9. Henley MB, Chapman JR, Agel J, Harvey EJ, Whorton AM, Swiontkowski MF. Treatment of the type II, IIIa and IIIb open fractures of the tibial shaft: a prospective comparison of unreamed interlocking intramedullary nails and half-pin external fixators. J Orthop Trauma 1998; 12: 1-7.
10. Kenwright J, Richardson JB, Cunningham JL, White SH, Goodship AE, Adams MA, et al. Axial movement in tibial fractures. A controlled randomised trial of treatment .J Bone Joint Surg Br 1995; 77B: 645-8.

[Downloaded from pajoohande.sbmu.ac.ir on 2026-01-31]