

# 避難のしかたによる避難の所要時間と身体への負担の違いについての研究-宮古市田老地区における調査データを用いて

平井 寛<sup>1</sup>・南正昭<sup>2</sup>・菱沼拓郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 岩手大学准教授 工学部社会環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3 番 5 号)  
E-mail:hirai@iwate-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 岩手大学教授 工学部社会環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3 番 5 号)  
E-mail:minami@iwate-u.ac.jp

<sup>3</sup>学生会員 岩手大学大学院 工学部社会環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3 番 5 号)  
E-mail:t2511020@iwate-u.ac.jp

本研究の目的は、災害時においてどのような避難が安全であるかということについての示唆を得ようとするものである。岩手県宮古市田老地区における避難行動調査データを用いて、急いで避難した場合とゆっくり非難した場合の、身体への過度の負担の生じやすさの違いについて検討し、過度の負担が生じやすい者の特徴を明らかにした。急いで避難した場合、平均で1分程度の避難時間の短縮が可能であったが、対象者51人中10人が身体に過度の負担を生じた。過度の負担の生じやすい者には、避難前の心拍数が高い、年齢が高いという特徴がみられた。

**Key Words :** *evacuation, burden on the body, heart rate*

## 1. 背景

2011年3月の東北地方太平洋沖地震により発生した津波は、東北から関東地方にかけての広い範囲に押し寄せ多くの人命が失われた。一部の地域を除き、津波は防潮堤を越えて住宅地域に流れ込んだ。このような状況にあっては、地域で設定された避難路を使い迅速な避難行動ができたかどうか人が人的被害の多寡に大きく影響したと考えられる。

わが国の場合、海岸近くまで山が迫る急峻な地形のため、避難路が急な坂道や階段などから構成される事例は少なくない。高低差の大きい避難路は、身体が虚弱な者、歩行能力が低い者にとっては大きな負担となり、津波からの避難が成功したとしても身体への負担が大きければ、健康に影響する可能性も生じうる。

これまで津波防災については、津波現象の解明や再現を目的とした研究、避難行動や人的被害の軽減についての研究、警報や情報の伝達等の避難情報に関する研究など多方面からの研究が蓄積されてきている。しかし、津波災害のリスクが高く、固有の地形的・歴史的な特性を有する地域を対象とした継続的な研究事例は少ない。安藤・佐々木・赤谷・三浦<sup>1)</sup>、村松・安藤・五十嵐・赤

谷<sup>2)</sup>、佐々木・安藤・赤谷<sup>3)</sup>は過去に幾度もの津波災害を経験している岩手県田老町などの三陸沿岸地域を対象とした津波防災対策について、歴史的観点からの考察を基礎に、土地利用状況や住民意識の現状を調査し、地域のありように即した防災対策が必要であることを指摘している。一方、避難路についての研究事例としては、南・高野・佐藤<sup>4)</sup>、Minami<sup>5)</sup>、南・日高・林<sup>6)</sup>など、地域レベルの避難路のネットワーク構造について検討したものがあ。また南は個別の避難路に着目し坂や階段などの高低差について、測量による現地調査をもとに避難路の実態を明らかにした。その中で避難路に比較的大きな勾配を持つ階段や坂道があることから、高齢者や障がい者にとっては必ずしも水平距離で最寄となる避難所が適していない可能性があることを指摘している。しかし、南においても避難経路の詳細な記述と考察にとどまっており、避難が個人の身体に与える負担を実測した分析はこれまで行われていない。避難のしかたとして、全力で急いで避難することが身体へのリスクを高めるならば、リスクを高めない程度に余裕をもったペースでの避難を想定した避難路計画をたてることが望ましいと考えられる。

## 2. 目的

本研究の目的は、地震後の津波からの安全な避難のための示唆を得ることである。余裕をもってゆっくり避難した場合と急いで避難した場合の二通りの避難を実際に行い、避難所までの所要時間とその前後の心拍数を測定し、二通りの避難の仕方ですれだけ避難の所要時間に違いがあるか、身体への過度の負担の生じ方に違いがあるかを検討した。またどのような特徴を持つ者が過度の負担が生じやすい明らかにすることを目的とした。

## 3. 方法

### (1) 調査対象

本研究で調査の対象とする地域は、岩手県宮古市田老地区である。田老地区は、岩手県東部に位置し総面積101.05平方メートルで、人口は宮古市への合併時で4570人の地区である。林業と漁業を主要産業としている。同地区は明治29年の明治三陸多津波、昭和8年の三陸大津波などにより多大な津波被害を受けてきた。その対策として海拔10メートル、総延長が約1350メートルにも及ぶ防潮堤の建設をはじめとし、津波監視システム、潮位監視システム、水門閉鎖等防護システム、全戸に戸別受信機を設置した広報伝達システムなど独自の津波防災対策を行っている。

田老町では過去の津波の経験から、津波浸水予想地域の地図を作成し、第一避難所（避難勧告が発令されたとき、津波を回避するために逃げ込む場所）、第二避難所（津波の襲来がおさまった後、自宅で生活することができない場合に生活することができる設備を持つ場所）を示したものを全戸に配布している。このなかで28か所の第一避難所ならびに18か所の第二避難所を指定している。

### (2) 調査時期と避難路の選定

平成2011年1月22日、1月23日、1月26日、1月29日、1月30日の5日間にかけて、田老地区にある18の避難路（図-1）のうち7つの避難路を対象に調査を行った。この7つの避難路での避難行動調査に93人の地域住民が参加した。うち最も調査参加者が多かった（51人）旧田老町役場への避難路における避難行動データを今回の分析対象とした。旧田老町役場への避難路は全避難路の中では比較的平坦な避難路である。

### (3) 避難行動調査の方法

調査対象者に対し、「ゆっくり避難する」「急いで避難する」の2通りの方針で避難路を避難するように指示しそれぞれ1回ずつ避難してもらった。調査対象者に腕時計型のランナー用GPSトレーナー（GARMIN社 ForeAthlete 405）を装着し、避難開始から避難終了までの速度、所要時間を計測した。また避難の前後において15

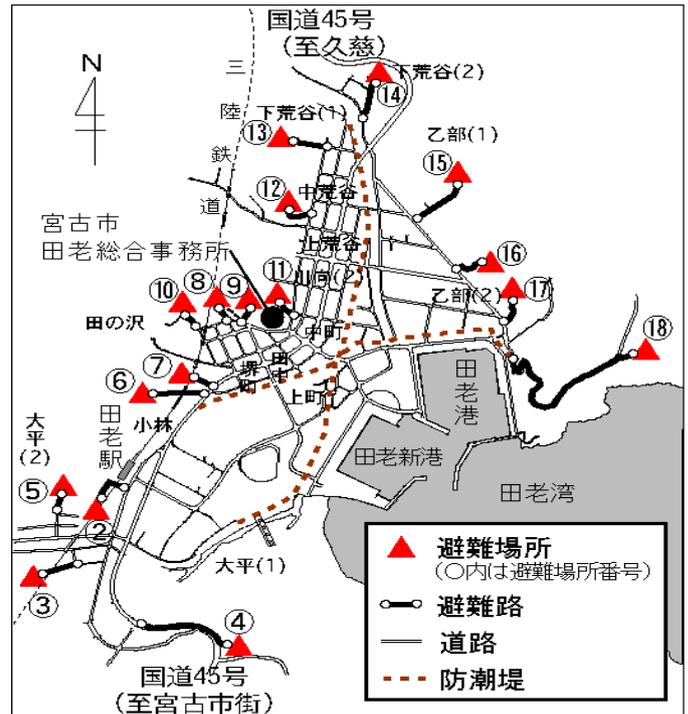


図-1 避難場所・避難路の概要

秒間の脈拍を測定し、4倍して1分間の心拍数とした。その他の避難者の個人属性として年齢・性別を把握した。各調査対象者について、2通りの避難所要時間、避難前心拍数、避難後心拍数のデータを得た。

### (4) 分析方法

「ゆっくり避難」した場合と「急いで避難」した場合での避難の所要時間、身体への過度の負担の生じる割合を比較した。身体への過度の負担の有無は、「避難後の心拍数が、年齢と性別で推定される1分間あたりの最大心拍数（潮見1994）の80%を超えた場合」と定義した。男性の最大心拍数は $209-0.69 \times \text{年齢}$ 、女性の最大心拍数は $205-0.75 \times \text{年齢}$ として算出した。

また身体への過度の負担が生じやすい者の要因として、年齢、性別、避難前心拍数、避難速度を検討した。まずクロス集計表で各要因別に身体に負担が生じた者の割合を概観した。

次に、説明変数を年齢、性別、速度、避難前心拍数とするロジスティック回帰分析を用いて、目的変数である身体への過度の負担の発生についてのオッズ比（以下ORと略）と95%信頼区間（以下95%CIと略）を算出した。年齢、速度、避難前心拍数はカテゴリ化せずに数値のまま投入した。まず説明変数を1つずつモデルに投入する単変量での解析を行い、次に全変数を同時に強制投入する多変量での解析を行った。最後に、負担が生じた個人について年齢・性別・避難速度・心拍数がどのような組み合わせであったかをみた。

## 4. 結果

### (1) 結果の概要

分析対象者の性別は、男性 30 人、女性 21 人、年齢は 7 歳から 83 歳で平均 48.4 歳、標準偏差 22.9 であった。性別・年齢階層別にみると（表-1）、男性では 20 歳未満が多く女性では 65 歳以上がやや多いがおおむね地区住民全体の年齢構成と大きく乖離していないサンプリングができていると考えられる。

避難所までの所要時間についてみると、ゆっくり避難した場合は平均 3 分、急いで避難した場合は 2 分程度かかっており、約 1 分程度の差がみられる。急いで避難した場合に標準偏差が大きくなっている（表-2）。平均速度はゆっくり避難した場合に比べ急いで避難した場合で約 3 km/h 程度大きくなっている。避難前心拍数は 80 前後で避難の仕方による差はほとんどないが、避難後の心拍数は 30 程度の差がある。

### (2) 「ゆっくり避難」した場合と「急いで避難」した場合での避難の所要時間の差

「急いで避難」することで短縮できた時間の平均は 58.14 秒、標準偏差 31.26 秒、最小はマイナス（急いだほうが時間がかかった）、最大は 118 秒だった。1 分以上短縮した者が 4 割以上いる一方で、30 秒以下の短縮にとどまる者が 4 人（7.8%）、短縮できない者が 4 人（7.8%）もいることが分かった（表-3）。表には示していないが、「急いで避難」することで所要時間を短縮できなかった 4 人のうち 3 人は 65 歳以上の高齢者であった。

表-1 対象者の性別・年齢階層別の人数と割合

年齢	男性		女性	
	度数	割合 (%)	度数	割合 (%)
20 未満	7	23.3	3	14.3
20 から 64	15	50.0	11	52.4
65 以上	8	26.7	7	33.3
全体	30	100.0	21	100.0

表-2 所要時間・速度・心拍数

	「ゆっくり避難」した場合				「急いで避難」した場合			
	平均	標準偏差	最小	最大	平均	標準偏差	最小	最大
所要時間 (秒)	177.8	28.4	121.0	252.0	122.0	43.7	60.0	244.0
平均速度 (km/h)	4.6	0.8	2.6	6.2	7.3	2.7	2.6	13.8
避難前心拍数	79.1	10.9	60.0	100.0	81.7	10.9	64.0	108.0
避難後心拍数	92.9	14.3	60.0	124.0	120.5	21.1	60.0	160.0

### (3) 「ゆっくり避難」した場合と「急いで避難」した場合での身体への過度の負担の生じる割合

「ゆっくり避難」した場合には、身体への過度の負担が生じる者はいなかった。一方「急いで避難」した場合 51 人中 10 人（27.5%）に過度の負担が生じていたことが分かった（表-4）。

### (4) 年齢・性別・平均速度・避難前心拍数別の身体への過度の負担が生じた者の割合（表-5）

「ゆっくり避難」した場合には、身体への過度の負担が生じる者はいなかったため、ここでは「急いで避難」した場合のデータのみを用いて分析を行った。

年齢階層別にみると、65 歳以上の者で負担が生じた者の割合が最も高かった（33.3%）のに対し、20 歳未満では 10 人中 1 人のみ（10.0%）にとどまった。

性別にみると男性に比べ女性で負担が生じた者の割合が高くなっていた。

平均速度については真ん中のカテゴリである「5~7.9

表-3 「ゆっくり避難」に比べ「急いで避難」した場合に短縮された時間別人数と割合

	度数	割合 (%)
短縮せず	4	7.8
1-29 秒	4	7.8
30-59 秒	20	39.2
60-89 秒	12	23.5
90 秒-	11	21.6

表-4 「ゆっくり避難」した場合と「急いで避難」した場合での身体への過度の負担の生じる割合

	「ゆっくり避難」した場合		「急いで避難」した場合	
	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)
過度の負担あり	0	0.0	10	27.5
過度の負担なし	51	100.0	41	72.5

km/h」の者で身体への負担が生じた者の割合が比較的  
低く、「5 km/h未満」「8 km/h以上」の両端のカテゴリ  
でやや高い割合になっている。

避難前心拍数が高い者ほど負担が生じた者の割合が高  
く、避難前心拍数が90以上の者の中では45.5%の者が  
過度の負担を生じていた。

**(5) ロジスティック回帰を用いた身体への過度の負担  
が生じる要因の検討**

表-6は、身体への過度の負担が生じることを目的変数  
としたロジスティック回帰による分析の結果を示したも  
のである。ORは各変数が1単位上がることによるOR  
を示している。

単変量解析の結果、年齢(OR=1.04, 95%CI1.00-  
1.08)、避難前心拍数(OR=1.09, 95%CI1.01-1.17)が  
身体への過度の負担の発生に有意に関連していた。

全変数を同時に強制投入した多変量解析の結果、年齢  
(OR=1.04, 95%CI1.00-1.08, p<.10)、避難前心拍数  
(OR=1.04, 95%CI1.00-1.08, p<.05)が」が身体への  
過度の負担の発生に有意に関連していた(表-7)。

**表-5** 年齢・性別・平均速度・避難前心拍数別の身体への過度  
の負担が生じた者の割合

	n	負担の生じた者	
		人数	割合 (%)
年齢	20未満	10	10.0
	20から64	26	15.4
	65以上	15	33.3
性別	男性	30	16.7
	女性	21	23.8
速度	5未満	11	27.3
	5から7.9	21	14.3
	8以上	19	21.1
避難前 心拍数	79未満	21	4.8
	80-89	19	21.1
	90以上	11	45.5

**表-6** ロジスティック回帰を用いた身体への過度の負担が生じ  
る要因の検討(1変数ずつ投入)

	OR	95%CI		p
		下限	上限	
年齢	1.04	1.00	1.08	0.074
性別	1.56	0.39	6.27	0.529
速度	1.01	0.78	1.31	0.933
避難前心拍数	1.09	1.01	1.17	0.021

**(6) 負担が生じた個人の年齢・性別・避難速度・心拍  
数の組み合わせ**

「急いで避難」した場合に身体に過度の負担を生じた  
10人について、年齢、性別、ゆっくり非難した場合の  
速度、急いで避難した場合の速度、避難前の心拍数、急  
いで避難した場合に、ゆっくり避難した場合に比べて短  
縮できた時間を表-8に示した。身体に負担が生じた者が  
どのようなタイプに分類できるかを検討した。

1番~3番についてみると、年齢が相対的に若く、避  
難前心拍数も特に高いというわけではない。一方短縮時  
間は1分半から2分程度となっており、平均(58.14  
秒)に比べても、短縮の幅が大きいことがわかる。

7番~9番については、年齢は70代であるが、急いで  
避難することにより約1分程度の短縮ができています。

残った4番~6番と10番についてみると、年齢は60  
代と80代で、急いだ場合の短縮の幅は少ない(1人は  
短縮できていない)。避難前の心拍数が90代以上であ  
ることが特徴である。

**表-7** ロジスティック回帰を用いた身体への過度の負担が生じ  
る要因の検討(全変数を同時投入)

	OR	95%CI		p
		下限	上限	
年齢	1.06	1.00	1.13	0.051
性別	2.29	0.35	15.21	0.391
速度	1.38	0.88	2.18	0.163
避難前心拍数	1.10	1.01	1.19	0.024

**表-8** 負担が生じた個人の年齢・性別・避難速度・心拍数の組  
み合わせ

番号	年齢	性別	速度 (ゆっ くり)	速度 (急い で)	避 難 前 心 拍 数	短 縮 時 間
1	14	女性	7.5	3.1	88	118
2	47	男性	13.2	4.4	80	108
3	54	男性	8.4	4.2	80	99
4	60	男性	9.2	6.2	96	31
5	64	男性	7.4	5.5	108	39
6	67	女性	6.6	5.1	96	37
7	70	男性	8.6	5.6	72	53
8	72	女性	4.7	3.9	96	50
9	75	女性	4.9	4.5	84	60
10	83	女性	3.3	4.3	92	-

## 5. 考察

### (1) 「ゆっくり避難」した場合と、「急いで避難」した場合の避難の所要時間

「ゆっくり避難」した場合と、「急いで避難」した場合の避難の所要時間を調査対象者全体の平均でみると約1分程度の差がみられ、急いで避難することで一定の所要時間を短縮できていることがわかる。しかし1分以上短縮した者が4割以上いる一方で、30秒以下の短縮にとどまる者、短縮できない者もみられた(表-3)。「急いで避難」することによる避難の所要時間の短縮効果は一律ではなく個人差があると考えられる。

### (2) 「ゆっくり避難」した場合と「急いで避難」した場合での身体への過度の負担の生じる割合

「ゆっくり避難」した場合と「急いで避難」した場合での身体への過度の負担の生じる割合を比較した結果、「ゆっくり避難」した場合には、過度の負担が生じる者はいなかった。一方「急いで避難」した場合は、51人中10人(27.5%)に過度の負担が生じており、「急いで避難」することが健康へのリスクを一定程度高めている可能性が示唆された。今回の分析対象とした避難路については、「ゆっくり避難」した場合でも4分強(252秒)で全員が避難できている(表-2)。津波の到達までに4分程度の余裕がある場合ならば、ゆっくり避難(今回の調査では平均4.6km/h、最も遅い者で2.6km/h)することによって全員が身体への負担を生じずに避難することが可能である。

今回分析対象とした避難路は比較的平坦で短い避難路であった。多くの避難路は勾配の大きな階段や坂道で構成され、もっと大きな標高差があるため、より多くの時間がかかり、かつ負担の生じる可能性も高くなると予想される。そのため今回の分析結果と異なる結果が得られると考えられる。

### (3) 身体への過度の負担が生じやすい者の特徴

過度の負担が生じやすい者の特徴として、年齢が高い、避難前の心拍数が高いことの2つが示された。過度の負担が生じた者について詳しく見てみると、3つの群に分類することができた。

一つは比較的若く、急いで避難することで避難の所要時間を大幅に短縮しているグループで、この群の場合は、それぞれの持つ能力に対し十分運動強度を上げて避難することができた群であると考えられる。

二つ目の群は年齢が70代で急いで避難することにより全体の平均である約1分程度の所要時間を短縮できているタイプである。この群も年齢なりに十分運動強度を上げて避難することができているが、年齢が相対的に高いために平均レベルの短縮時間にとどまっていると考えられる。

三つ目の群は年齢が60代と80代で、急いだ場合の短縮の幅は少ない、もしくは短縮できていない群である。急いで避難したとしても、あまり効果が期待できないにもかかわらず、身体に過度の負担が生じてしまっている。この群は避難前の心拍数が90代以上であることが特徴である。

三つの群のうち、一つ目の群についてはあまり問題ないと考えられる。二つ目の群についても、身体能力に応じた運動強度に対しやや強い負担をかけたということであると考えるので、比較的問題はないと考えられる。しかし高齢になるほど虚血性心疾患(狭心症、心筋梗塞など)をはじめとする心臓にかかわる疾病を持病として持っ者の割合は高くなる。心拍数が大きく増加し心臓への負担が大きくなることは発作のリスクを高め、その結果として健康を喪失する可能性を高めると考えられる。

三つ目の群は急いで避難することで時間をあまり短縮できていない、つまりメリットがあまりない中で、身体への負担が生じるというデメリットが生じているという群であり、状況が許せばゆっくり避難することが望ましい群である。避難前の心拍数の高さが通常あまりよくない身体状況を反映しているのか、この調査によって緊張感を感じやすい方たちであったのかは不明だが、高齢であることも考え合わせると、最もリスクの高い群であるといえる。

歩行能力が低く避難できない者の場合には避難が遅れ災害に巻き込まれるリスクが高いと考えられるが、歩行能力があったとしても、高齢である場合、災害そのもののリスク以外に健康へのリスクに注意する必要性が本研究の結果から示唆された。

また避難前の心拍数が90以上の者では45%の者に過度の負担が生じていた(表-5)。災害時には緊張感から避難前後を通じて心拍数が上昇すると予測される。今回の避難よりもより多くの人が健康へのリスクにさらされる可能性がある。

## 6. 結論

本研究では、岩手県宮古市田老地区の地域住民の避難データを用い、ゆっくり避難した場合と急いで避難した場合で、どれだけ避難の所要時間に違いがあるか、身体への過度の負担が生じ方に違いがあるかを検討した。また過度の負担が生じやすい者の特徴を明らかにした。その結果、急いで避難することで所要時間を平均1分弱程度短縮することができるが、51人中10人(27.5%)に過度の負担が生じることが分かった。

また過度の負担が生じやすい者の特徴として、避難前の心拍数が高い、年齢が高いことの2つが示された。避難においては少しでも時間を短縮することが重要である

が、時間に余裕があると考えられるときにはゆっくり避難することで、心拍数が高い者や高齢者等の身体的にリスクが生じる者への影響を緩和することができると考えられる。

また避難路の計画の際には、地域住民の特性に配慮し、余裕をもって移動できるペースを想定して避難路や避難施設の配置を考える必要があると考えられる。

本研究の限界の限界としては、調査対象者の移動能力や健康状態についてのデータが乏しく、対象者の身体的な背景要因が十分考慮できていないこと、用いたデータが比較的平坦な避難路なものであり、より身体への負荷が大きいと考えられる急こう配の避難路の問題を扱えなかったことである。今後、より詳細な身体要因のデータ収集、さまざまな避難路で十分な対象者数を確保した調査データを用いた研究が必要である。

#### 参考文献

- 1)安藤 昭, 佐々木栄洋, 赤谷隆一, 三浦剛史: 岩手県沿岸の津波防災に関する史的研究, 土木学会論文集, No.639/IV-46, pp.1-11, 2000.
- 2)村松広久, 安藤 昭, 五十嵐日出夫, 赤谷隆一: 津波防潮堤建設による市街地への影響, 第 25 回日本都市計画学会学術

研究論文集, pp.703-708, 1990

- 3)佐々木栄洋, 安藤 昭, 赤谷隆一: 津波常襲地域における地理情報システムを用いた土地利用解析, 第 36 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.91-96, 2001.
- 4)南 正昭, 高野伸栄, 佐藤馨一: 道路網における代替ルートの整備水準の一評価法に関する研究, 土木学会論文集, No.535/IV-30, pp.66-77, 1996.
- 5)Minami, M: he Highway Network Structure Design Assuring the Connectivity, 16thCongress of IABSE, CD-ROM, 2000.
- 6)南 正昭, 日高康晴, 林達也: 街路閉塞を考慮した密集市街地における防災特区の整備計画に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.2, pp.297-304, 2001.
- 7)潮見泰藏: 起立動作を応用した新たな運動負荷試験法の開発に関する研究, 杏林医会誌 25 巻 4 号, pp. 493-504, 1994.

謝辞: 調査に参加いただいた宮古市田老地区の皆様, 調査実施にあたって協力いただいた岩手大学工学部社会環境工学科都市計画学研究室の皆様に対し, 記して謝意を表します。

(? 受付)

## The Difference in time required for evacuation and burden on the body between evacuation with hurry and without hurry – Data from Tarou district, Miyako-shi, Iwate prefecture

Hiroshi HIRAI, Masaaki MINAMI and Takuro HISHINUMA

The purpose of this study is to obtain suggestions for safety evacuation action. We examined differences in time required for evacuation and burden on the body between evacuation with hurry and without hurry and clarify characteristics of those who are likely to suffer a burden. Evacuation with hurry can shorten required time approximately 1 minute on average compare to evacuation without hurry, but 10 out of 51 persons suffer a burden on the body. Characteristics of those who are likely to suffer a burden were higher heart rate before evacuation action and higher age.